

**Версия
Март 2015**

Программа

RFEM 5

**Расчет пространственных конструкций
с помощью метода конечных элементов**

Описание программы

Все права, включая права на перевод, защищены.

Без письменного согласия компании DLUBAL ENGINEERING SOFTWARE не разрешается распространять каким-либо способом как данное описание программы, так и отдельные его части.

© **Dlubal Software Am Zellweg 2 D-93464 Tiefenbach**

Тел. :+49 9673 9203-0

Факс: +49 9673 9203-51

Адрес электронной почты: info@dlubal.com

Интернет ресурс: www.dlubal.ru

Содержание

Содержание		Страница	Содержание		Страница
1.	Вступление	8	4.6	Отверстия	98
1.1	Новое в программе RFEM 5	8	4.7	Узловые опоры	99
1.2	Возможности программы	9	4.8	Линейные опоры	106
1.3	Профиль компании	9	4.9	Опоры поверхности	111
1.4	Команда RFEM	10	4.10	Линейные шарниры	117
1.5	Применение данного руководства	11	4.11	Переменная толщина	119
2.	Установка	13	4.12	Ортотропные поверхности	121
2.1	Системные требования	13	4.13	Сечения	126
2.2	Установка	14	4.14	Шарниры на конце стержня	138
2.2.1	Установка с DVD	14	4.15	Эксцентриситет стержня	145
2.2.2	Установка по сети	15	4.16	Деление Стержня	147
2.2.3	Установка обновлений и других модулей	15	4.17	Стержни	148
2.2.4	Параллельная установка различных версий программы RFEM	16	4.18	Ребра	163
3.	Графический пользовательский интерфейс	17	4.19	Упругие основания стержня	166
3.1	Вид	17	4.20	Нелинейности стержня	168
3.2	Терминология	18	4.21	Блоки стержней	171
3.3	Особые термины программы RFEM	21	4.22	Пересечения	173
3.4	Пользовательский интерфейс программы RFEM	22	4.23	Дробление сетки КЭ	177
3.4.1	Строка меню	22	5.	Загрузки и сочетания нагрузок	182
3.4.2	Панель инструментов	23	5.1	Загрузки	182
3.4.3	Навигатор проектов	26	5.2	Воздействия	188
3.4.4	Таблицы	29	5.3	Правила сочетания	191
3.4.5	Строка состояния	30	5.4	Сочетания воздействий	204
3.4.6	Панель управления	32	5.5	Сочетания нагрузок	208
3.4.7	Стандартные кнопки	36	5.5.1	Сочетания, заданные пользователем	209
3.4.8	Функциональные клавиши	37	5.5.2	Сгенерированные сочетания	215
3.4.9	Функции мыши	38	5.6	Расчётные сочетания	217
3.4.10	Диспетчер конфигураций	39	5.6.1	Заданные пользователем сочетания	217
4.	Данные о модели конструкции	41	5.6.2	Сгенерированные сочетания	223
4.1	Узлы	46	5.7	Схема сочетаний	226
4.2	Линии	52	6.	Нагрузка	227
4.3	Материалы	63	6.1	Нагрузка в узле	231
4.4	Поверхности	79	6.2	Нагрузка на стержень	233
4.5	Тела	91	6.3	Нагрузки на линию	241
			6.4	Нагрузки на поверхность	245
			6.5	Нагрузки на тело	251

Содержание

Содержание		Страница	Содержание		Страница
6.6	Произвольные сосредоточенные нагрузки	253	8.3	Линии - опорные реакции	312
6.7	Произвольные нагрузки на линию	255	8.4	Стержни - деформации	316
6.8	Произвольные прямоугольные нагрузки	257	8.5	Стержни - глобальные деформации	318
6.9	Произвольные концентричные нагрузки	259	8.6	Стержни - внутренние силы	319
6.10	Произвольные многоугольные нагрузки	261	8.7	Стержни - контактные силы	322
6.11	Вынужденные деформации опираемых узлов	263	8.8	Стержни - параметры для изгиба	324
6.12	Вынужденные смещения опираемых линий	264	8.9	Гибкость стержней	325
6.13	Несовершенство	265	8.10	Блоки стержней - внутренние силы	326
6.14	Сгенерированные нагрузки	270	8.11	Сечения - внутренние силы	327
7.	Расчет	271	8.12	Поверхности - местные деформации	328
7.1	Проверка исходных данных	271	8.13	Поверхности - глобальные деформации	331
7.1.1	Проверка достоверности	271	8.14	Поверхности - основные внутренние силы	332
7.1.2	Проверка модели конструкции	272	8.15	Поверхности - главные внутренние силы	335
7.1.3	Повторное генерирование модели	275	8.16	Поверхности - расчётные внутренние силы	337
7.1.4	Удаление неиспользуемых нагрузок	276	8.17	Поверхности - основные напряжения	341
7.2	Сетка конечных элементов	276	8.18	Поверхности - главные напряжения	343
7.2.1	Основы конечных элементов в программе RFEM	277	8.19	Поверхности - прочие напряжения	345
7.2.2	Параметры сетки КЭ	279	8.20	Поверхности - контактные напряжения	346
7.2.3	Дробление сетки КЭ	281	8.21	Поверхности - эквивалентные напряжения - По фон Мизесу	348
7.2.4	Генерирование сетки КЭ	282	8.22	Поверхности - эквивалентные напряжения - по Треске	350
7.3	Параметры расчёта	283	8.23	Поверхности - эквивалентные напряжения - по Ранкину	351
7.3.1	Загружения и сочетания нагрузок	284	8.24	Поверхности - эквивалентные напряжения - по Баху	352
7.3.1.1	Вкладка <i>Параметры расчёта</i>	284	8.25	Поверхности - основные деформации	353
7.3.1.2	Вкладка <i>Редактировать жесткость</i>	289	8.26	Поверхности - главные относительные деформации	355
7.3.1.3	Вкладка <i>Дополнительные возможности</i>	290	8.27	Поверхности - максимальные относительные деформации	357
7.3.2	Расчётные сочетания	292	8.28	Поверхности - относительные деформации - по фон Мизесу	358
7.3.3	Глобальные расчётные параметры	293	8.29	Поверхности - относительные деформации - По Треске	360
7.4	Запуск расчёта	300	8.30	Поверхности - относительные деформации - по Ранкину	361
8.	Результаты	304			
8.0	Итог результатов	305			
8.1	Узлы - опорные реакции	307			
8.2	Узлы - деформации	311			

Содержание

Содержание		Страница	Содержание		Страница
8.31	Поверхности – относительные деформации - по Баху	362	10.1.2	Работа в протоколе результатов	412
8.32	Тела - деформации	363	10.1.3	Определение содержания протокола результатов	414
8.33	Тела - напряжения	364	10.1.3.1	Выбор данных о модели	415
8.34	Тела – относительные деформации	367	10.1.3.2	Выбор данных о нагрузке	416
8.35	Тела - давление газа	369	10.1.3.3	Выбор результатов	417
9.	Оценка результатов	370	10.1.3.4	Выбор данных из дополнительных модулей	418
9.1	Существующие результаты	370	10.1.4	Настройка верхнего колонтитула протокола результатов	419
9.2	Выбор результатов	371	10.1.5	Вставка рисунков из программы RFEM	422
9.3	Отображение результатов	372	10.1.6	Вставка других отображений и текстов	424
9.3.1	Результаты на стержнях	373	10.1.7	Шаблон протокола результатов	426
9.3.2	Результаты на поверхностях и телах	374	10.1.8	Корректировка макета	428
9.4	Отображение величин	376	10.1.9	Создание титульного листа	429
9.4.1	Результативные величины	376	10.1.10	Печать протокола результатов	431
9.4.2	Настройки	378	10.1.11	Экспорт протокола результатов	432
9.4.3	Заданные пользователем величины результатов	379	10.1.12	Настройка языка	433
9.4.4	Информация об объекте	382	10.2	Прямая печать графики	436
9.5	Эпюры результатов	383	10.2.1	Вкладка <i>Общее</i>	436
9.6	Разрезы	385	10.2.2	Вкладка <i>Возможности</i>	440
9.6.1	Разрез поверхности	386	10.2.3	Вкладка <i>Шкала цветов</i>	442
9.6.2	Разрез тела	389	10.2.4	Множественная печать	443
9.7	Выравнивание результатов	390	10.2.5	Примечания для печати на плоттерах	445
9.7.1	Рабочее окно	390	11.	Функции программы	448
9.7.2	Эпюры результатов	395	11.1	Основные функции	448
9.7.3	Область усреднения	396	11.1.1	Настройка языка	448
9.8	Многооконный режим просмотра	398	11.1.2	Настройка отображения	449
9.9	Фильтр результатов	399	11.1.3	Единицы и десятичные разряды	452
9.9.1	Виды	399	11.1.4	Комментарии	453
9.9.1.1	Навигатор Виды	399	11.1.5	Измерение	455
9.9.1.2	Виды - кнопки и меню	403	11.1.6	Поиск	456
9.9.2	Плоскость отсечения	405	11.1.7	Точка наблюдения и угол просмотра	457
9.9.3	Функции фильтра	407	11.1.8	Расчет центра тяжести	458
9.10	Анимация деформации	408	11.1.9	Воспроизведение	459
10.	Распечатка	410	11.1.10	Освещение	461
10.1	Протокол результатов	410	11.2	Выбор	462
10.1.1	Создание или открытие протокола результатов	410	11.2.1	Выбор объектов в графическом окне	462

Содержание

Содержание		Страница	Содержание		Страница
11.2.2	Выбор объектов по критериям	465	11.5.3	Функции для отображения	524
11.3	Рабочее окно	466	11.5.4	Настройки таблиц	526
11.3.1	Рабочие плоскости	466	11.5.5	Функции фильтра	527
11.3.2	Сетка	469	11.5.6	Импорт и экспорт таблиц	529
11.3.3	Объектная привязка	470	11.6	Параметризованный ввод данных	532
11.3.4	Системы координат	475	11.6.1	Концепция	532
11.3.5	Размеры	478	11.6.2	Список параметров	532
11.3.6	Комментарии	481	11.6.3	Редактор формул	536
11.3.7	Направляющие	483	11.6.4	Формулы в таблицах и диалоговых окнах	538
11.3.8	Линейная сетка	487	11.7	Генераторы модели	539
11.3.9	Визуальные объекты	489	11.7.1	Копирование и вытягивание объектов	539
11.3.10	Неактивный слой	490	11.7.1.1	Создание линий и стержней с помощью эквидистанты	539
11.3.11	Края рисунков и коэффициенты растяжения/сужения	493	11.7.1.2	Вытягивание линий и стержней	540
11.4	Редактирование объектов	494	11.7.1.3	Вытягивание из поверхности	542
11.4.1	Смещение или копирование	494	11.7.1.4	Генерирование тела	544
11.4.2	Вращение	498	11.7.1.5	Создание поверхностей из стержней	546
11.4.3	Зеркальное отображение	499	11.7.2	Генераторы модели	548
11.4.4	Проецирование	500	11.7.2.1	Стержни	549
11.4.5	Увеличение	502	11.7.2.2	Поверхности	561
11.4.6	Откос	504	11.8	Генераторы нагрузки	563
11.4.7	Деление линий и деление стержней	505	11.8.1	Общие характеристики	563
11.4.8	Соединение линий и стержней	507	11.8.2	Нагрузка на стержни/линии из нагрузки на площадь	567
11.4.9	Объединение линий и стержней	509	11.8.2.1	Генерирование нагрузки из нагрузки на площадь с помощью плоскости	567
11.4.10	Увеличение длины линии и стержня	510	11.8.2.2	Генерирование нагрузки из нагрузки на площадь с помощью ячеек	571
11.4.11	Присоединение стержней	511	11.8.2.3	Генерирование нагрузки из нагрузок на площадь на отверстиях	572
11.4.12	Вставка узла	512	11.8.3	Прочие нагрузки	573
11.4.13	Вставка стержня	513	11.8.3.1	Генерирование нагрузки из произвольной нагрузки на линии	573
11.4.14	Назначение характеристик стержню в графическом виде	514	11.8.3.2	Генерирование нагрузки из нагрузки оболочки сечения	574
11.4.15	Закругление углов	515	11.8.3.3	Нагрузка от движения	574
11.4.16	Разделение поверхности	515	11.8.4	Снеговые нагрузки	575
11.4.17	Построение касательной к окружностям	516	11.8.4.1	Плоская / односкатная крыша	575
11.4.18	Изменение нумерации	517	11.8.4.2	Двускатная крыша	577
11.5	Функции в таблицах	519			
11.5.1	Функции редактирования	519			
11.5.2	Операции выбора	521			

Содержание

Содержание		Страница	Содержание		Страница
11.8.5	Ветровая нагрузка	578	12.2.1	Вкладка <i>Основные</i>	599
11.8.5.1	Вертикальные стены	578	12.2.2	История	605
11.8.5.2	Плоская крыша	580	12.3	Управление в сети	606
11.8.5.3	Односкатная крыша	581	12.4	Менеджер блоков	607
11.8.5.4	Двухскатная/лотковая крыша	582	12.4.1	Создание блока	608
11.8.5.5	Вертикальные стены с кровлей	584	12.4.2	Импорт блоков	609
12.	Управление файлами	585	12.4.3	Удаление блока	611
12.1	Менеджер проектов	585	12.5	Интерфейс	612
12.1.1	Работа с проектом	587	12.5.1	Прямой обмен данных	612
12.1.2	Работа с моделью	591	12.5.2	Форматы файлов для обмена данных	613
12.1.3	Архивирование данных	593	12.5.3	RF-LINK для импорта форматов *.step, *.iges, *.sat	621
12.1.4	Настройки	595	A	Литература	622
12.1.4.1	Вид	595	B	Алфавитный указатель	624
12.1.4.2	Корзина	596			
12.1.4.3	Папки	597			
12.2	Создание новой модели	598			

1. Вступление

1.1 Новое в программе RFEM 5

Программа RFEM, программа FEA, используется для расчёта плит, стен, перекрытий, тел и Каркасных конструкций, и представляет собой отвечающий всем требованиям современного инженерного строительства инструмент. В модульной структурированной архитектуре программного обеспечения данная программа представляет собой основу, так как в ней рассчитываются внутренние силы, деформации или опорные реакции основных плоских конструкций, или конструкций со стержневыми или объёмными элементами.

Новая версия программы RFEM 5 предлагает ряд полезных дополнительных функций для более удобной работы. Компания Dlubal благодарит пользователей за ценные советы и замечания.

Ниже перечислены самые важные новые разработки в программе RFEM 5:

- В графическом виде пользовательский интерфейс на французском, итальянском, польском, португальском, русском, испанском языках
- Непосредственный ввод различных типов отверстий
- Эксцентриситеты стержней по размерам профилей
- Рабочие диаграммы и расширенные критерии для нелинейных узловых опор и выпусков
- Ортоотропные свойства у поверхностей типа четырехугольник и мембрана, а также тело
- Возможность ввода гибридных деревянных сечений
- Фильтр в базе данных сечений с возможностью отображения только избранных позиций
- Моделирование тел с помощью вытягивания поверхностей по отношению к определенной плоскости или точке, также со скошенными сторонами
- Булевские операции для пересечений тел
- Определение стержня на уже существующем стержне
- Импорт файлов из программ Bentley ISM, Any's Apdl и Scia Engineer
- Импорт 3D объектов
- Назначение свойств у стержней в графическом виде
- Цветные символы в таблицах для сечений, поверхностей, тел, типов поверхности и стержней
- Выбор с помощью эллипса, кольца или линии пересечения
- Рабочие плоскости, определенные по трем точкам или линии, стержню и осям поверхности
- Подбор цвета для типов поверхностей, жесткостей, стержней и тел
- Ввод наклона и прогиба в абсолютных величинах
- Ввод размера и веса поверхности во вводной таблице
- Автоматическое создание нагрузок и расчетных сочетаний в соответствии со спецификацией по норме
- Постепенное сгущение сетки KE по краям поверхности
- Анализ больших деформаций по методу Ньютон-Рапсона, Пикара или по методу динамической релаксации
- Отображение распределения нагрузки, деформации, коэффициентов стержней и гибкости стержня
- Плавные границы областей для оценки особенностей
- Пользовательские настройки освещения

- Оценка результатов с помощью плоскостей отсечения
- Навигатор *Виды* с заданными пользователем или созданными видимостями и углами вида
- Диспетчер конфигураций для отображения свойств, панелей инструментов, заголовков протокола результатов и т.д.
- Множественная печать графики
- Экспорт протокола результатов в PDF

Желаем Вам приятной работы в программе RFEM 5!

Команда DLUBAL SOFTWARE GMBH

1.2 Возможности программы

Следующие ограничения представляют собой верхнюю границу в структуре данных программы RFEM. Пожалуйста, обратите внимание, что сложные конструкции требуют функциональное аппаратное обеспечение.

Данные моделирования

99,999 объектов в каждой категории (узлы, линии, поверхности, сечения и т.д.)

Данные нагрузок

99,999 объектов у каждого типа нагрузки в одном загрузении

Загружения и сочетания нагрузок

Загружения (линейный расчёт)	9,999
Сочетания нагрузок (нелинейный расчёт)	9,999
Сочетания результатов	9,999

Таблица 1.1: Ограничения программы RFEM

1.3 Профиль компании

С момента основания в 1987 году, компания DLUBAL SOFTWARE GMBH вовлечена в разработку мощных и удобных в использовании программ для расчёта строительных конструкций и расчёта на динамическую нагрузку. В 1990, компания переехала в город Тифенбах в Восточной Баварии, где и находится по сей день. В 2010г. был открыт офис в городе Лейпциге.

Если Вы посмотрите на наши программы, то обязательно почувствуете энтузиазм всех сотрудников, которые разрабатывают программное обеспечение и приложения. Наш девиз – это удобное использование. Ответственный подход к работе и профессионализм обуславливают увеличивающийся успех продуктов компании Dlubal.

Программное обеспечение разработано таким образом, чтобы даже пользователи с начальными знаниями компьютера, смогли быстро научиться работать с нашими программами. Мы гордимся более 7000 пользователями, среди которых строительные компании из разных областей и ряд высших учебных заведений по всему миру. В настоящее время компания Dlubal насчитывает более 150 штатных и нештатных работников, которые последовательно работают над улучшением и разработкой программ. При необходимости, наши клиенты всегда могут обратиться в службу поддержки по бесплатной горячей линии.

Хорошее соотношение цены и качества программного обеспечения, в комбинации с программным сервисом компании Dlubal, представляет собой ценный инструмент для работающих в области статики, динамики и расчета строительных конструкций инженеров.

1.4 Команда RFEM

В разработке программы RFEM 5 принимали участие:

Координаторы

Dipl.-Ing. Georg Dlubal
Ing. Pavel Bartoš
Ing. Pavol Červeňák

Dipl.-Ing. (FH) Younes El Frem
Dipl.-Ing. Frank Faulstich
M.Eng. Dipl.-Ing. (FH) Walter Rustler

Программаторы

RNDr. Miroslav Šejna, CSc
Ing. Radek Brettschneider
Jan Brnušák
Ing. Martin Budáč
Ing. Michal Búzik
Dipl.-Ing. Georg Dlubal
Jan Fenár
Ing. Jan Gregor
Ing. Jiří Kubíček
Dr.-Ing. Jaroslav Lain
Ing. Jan Miléř
Ing. Daniel Molnár
Ing. Petr Novák
Ing. Jan Otradovec
Mgr. Petr Oulehle

Mgr. Jiří Patrák
Mgr. Andor Patho
Mgr. Petr Pitka
Bc. Ondřej Planý
Ing. Jan Rybín, Ph.D.
Ing. Fatjon Sakiqi
Ing. Pavel Spilka
Ing. Roman Svoboda
RNDr. Stanislav Škovran
Dis. Jiří Šmerák
Ing. Jan Štalmach
Lukáš Tůma
RNDr. Miroslav Valeček
Ing. Vítězslav Zajíc
Michal Zelenka

Расчетное ядро программы

Doc. Ing. Ivan Němec, CSc
Ing. Jiří Buček
Ing. Jiří Doležal
Ing. Petr Horák
Ing. Jaromir Kabeláč

Ing. Radoslav Rusina, Ph.D.
Ing. Ivan Ševčík, CSc
Ing. Zbyněk Vlk, CSc
Ing. Lukáš Weis
RNDr. Milan Zeiner

Дизайн программы, рисунки диалоговых окон и пиктограммы

Dipl.-Ing. Georg Dlubal
MgA. Robert Kolouch

Zdeněk Ballák
Ing. Jan Miléř

Блоки

Ing. Tommy Brtek
Ing. Dmitry Bystrov

Ing. Evžen Haluzík

Тестирование программы

Ing. Alexandra Bayrak
Marian Bocek
Ing. Tommy Brtek
Ing. Ondřej Šašinka
Ing. Tomáš Ferencz
Ing. Vladimír Gajdoš
Ing. Jakub Harazín
Ing. Martin Hlavačka
Ing. Iva Horčíčková

Ing. Ctirad Martinec
Pavla Novotná
Ing. Vladimír Pátý
Ing. Evgeni Pirianov
Ing. Václav Rek
Ing. Jan Rybín, Ph.D.
Mgr. Vítězslav Stembera, CSc
Ing. Ondřej Šupčík
Ing. Martin Vasek

Karel Kolář
Ing. František Knobloch

Marek Ženuch

Локализация, руководство пользователя

Ing. Fabio Borriello
Ing. Dmitry Bystrov
Eng.º Rafael Duarte
Ing. Jana Duníková
Ing. Lara Caballero Freyer
Ing. Alessandra Grosso, Ph.D.
BSc Eng Chelsea Jennings
Jan Jeřábek
Ing. Ladislav Kábrt
Ing. Aleksandra Kociołek
Mgr. Michaela Kryšková

Ing. Roberto Lombino
Eng.º Nilton Lopes Fernandes
Mgr. Ing. Hana Macková
Ing. Téc. José Martínez Hernández
MA SKT Anton Mitleider
Dipl.-Ü. Gundel Pietzcker
Mgr. Petra Pokorná
Ing. Zora Rendlová
Dipl.-Ing. Jing Sun
Ing. Marcela Svitáková
Dipl.-Ing. (FH) Robert Vogl

Техническая поддержка, контроль качества

M.Eng. Cosme Asseya
Dipl.-Ing. (BA) Markus Baumgärtel
Dipl.-Ing. Moritz Bertram
M.Sc. Sonja von Bloh
Dipl.-Ing. (FH) Steffen Clauß
Dipl.-Ing. Frank Faulstich
Dipl.-Ing. (FH) René Flori
Dipl.-Ing. (FH) Stefan Frenzel
Dipl.-Ing. (FH) Walter Fröhlich
Dipl.-Ing. Wieland Götzler
Dipl.-Ing. (FH) Andreas Hörold
Dipl.-Ing. (FH) Paul Kieloch

Dipl.-Ing. (FH) Bastian Kuhn
Dipl.-Ing. (FH) Ulrich Lex
Dipl.-Ing. (BA) Sandy Matula
Dipl.-Ing. (FH) Alexander Meierhofer
M.Eng. Dipl.-Ing. (BA) Andreas Niemeier
Dipl.-Ing. (FH) Gerhard Rehm
M.Eng. Dipl.-Ing. (FH) Walter Rustler
M.Sc. Dipl.-Ing. (FH) Frank Sonntag
Dipl.-Ing. (FH) Christian Stautner
Dipl.-Ing. (FH) Lukas Sühnel
Dipl.-Ing. (FH) Robert Vogl

1.5 Применение данного руководства

Достигнуть цели можно разными путями – такой девиз программы RFEM: графики, таблицы и навигаторы компенсируют друг друга. Для наглядности данное руководство основано на последовательности и структуре таблиц с данными о модели, нагрузках и данныхми результатов. В последующих разделах подробно описаны по каждому столбцу отдельные таблицы. Практические советы и рекомендации по работе с программой RFEM в данном руководстве имеют преимущество перед общим описанием функций системы Windows.



Если Вы впервые работаете с программой, то рекомендуется сначала пройти вступительный пример, в котором последовательно описан ввод данных. Документ с данным примером в формате PDF находится в интернет ресурсе www.dlubal.CHm/downloading-manuals.aspx в разделе Скачать. Таким образом, Вы наиболее быстро ознакомитесь с основными функциями программы RFEM. Опытным пользователям предлагается ознакомиться с примером в конце руководства, который также доступен для скачивания с интернет ресурса. Оба примера Можно также изучить в демо-версии программы.



Описываемые в тексте руководства **пиктограммы** (кнопки) представлены в квадратных скобках, например, [Применить]. Одновременно они отображаются на полях слева. **Названия** диалогов, таблиц и отдельных меню выделены в тексте *курсивом* для быстрого нахождения в программе.

В конце руководства находится алфавитный указатель для быстрого нахождения специальных терминов и тем. Но если даже с его помощью не удалось найти ответ на вопрос,

то воспользуйтесь интернет ресурсом www.dlubal.com/ru, где можно по заданным критериям отыскать ответ в секции *Часто задаваемые вопросы*.

2. Установка

2.1 Системные требования

Для успешного использования программы RFEM рекомендуются следующие системные требования:

- Операционная система Windows XP/Vista/7/8
- Центральный процессор x86 с 2 GHz
- Оперативная память 2 GB
- Диск DVD-ROM для установки (в качестве альтернативы возможна сетевая установка)
- 10 GB на жестком диске, в том числе около 2 GB для установки
- Графическая карта с ускорением OpenGL и разрешением 1024 x 768 пикселей.

Не рекомендуются встроенный модуль для решений и совместная память.



Программа RFEM не поддерживается системой Windows 95/98/Me/NT/2000, Linux, Mac OS или серверной операционной системой.

За исключением операционной системы, компания умышленно не рекомендует какие-либо конкретные продукты, потому что программа RFEM работает по существу на всех системах, которые удовлетворяют вышеупомянутым системным требованиям. При использовании программы RFEM для трудоёмких вычислений руководствуйтесь принципом «чем больше, тем лучше».

При расчёте сложных систем конструкций возникает огромное количество данных. Как только основная память станет недостаточна, начинает использоваться жесткий диск. Это может привести к значительному замедлению работы компьютера. Ускорение вычислений происходит более надежно при увеличении основной памяти, чем при использовании быстрого процессора.



Благодаря поддержке расчетного ядра программы RFEM нескольких ядер процессора, можно полностью использовать потенциал 64-разрядной операционной системы. У 32-разрядных систем объем используемой процессором памяти ограничен 2 гигабайтами. Таким образом, большой объем памяти может быть использован с 64-разрядной технологией. Это означает, что при работе с компьютером, имеющим достаточный объем оперативной памяти и 64-разрядную операционную систему, можно применить метод быстрого и прямого решения уравнений даже для больших моделей.

Для расчёта сложных систем конструкций рекомендуется следующая конфигурация:

- 4-ядерный процессор
- 64-разрядная операционная система версии Windows 7
- Оперативная память 8 GB

2.2 Установка

Пакет программ **RFEM** поставляется на диске DVD. В дополнение к основной программе RFEM, данный диск DVD содержит все дополнительные модули, которые относятся к пакету программ RFEM, например, **RF-CHNCRETE**, **RF-STEEL**, **RF-STABILITY** и т.д.

Перед установкой программы RFEM, закройте все, работающие в фоновом режиме, приложения.



Для установки программы требуется вход в систему в качестве администратора, или обладание правами администратора. Для обычной работы с программой RFEM достаточно прав пользователя. Подробные инструкции показаны на видео видео Права пользователя и в, доступном на нашем сайте, документе документ Права пользователя.

2.2.1 Установка с DVD

На обратной стороне корпуса DVD находится полная инструкция по установке.

- Вставьте DVD в ваш дисковод DVD-ROM.
- Программа установки запускается автоматически. Программа установки не запускается при отключенной у устройства функции *автозапуска*. Тогда запустите файл *setup.exe* с DVD в Explorer или с помощью ввода команды *'D:\setup.exe* из меню Пуск (*'D'* ссылается на имя устройства вашего DVD дисковода).
- В диалоговом окне запуска выберите язык программы.



Выбор установки



Рисунок 2.1: Выбор языка

- В следующем диалоговом окне введите версию программы (*64-разрядную* или *32-разрядную*).
- Следуйте инструкциям *Мастера установки*.

Подключите ключ к порту USB вашего компьютера только после завершения установки. Драйвер ключа будет установлен автоматически.

DVD также содержит инструкции по установке и руководство программы RFEM в формате PDF. Для использования руководства требуется программа Acrobat Reader, которую можно установить с данного DVD.

Программа RFEM как полная или пробная версия

При первом запуске программы после ее успешной установки, требуется определить использование полной или пробной, действительной 30 дней, версии программы RFEM.

Для запуска полной версии программы, необходим соответствующий ключ (электронный ключ) и файл полномочий (*Author.ini*). Ключ представляет собой модуль, который подключается в порт USB вашего компьютера. Файл полномочий содержит закодированную информацию о вашей лицензии (лицензиях). Обычно *Author.ini* файл мы высылаем по электронной почте. Расширенная интрасеть, в которую можно войти с нашего сайта www.dlubal.com, также обеспечивает доступ к файлу полномочий. Сохраните файл *Author.ini* на вашем компьютере, флэш-накопителе USB, или в сети.

Для каждой рабочей станции требуется файл полномочий. Файл может быть скопирован требуемое количество раз. Однако, при изменении содержания данного файла, его последующее использование для авторизации невозможно.

Кроме того, можно запустить полную версию программы RFEM без ключа, с помощью *Лицензии на программное обеспечение*.



2.2.2 Установка по сети

Местные лицензии

Установку можно запустить с любого диска вашего компьютера или с сервера. Во-первых, скопируйте содержимое DVD диска в соответствующую папку. Затем запустите файл *setup.exe* на компьютере. Следующие шаги не отличаются от установки с DVD диска.

Сетевые лицензии

В случае сетевых лицензий, требуется сначала установить программу на рабочей станции по описанной выше схеме. Для проверки действительности лицензий используются SRM сетевые ключи. Подробная **инструкция** по установке сетевого ключа находится на сайте.

2.2.3 Установка обновлений и других модулей

DVD содержит полный пакет программ, включая все дополнительные модули. При приобретении нового дополнительного модуля, обязательно требуется не получение DVD, а нового файла полномочий *Author.ini*. Чтобы обновить полномочия без переустановки, выберите *Загрузить Файл полномочий* в меню *Справка* в программе RFEM.

При обновлении программы в рамках одной версии (например, 5.02.xxxx) старые файлы программы будут удалены, и заменены на новые. Данные проектов сохраняются. При обновлении программы на следующую серию (например, 5.03.xxxx), новая версия будет установлена параллельно к старой версии (см.ниже).



При использовании заданных пользователем заголовков распечатки протокола результатов, рекомендуется перед установкой обновления их сохранить. Заголовки, как правило, хранятся в файле **DlubalProtoCH3Gonfig.cfg**, который находится в общей папке основных данных *C:\ProgramData\Dlubal\Stammdat*. Во время обновления файл не будет перезаписан. Рекомендуется сохранить резервную копию файла!

Также рекомендуется сохранить шаблоны отчетов перед установкой обновления. Они хранятся в файле **RfemProtoCH3Gonfig.cfg** в папке *C:\ProgramData\Dlubal\RFEM 5.xx\General Data*.

Проекты из администратора проектов управляются в ASCII файле **PRO.DLP**, который обычно хранится в папке *C:\ProgramData\Dlubal\ProMan* (см.Рисунок 12.21, страница 597).

При необходимости удаления программы RFEM перед установкой обновления требуется сохранение данного файла.

2.2.4 Параллельная установка различных версий программы RFEM

Программа RFEM 4 и отдельные версии программы RFEM 5 можно параллельно запустить на одном компьютере после того, когда файлы программ будут храниться в разных каталогах. Папки по умолчанию для следующей 64-разрядной операционной системы:

- RFEM 4: C:\Programs (x86)\Dlubal\RFEM 4
- RFEM 5.01: C:\Programs\Dlubal\RFEM 5.01
- RFEM 5.02: C:\Programs\Dlubal\RFEM 5.02
- RFEM 5.03: C:\Programs\Dlubal\RFEM 5.03 и т.д.

Все модели, которые были созданы в предыдущей версии программы RFEM 4, можно открыть и редактировать в программе RFEM 5.

Модели из программы RFEM 4 не будут перезаписаны при сохранении их в программе RFEM 5 благодаря используемым различным окончаниям файлов: программа RFEM 4 хранит данные модели в формате ***.rf4**, программа RFEM 5 - в ***.rf5**.

Файлы с моделями из программы RFEM 5 могут быть совместимы с некоторыми ограничениями. При открытии файла с моделью из программы RFEM 5 в предыдущей версии, появляется сообщение, например, о возможных проблемах совместимости стержней с несимметричными сечениями.

3. Графический пользовательский интерфейс

3.1 Вид

При открытии одного из дополнительных примеров, включенных в программу RFEM, экран должен выглядеть как показано на рисунке Рисунок 3.1. Графический пользовательский интерфейс соответствует обычным нормам операционной системы Windows.

На следующем рисунке показаны основные разделы пользовательского интерфейса программы RFEM.

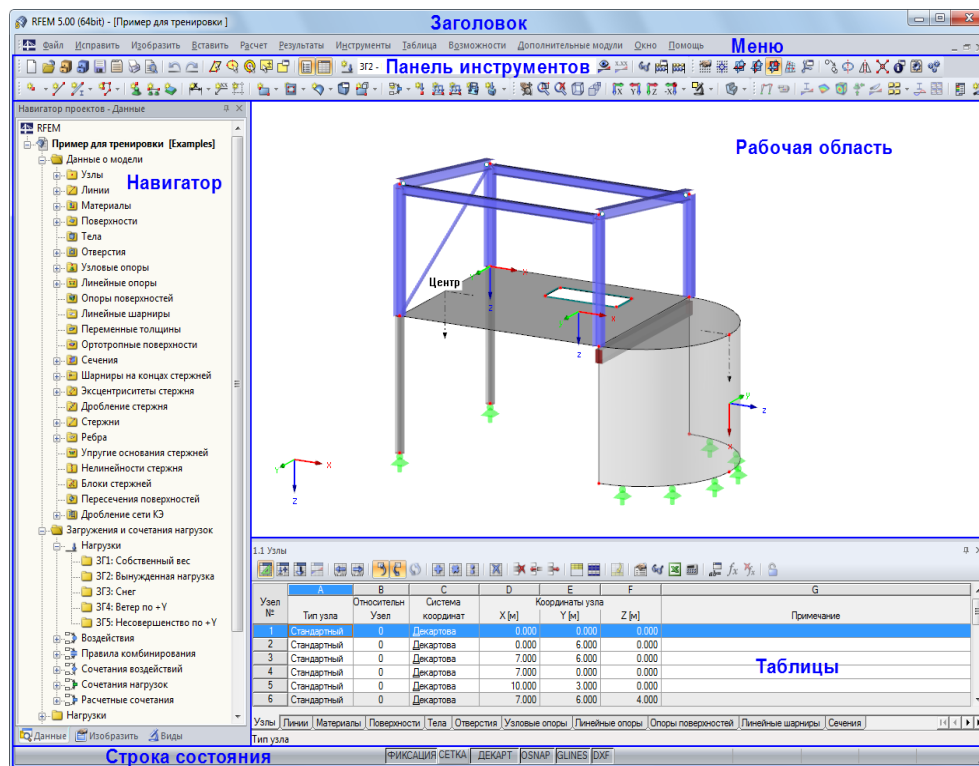


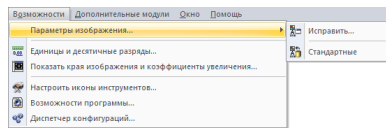
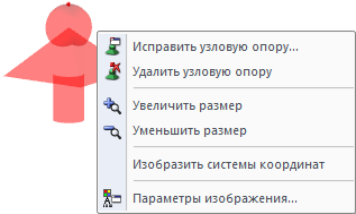

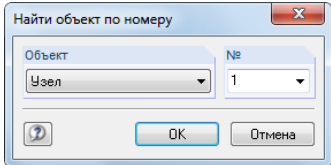
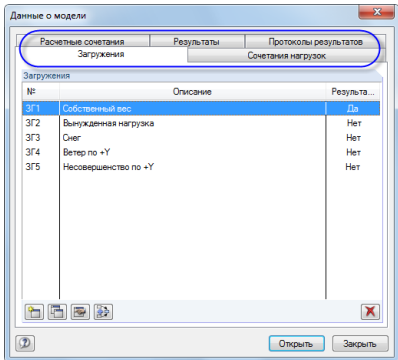
Рисунок 3.1: Пользовательский интерфейс программы RFEM

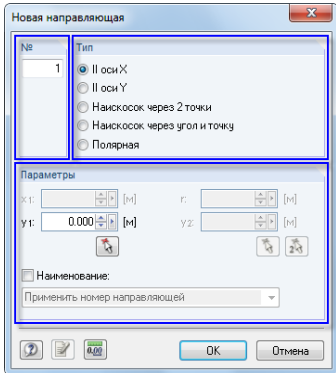
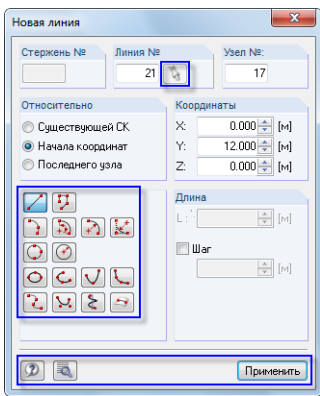
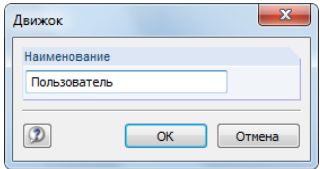
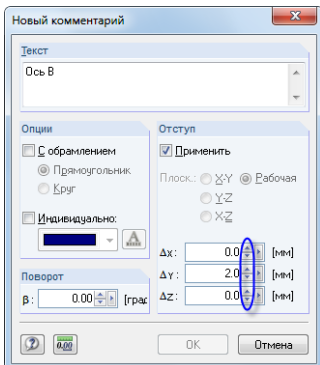
3.2 Терминология

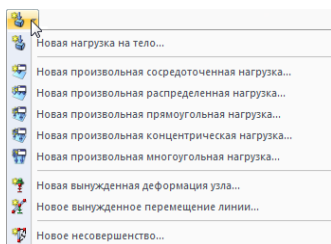
В данной главе будут рассмотрены термины, используемые в данном руководстве и относящиеся к пользовательскому интерфейсу операционной системы Windows.

Для описания отдельных элементов пользовательского интерфейса используются различные термины. В данном руководстве используются английские термины, с частыми ссылками на руководство компании Microsoft по стилю технических публикаций. Если некоторые термины не имеют существенных различий для работы с программой RFEM, то они обозначаются общим термином.

В следующей таблице коротко описаны часто используемые термины.

Термин	Рисунок	Синоним	Объяснение
Меню		Выпадающее меню	Команды и функции в строке заголовка
Контекстное меню		Всплывающее меню	Откройте контекстное меню с помощью щелчка на объект правой кнопкой мыши. Содержит полезные команды и функции для выбранных объектов.
Панель инструментов		Кнопочная панель	Набор кнопок в строке меню
Диалоговое окно			Окно для ввода данных в главном окне
Вкладки		Карта	Большие диалоговые окна разделяются на несколько вкладок. Щелкните на вкладку, чтобы открыть соответствующую карту для записей.

Сечение		Группа, рамка	Элементы в диалоговом окне, которые логически связаны друг с другом.
Кнопка		Пиктограмма	<p>Нажмите кнопку, чтобы начать действие (например, чтобы открыть диалоговое окно или изменить данные).</p> <p>Панель инструментов содержит кнопки раскрытия списка: Нажмите [▼] для открытия списка с аналогичными функциями. Недавно выбранная кнопка отображается сверху.</p>
Поле ввода		Текстовое поле, поле ввода	Поле для ввода текста или числовых значений
Поле счетчика		Счетчик	<p>Две крошечные кнопки рядом с полем ввода.</p> <p>Численные значения можно изменять постепенно.</p>



Кнопка раскрытия списка на панели инструментов

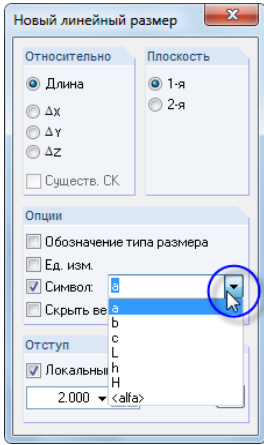
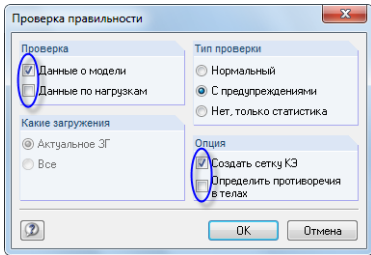
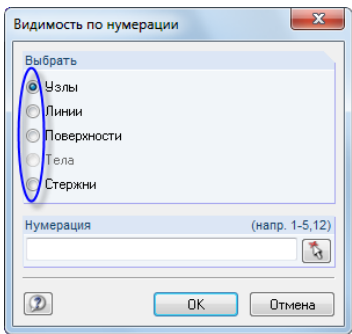
<p>Список</p>		<p>Поле списка, комбинированное окно</p>	<p>Выбор возможностей для поля ввода.</p> <p>В некоторых случаях пользователь может добавить собственные данные.</p>
<p>Окно флажка</p>		<p>Кнопка-флажок</p>	<p>Выбор Да/Нет с помощью отметки или отключения флажка</p>
<p>Кнопка-переключатель</p>		<p>Кнопка выбора</p>	<p>Можно выбрать только один из вариантов.</p>

Таблица 3.1: Термины пользовательского интерфейса

3.3 Особые термины программы RFEM

В данном разделе рассматриваются особые, используемые в программе RFEM, термины.

Термин	Пояснение
Узел	В пространственной модели узел определяется координатами (X/Y/Z). Узлы используются для описания геометрии модели конструкции.
Линия	Узлы соединяются линиями. Линии могут быть прямые, изогнутые или заданные пользователем, например, дуги и сложнопрофильные кривые.
Стержень	Стержень представляет собой свойство линии. Стержню присваивается жесткость с помощью определения свойств материала и сечения. Стержень рассматривается в качестве плоского элемента.
Блок стержней	Стержни могут быть объединены в блоки стержней. Непрерывные связи соединяют стержни непрерывно, как в случае многопролетной балки. Группа стержней , состоящая из связанных стержней, представляет собой соединение, в котором к одному узлу можно присоединить больше чем два стержня.
Поверхность	Поверхность ограничена линиями. Поверхности присваивается определенная жесткость с помощью определения свойств материала и ширины. Поверхность рассматривается в качестве двухразмерного элемента.
Тело	Тело окружено граничными поверхностями (чаще всего тип <i>Пустая</i>). Сплошному телу присваивается жесткость с помощью определения свойств его материала. Сплошные тела рассматриваются в качестве трехразмерных элементов.
Узловая опора	Узлу присваиваются степени свободы.
Линейное опора	Всем узлам на линии присваиваются степени свободы.
Узловая нагрузка	На узел действует сила или момент.
Нагрузка, приложенная по линии	На линию может действовать сосредоточенная, равномерно распределенная или линейно переменная нагрузка. Действие нагрузки проявляется в виде силы или момента.
Нагрузка на стержень	На стержень может действовать линейная или сосредоточенная нагрузка. Схема распределения нагрузок может быть равномерной или трапециевидной формы. В дополнение к силам и моментам, возможно воздействие температуры и предварительных напряжений.
Поверхностная нагрузка	На поверхность может действовать равномерная или линейно переменная нагрузка. На поверхность могут действовать силы, а далее тепловые нагрузки и вынужденные деформации.
Нагрузка на тело	На тело может действовать температура или вынужденные деформации.

Загрузка <i>3G</i>	<p>Нагрузка от воздействий рассчитывается в загрузении, например, в случае 'собственного веса' или 'ветра'.</p> <p>Нагрузки должны быть определены в качестве характерных нагрузок (т.е. без коэффициентов). Коэффициенты надёжности, учитываемые при расчёте строительных конструкций на предельное состояние, рассматриваются только при расчёте сочетаний нагрузок или расчетных сочетаний.</p> <p>Как правило, загрузка рассчитывается по методу линейно статического анализа. Также можно выполнять расчёт по теории второго порядка или по теории больших деформаций.</p>
Сочетание нагрузок <i>SN</i>	<p>Сочетание нагрузок представляет собой совмещение различных загрузений - сочетание нагрузок из нескольких загрузений.</p> <p>Как правило, сочетание нагрузок рассчитывается по теории второго порядка или по теории больших деформаций. Также можно выполнить расчёт по методу линейно статического анализа.</p>
Сочетание результатов <i>SP</i>	<p>Сочетания результатов подводят итоги результатов, содержащихся в загрузении.</p> <p>Кроме того, можно с помощью сочетаний определить критические внутренние силы и деформации в различных загрузениях, нагрузках или сочетаниях результатов.</p> <p>Однако, аддитивный принцип суперпозиции не распространяется на результаты, рассчитанные по теории второго порядка.</p>

Таблица 3.2: Программа RFEM – особые термины

3.4 Пользовательский интерфейс программы RFEM

В данной главе описаны отдельные рабочие элементы программы RFEM (см. Рисунок, страница 17). Программа соответствует общим нормам для приложений операционной системы Windows.

3.4.1 Строка меню

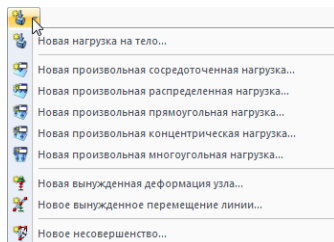
Под строкой заголовка находится строка меню. Все функции программы RFEM доступны из строки меню. Функции организованы в логические блоки.

Откройте меню с помощью щелчка на левую кнопку мыши. Также можно использовать клавиатуру, с помощью сочетания клавиши [Alt] и подчеркнутой буквы заголовка меню. Откроется меню с отдельными функциями. Выберите конкретное содержимое с помощью щелчка мыши или нажмите на подчеркнутую букву на клавиатуре. Также можно выбрать элемент с помощью клавиш управления курсором [↑] и [↓], а потом нажать на кнопку [↵].

Когда откроется список меню, можно переключаться между меню или вложенным содержанием с помощью кнопок [→] и [←].

В некоторых пунктах меню сочетания клавиш показаны дополнительно. Данные сочетания клавиш соответствуют нормам ОС Windows. Используйте сочетания клавиш для запуска функций непосредственно с помощью клавиш клавиатуры (например, сочетание [Ctrl] + [S] служит для записи данных).

3.4.2 Панель инструментов



Кнопка раскрытия списка на панели инструментов

Под строкой меню находятся панели инструментов с различными кнопками. С помощью щелчка мыши на кнопки можно получить доступ к наиболее важным функциям. При наведении указателя мыши на кнопку появляется краткая информация о функции кнопки (*всплывающее описание, подсказка*).

С помощью некоторых кнопок содержимое можно рассматривать как строку меню: Данные *Раскрывающие кнопки* содержат соответствующие теме функции. Нажмите [▼] рядом с символом кнопки для доступа к функциям. При этом будут отображаться недавно выбранные кнопки.

Для изменения положения панели инструментов, захватите ее левой кнопкой мыши, и затем переместите ее в нужное положение.

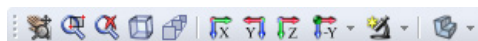


Рисунок 3.2: Закрепленное положение панели инструментов *Отобразить*

Если перенести панель инструментов на рабочую поверхность, она станет "плавающей" панелью инструментов.



Рисунок 3.3: Плавающая панель инструментов *Отобразить*

Чтобы снова прикрепить плавающую панель инструментов, переместите ее в рамку окна с помощью кнопки мыши или дважды щелкните на ее заголовок.

Чтобы открыть диалоговое окно для изменения содержания и внешнего вида панелей инструментов, в меню **Вид** выберите **Упорядочить Панели инструментов**. Настройка панелей инструментов соответствует нормам ОС Windows.

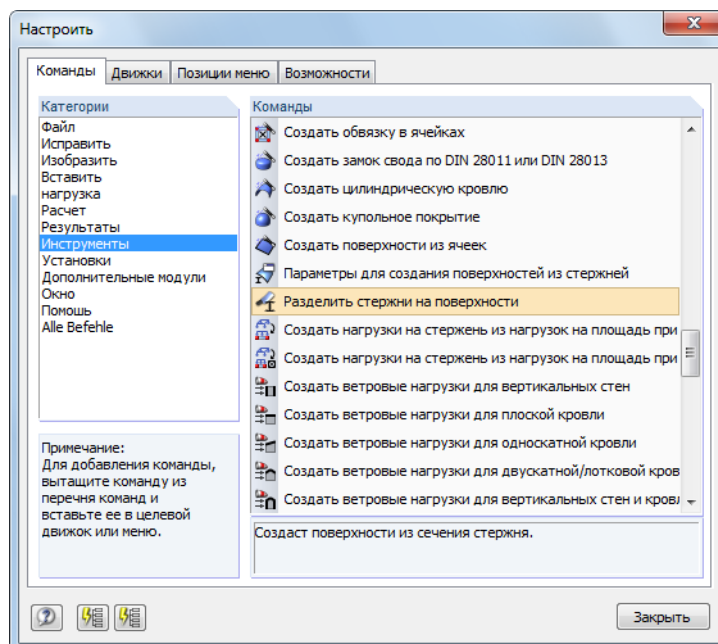
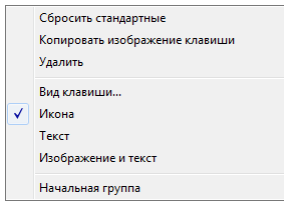


Рисунок 3.4: Диалоговое окно *Настройка*, вкладка *Команды*

Все команды в программе RFEM сортируются по *Категориям*. При выборе из перечня определенной *категории*, с правой стороны будут отображаться кнопки всех связанных с категорией команд. При нажатии какой-либо кнопки в правой нижней части



Контекстное меню кнопки или пункта меню

отображается информация о ее функциях. Любую кнопку можно захватить и переместить в какое-либо место на панели инструментов с помощью функции перемещения. Рекомендуем Вам внести их в новую панель инструментов (см. Рисунок), потому что у остальных панелей инструментов при обновлении могут быть восстановлены исходные стандартные настройки.

Для удаления кнопки на панели инструментов требуется открыть диалоговое окно *Настройка*. Потом можно переместить кнопку с панели инструментов на рабочую поверхность. Кроме того, можно использовать контекстное меню *Удалить* слева от кнопки.

Команды можно перемещать не только на панель инструментов, но и в главное меню. Таким образом, пользователь может создавать пользовательские меню. Также, как и в случае с панелями инструментов, пользователь может удалять или редактировать пункты в главном меню.

Функция в контекстном меню *Вид клавиши* используется для открытия следующего диалогового окна:

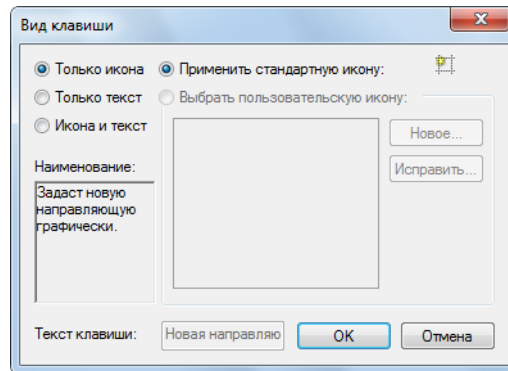


Рисунок 3.5: Диалоговое окно *Вид клавиши*

В данном диалоговом окне можно изменить *Текст* у кнопки или у пункта меню. Далее, стандартную икону можно заменить на *пользовательскую*.



Все имеющиеся панели инструментов перечислены в списке во вкладке *Панели инструментов* в диалоговом окне *Настройка*. Можно отключать или создавать новые панели инструментов с помощью кнопки [Новый].

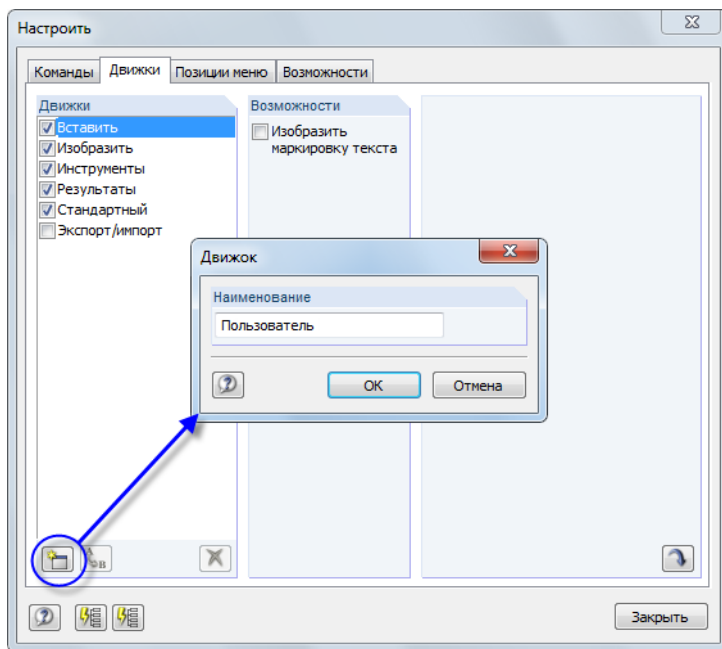


Рисунок 3.6: Создание новой панели инструментов

Введите *Название* новой панели инструментов в диалоговом окне *Панель инструментов* и нажмите на кнопку [OK]. На дисплее появится новая плавающая строка. Панель инструментов можно перемещать панель инструментов в требуемое положение и присваивать ей кнопки используя вкладку *Команды* (см. выше).



С помощью кнопки [Перезагрузка всех пользовательских панелей инструментов] можно восстановить исходные настройки панели инструментов. При этом созданная пользователем панель инструментов будет удалена из перечня. Предварительно установленные в программе RFEM исходные панели инструментов нельзя удалить, но их можно отключить.



Во вкладке *Пункты меню* пользователь может создавать выпадающие меню. Их создание происходит подобным образом как в случае создания новой панели инструментов (см. выше).

Последняя вкладка *Возможности* служит для изменения внешнего вида пользовательского интерфейса в программе RFEM.

Можно выбрать следующие *Виды*:

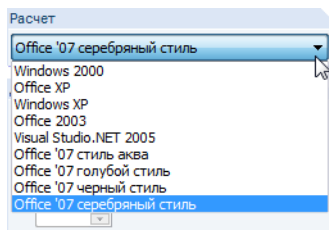


Рисунок 3.7: Доступные виды пользовательского интерфейса

Новые настройки сразу становятся действительными.

3.4.3 Навигатор проектов



На левой стороне рабочего окна находится навигатор, который выглядит как проводник в ОС Windows. Чтобы отобразить или скрыть *Навигатор проектов*, откройте меню **Вид** и выберите **Навигатор**, или нажмите соответствующую кнопку на панели инструментов.



Рисунок 3.8: Кнопка *Навигатор* на панели инструментов по умолчанию

Навигатор содержит данные всех открытых заданий в иерархической структуре. Для открытия или закрытия данной ветки, нажмите кнопку [+] или [-]. Также данное действие можно выполнить с помощью двойного щелчка на его содержимое.



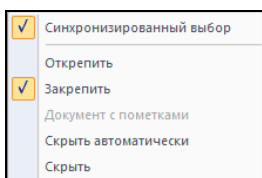
Как и на панели инструментов, можно использовать мышь, чтобы "захватить" навигатор в строке заголовка и переместить его в рабочую область. Чтобы снова его закрепить, дважды щелкните в строке заголовка или переместите навигатор к рамке окна. При перемещении навигатора с левой стороны дополнительно отображаются навигационные кнопки, которые облегчают его закрепление к одной из четырех сторон рабочего окна. Перетащите навигатор к выбранной вами кнопке со стрелкой и отпустите левую кнопку мыши, как только указатель будет находиться над данной кнопкой.

Если Вы не хотите, чтобы навигатор был закреплен у рамки окна, измените соответствующий выбор в контекстном меню навигатора.

Когда отмечен пункт меню *Синхронизированный выбор*, объект, обозначенный в навигаторе, будет изображен в цвете в графическом виде модели.

Функция контекстного меню навигатора *Автоматически убирать с экрана* служит для минимизации навигатора: после щелчка, а в рабочем окне, навигатор переместится к краю и будет отображён в виде тонкой строки (см. Рисунок 3.9). Для данной функции можно также использовать контактную кнопку в верхней правой части навигатора (см. Рисунок 3.10, страница 27).

При перемещении указателя по полю *Навигатор проекта* в закреплённой панели, навигатор будет изображен снова в полном размере.



Контекстное меню навигатора

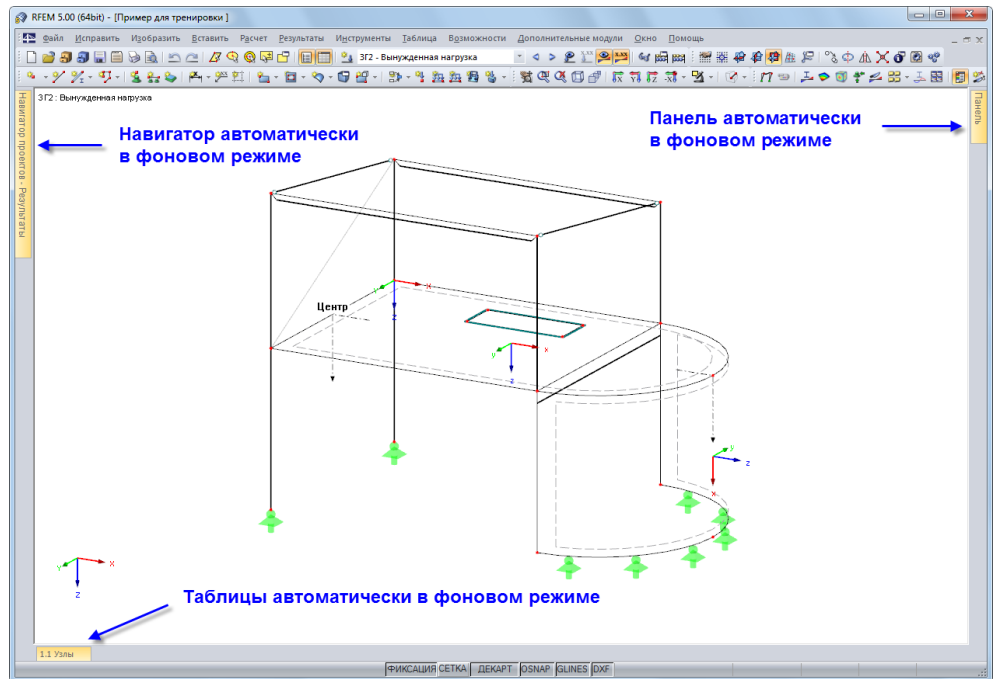


Рисунок 3.9: Навигатор, таблицы и панель в режиме Автоматически убрать с экрана

На нижнем краю навигатора находятся три (после расчета четыре) вкладки. Они используются для переключения между навигатором *Данные*, *Изобразить*, *Виды* и *Результаты*.

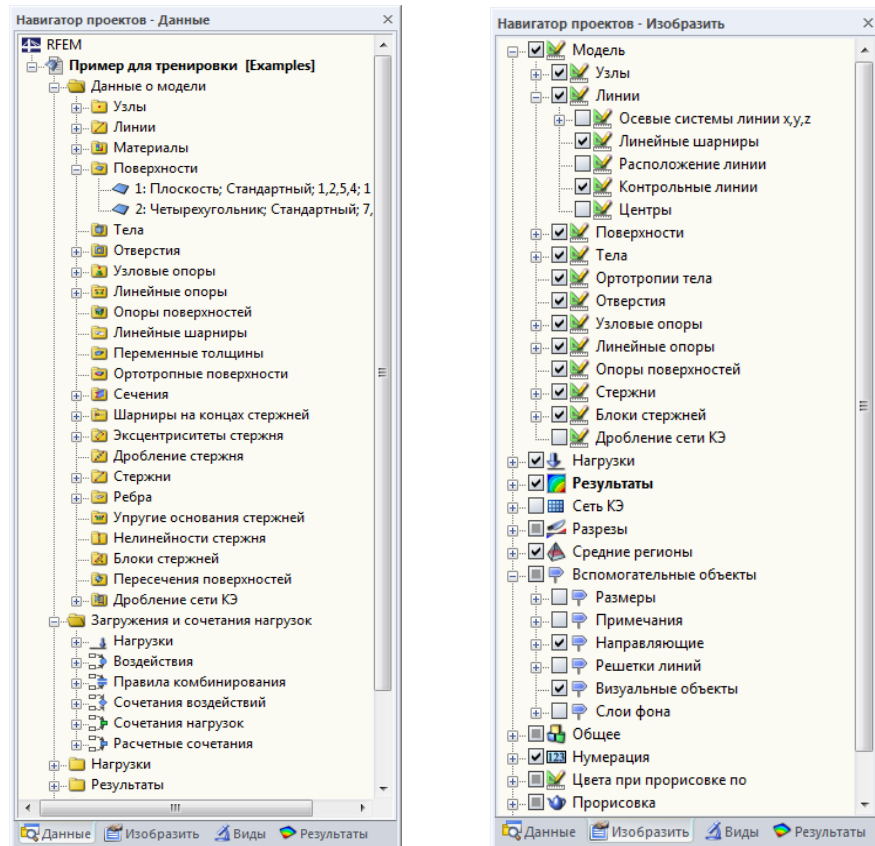
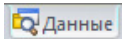


Рисунок 3.10: Вкладки *Данные* и *Изобразить* в навигаторе проектов

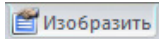
Навигатор Данные



Данный навигатор содержит данные о модели конструкции и нагрузках, а также результаты расчётов. После двойного щелчка на подпункт ("лист" дерева), откроется диалоговое окно, в котором можно изменять выбранный объект. После щелчка правой кнопкой мыши на объект, появляется контекстное меню с полезными функциями, используемыми для создания или изменения объекта.

Неправильно заданные объекты отображаются красным цветом, неиспользуемые объекты отображаются синим цветом.

Навигатор Изобразить



Данный навигатор служит для управления графического отображения в рабочем окне. Если какой-то пункт в навигаторе не будет отмечена флажком, то соответствующий ему объект в графическом окне будет скрыт.

Используйте слева отображаемое контекстное меню навигатора, чтобы сохранить или импортировать настройки, заданные пользователем. Также можно применять сохраненные настройки по умолчанию для новых моделей.

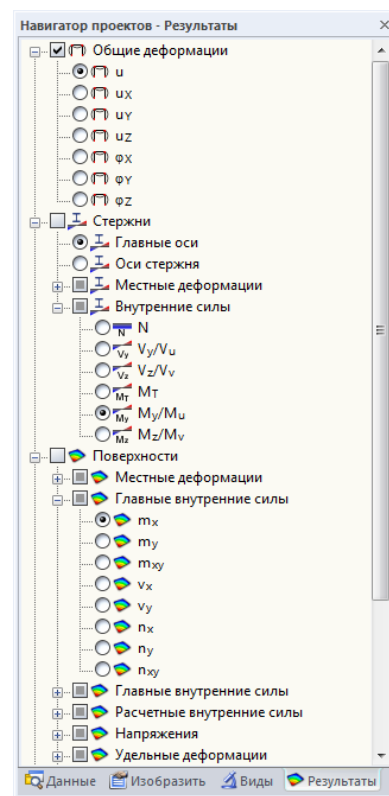
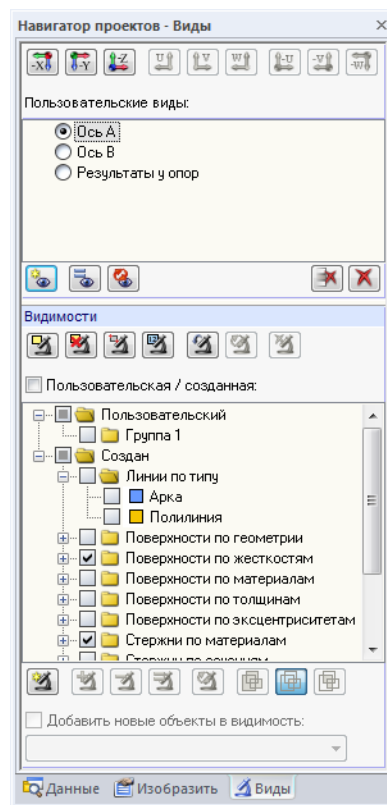
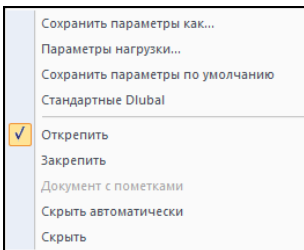


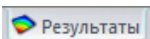
Рисунок 3.11: Вкладки *Виды* и *Результаты* в Навигаторе проектов

Навигатор Виды



Данный навигатор управляет видами, заданными пользователем, а также автоматически и пользователем заданными видимостями объектов (используемыми раньше "частичными видами" и "группами" в программе RFEM 4). Кнопки можно использовать для создания заданных пользователем видов, для настройки видимости, для включения объектов в заданные пользователем видимости и т.д.

Работа с видами и видами описана в разделе 9.9.1 на странице 399.



Навигатор *Результаты*

С помощью данного навигатора можно управлять в графическом виде отображением результатов. Его содержание зависит от отображения результатов из программы RFEM или из дополнительного модуля.

3.4.4 Таблицы



В нижней части окна программы RFEM находятся таблицы. Для включения и выключения таблиц, щелкните **Отобразить** в меню **Таблица**, или нажмите соответствующую кнопку.

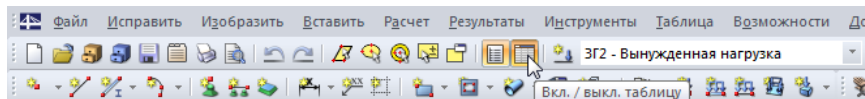


Рисунок 3.12: Кнопка *Включить/выключить таблицу* на панели инструментов *По умолчанию*

Программа предлагает четыре группы таблиц. Чтобы переключаться между ними, используйте первые четыре кнопки, отображаемые на панели инструментов в окне таблиц, или пункт **Перейти** в меню **Таблица**.



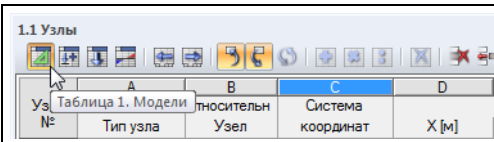
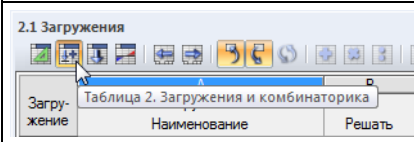
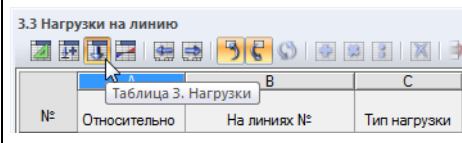
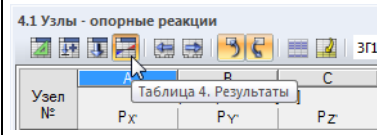
 <p>Меню Таблица → Перейти → Данные модели</p>	Таблицы для ввода данных модели
 <p>Меню Таблица → Перейти → Загрузки и сочетания</p>	Таблицы для загрузок и сочетаний
 <p>Меню Таблица → Перейти → Загрузки</p>	Таблица для ввода загрузок
 <p>Меню Таблица → Перейти → Результаты</p>	Таблицы результатов



Таблица 3.3: Кнопки для открытия групп таблиц

Вводить все данные о модели конструкции и нагрузках можно в числовом виде. Несколько полезных функций обеспечивают эффективный ввод данных (см. раздел 11.5 на странице 519).

При последовательном задании таблиц, программа RFEM гарантирует ввод всех данных. Таблицы представляют собой организацию данных в программе RFEM. Описания таблиц для ввода и таблиц результатов из глав 4, 5, 6 и 8 основаны на конструкции данных таблиц.

Как и на панели инструментов, можно использовать мышью, чтобы "захватить" таблицы в строке заголовка и переместить их в рабочую область. Чтобы закрепить таблицу, дважды



щелкните на ее заголовок, или переместите таблицу к рамке окна или к одной из слева отображенных кнопок со стрелками.

Закрепленные таблицы можно свернуть с помощью функции контекстного меню *Автоматически убирать с экрана*. После щелчка в рабочем окне, они переместятся к краю (см. Рисунок 3.9, страница 27). Также можно использовать контактную кнопку в правой верхней части таблицы. Таблицы открываются в полном размере еще раз при передвижении указателя мыши по перемещаемой строке.



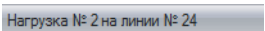
Если строку таблицы обозначить с помощью мыши, то соответствующий объект будет в цвете отображен в графическом виде. Аналогично, при выборе объекта в рабочем окне отображается и подчеркивается соответствующая строка таблицы. Для управления настройками у так называемой "синхронизации выбора", выберите пункт **Настройки** в меню **Таблица**. Также можно использовать слева отображенные кнопки на панели инструментов таблицы (см. раздел 11.5.4, страница 526).

3.4.5 Строка состояния

В нижней части рабочего окна программы RFEM находится строка состояния. Для ее включения или отключения, нажмите пункт **Строка состояния** в меню **Вид**.

Строка состояния состоит из трех частей.

Левая часть



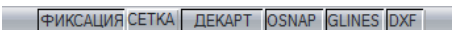
Нагрузка № 2 на линии № 24

Рисунок 3.13: Левая часть строки состояния

Отображаемый текст варьируется в зависимости от включенной в данный момент функции программы. Когда указатель перемещается по рабочему окну, появляется информация об объекте, на котором как раз находится указатель.

Если Вы недавно начали работать в программе RFEM, рекомендуем Вам следить за этой частью строки состояния: здесь можно найти полезные советы и описания для кнопок панели инструментов и диалоговых окон.

Центральная часть



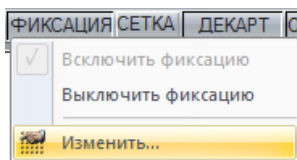
ФИКСАЦИЯ СЕТКА | ДЕКАРТ | OSNAP | GLINES | DXF

Рисунок 3.14: Центральная часть строки состояния

Данная часть строки состояния действует подобным образом как панель инструментов. В ней можно повлиять на настройки рабочего окна и графического отображения в рабочем окне.

ПРИВЯЗКА

Данная кнопка включает и выключает функцию привязки сетки. Используйте контекстное меню для доступа к диалоговому окну со специальными настройками для параметров сетки (см. раздел 11.3.2, страница 469).



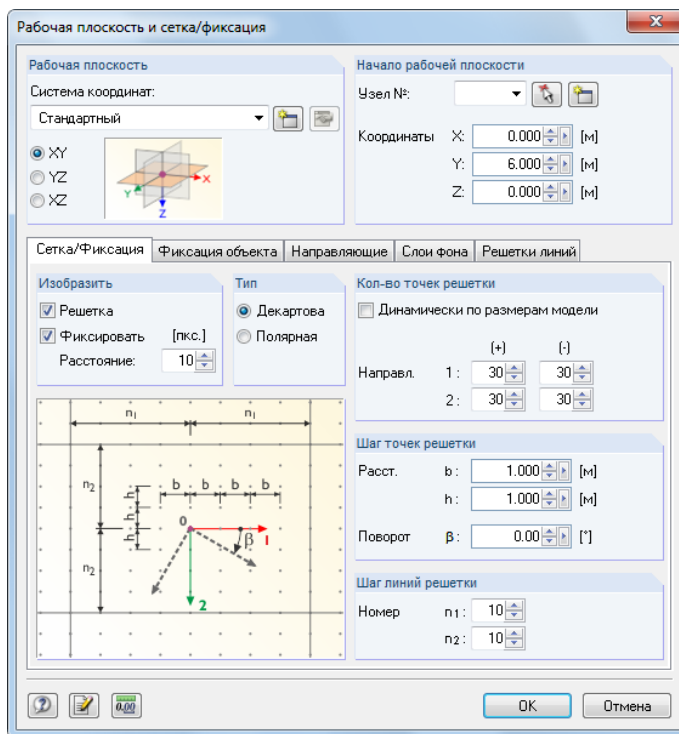


Рисунок 3.15: Диалоговое окно *Рабочая плоскость и Сетка/Фиксация*

СЕТКА

Нажмите кнопку, чтобы выключить и включить сетку. Выберите *Редактировать* в контекстном меню, чтобы открыть диалоговое окно, показанное на Рисунок 3.15.

Кроме того, контекстное меню дает возможность постепенно увеличивать или уменьшать шаг сетки.

ORTHO / CARTES / POLAR

Данная кнопка используется для выбора ортогональной, декартовой или полярной сетки. С помощью контекстного меню можно открыть диалоговое окно, показанное на Рисунок 3.15. Кроме того, можно увеличивать или уменьшать шаг сетки постепенно.

OSNAP

Данная кнопка используется для включения или выключения привязки к объекту (см. раздел 11.3.3, страница 470).

GLINES

Данная кнопка служит для управления отображением направляющих линий (см. главу 11.3.7, страница 483).

DXF

Данная кнопка используется для включения или выключения отображения фоновых слоев (см. главу 11.3.10, страница 490).

Правая часть

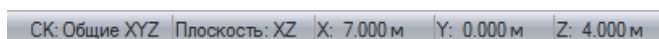
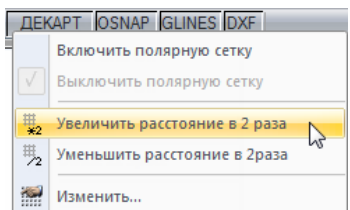
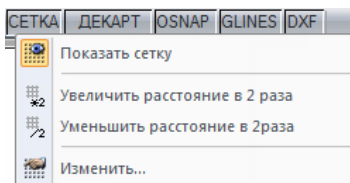


Рисунок 3.16: Правая часть строки состояния

В правой части строки состояния отображается следующая информация о введенных в графическом виде данных:



- Режим видимости (если включен)
- Система координат СК
- Рабочая плоскость
- Координаты текущего положения указателя

3.4.6 Панель управления



Панель управления появляется в рабочем окне после отображения внутренних сил или деформаций в графическом виде. С ее помощью можно настроить различные параметры отображения и управления. Для включения или выключения панели управления используйте главное меню **Вид**, пункт **Панель управления** (Шкала цветов, Факторы, Фильтр) или отображенную слева кнопку.

Как и в случае с панелью инструментов, можно использовать мышь для "захвата" панели в строке заголовка и ее переноса в рабочую область. Для закрепления панели дважды щелкните на ее заголовок, или переместите ее к рамке окна или к одной из слева отображенных кнопок со стрелками.

Закрепленные таблицы можно свернуть при включенной функции контекстного меню *Автоматически убирать с экрана*. После щелчка в рабочем окне, они переместятся к краю (см. Рисунок 3.9, страница 27). Также можно использовать контактную кнопку в правой верхней части панели. Панель снова открывается в полном размере при перемещении указателя мыши по закрепленной строке.

Панель управления состоит из следующих вкладок: *Шкала цветов*, *Факторы*, *Фильтр* и *Плоскость*.

Шкала цветов

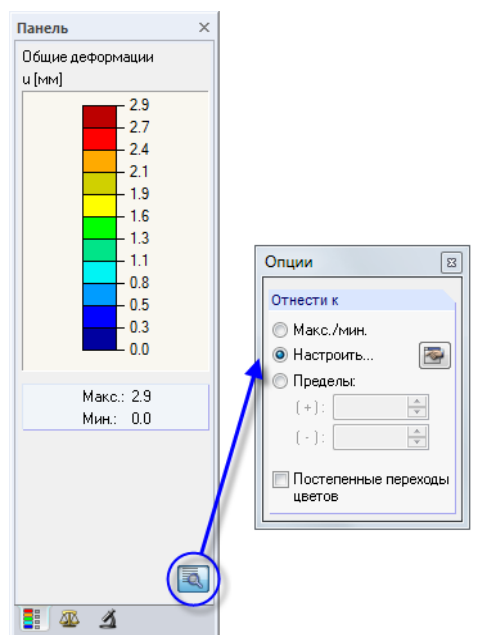


Рисунок 3.17: Панель управления, вкладка *Шкала цветов* при включенном окне диалога *Возможности*

При заданном многоцветном отображении результатов, первая вкладка показывает цветовую гамму с заданными диапазонами значений. По умолчанию установлено одиннадцать цветовых зон, которые охватывают диапазон между крайними значениями в равноотстоящих интервалах.

Для регулирования цветовой шкалы дважды щелкните на один из цветов. Также можно использовать доступную на панели кнопку [Возможности]. Открывается диалоговое окно



Возможности (Рисунок 3.17), в котором с помощью кнопки [Редактировать] можно перейти к другому диалоговому окну для изменения диапазона цветов и значений.

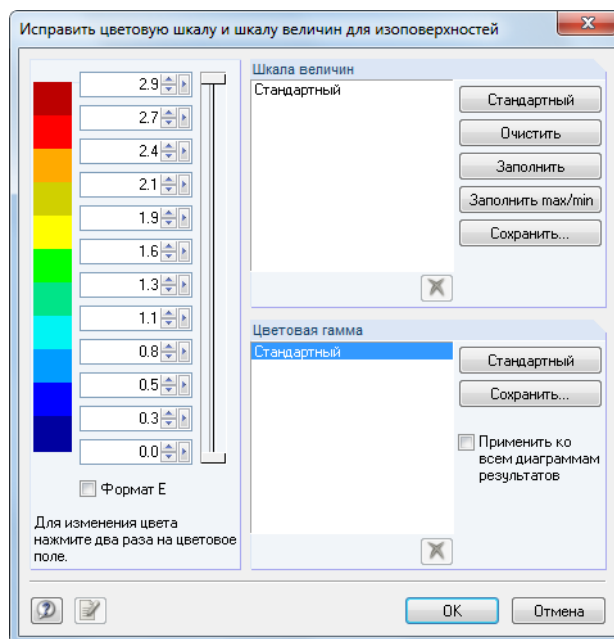


Рисунок 3.18: Диалоговое окно *Исправить цветовую шкалу и шкалу величин для изоповерхностей*

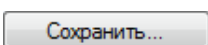
С помощью вертикальных ползунков справа от значений можно уменьшать количества цветовых диапазонов на обоих концах цветовой шкалы.

Цвет можно индивидуально изменить с помощью двойного щелчка в поле цвета.

Кроме того, можно настроить значения шкалы вручную. Будьте внимательны и строго соблюдайте порядок возрастания или убывания. Используйте кнопки в диалоговом разделе *Шкала значений* для присвоения значений. Кнопки определены следующим образом:

Кнопка	Функция
Характерные	По умолчанию установлено одиннадцать цветовых зон.
Очистить	Все значения в полях ввода будут удалены.
Заполнить	Значения будут прибавляться на одинаковом расстоянии между максимальным и минимальным значением в зависимости от количества цветовых зон.
Заполнить max/min	При уменьшенной цветовой гамме, интерполированные значения рассчитываются по отношению к абсолютным или введенным вручную крайним значениям.
Сохранить	Спектр значений будет сохранен в качестве общего примера.

Таблица 3.4: Кнопки в диалоговом разделе *Спектр значений*



Отметьте флажок *Применить ко всем диаграммам результатов* для использования текущей цветовой шкалы для отображения результатов всех загрузок, нагрузок и сочетаний результатов. Спектр значений не изменяется из-за необходимости общей настройки деформаций, сил, моментов и напряжений. Для сохранения измененной цветовой шкалы в качестве пользовательской, нажмите кнопку [Сохранить].



Используйте кнопку [Возможности], как показано на Рисунок 3.17, для выбора в диалоговом окне *Возможности*.

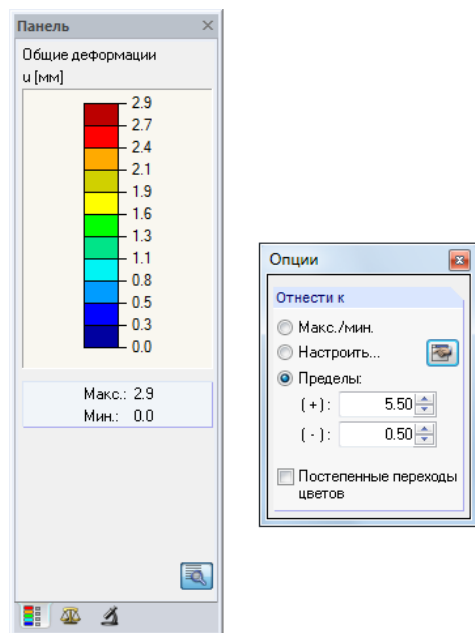


Рисунок 3.19: Диалоговое окно *Возможности*, функция *Пределы +/-*

Ссылка на предельные значения предполагает точную оценку результатов в пределах определённой зоны. Превышения верхнего и нижнего пределов представлены разными цветами. С установленными, как на Рисунок 3.19, параметрами можно определить отображенные в детальной градации в диапазоне $\pm 30\text{кНм/м}$ моменты m_y . Значения за пределами определённой зоны выделены красным или синим цветом.

Отметьте окно флажка *Постепенный переход цветов* в диалоговом окне *Опции* для постепенного перехода цветов. Постепенный переход цветов можно установить независимо от выбранного варианта для значений результатов.

Коэффициенты

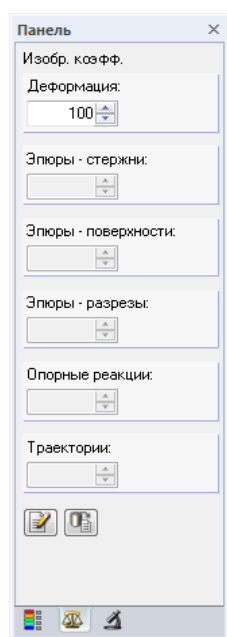


Рисунок 3.20: Панель управления, вкладка *Коэффициенты*

Используйте вторую вкладку панели для управления коэффициентами масштабирования графического отображения. В зависимости от текущей установленной графики результатов, можно получить доступ к полям ввода для масштабирования *Деформация*, *Эпюры - стержни*, *Эпюры - поверхности*, *Эпюры - разрезы*, *Опорные реакции* и *Траектории*.

Фильтр

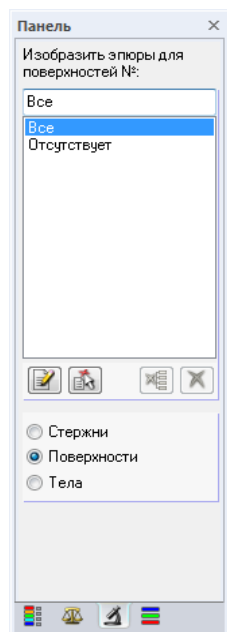


Рисунок 3.21: Панель управления, вкладка *Фильтр*

С помощью вкладки *Спектр цветов* можно фильтровать значения результатов в целом. Используйте вкладку *Фильтр* для выбора различных режимов отображения результатов для конкретных поверхностей, стержней или тел.



Поля выбора под кнопкой строки представляют три категории объектов, для которых можно отобразить эпюры результатов. В поле *Показать эпюру для* необходимо ввести число соответствующих стержней, поверхностей или тел. Затем, в графическом виде применяется фильтр после щелчка на кнопку [Применить].



Также можно использовать номера объектов из графики: сначала выберите стержни, поверхности или твёрдые тела (множественный выбор с помощью окна или нажатой клавиши [Ctrl]). Затем нажмите кнопку [Импорт из Выбора].



Настройки фильтра на панели также влияют на объекты в таблицах результатов: При ограничении отображений результатов в панели, например, на два стержня, в таблице 4.6 *Стержни - внутренние силы* будет перечислены результаты только данных двух стержней.

3.4.7 Стандартные кнопки

Описание функций данной кнопки появляется после размещения указателя мыши над данной кнопкой.

В следующем списке приводится короткое описание стандартных кнопок и ссылки на соответствующие разделы.

Кнопка	Название	Функция
	Новый	Открывается диалоговое окно для ввода объекта
	Редактировать	Открывается диалоговое окно для редактирования объекта
	Удалить	Удаление объекта или содержимого
	Выбрать	Выбор в графическом виде
	Применить	Импорт из текущего выбора
	База данных	Открывается база данных
	Помощь	Открывается функция Справка
	Применить	Применение изменений при открытом диалоговом окне
	Параметры	Открывается диалоговое окно для подробных настроек
	Примечания	Доступ к заранее заданным комментариям → раздел 11.1.4, страница 453
	Единицы и десятичные разряды	Параметры настройки единиц и десятичных разрядов → раздел 11.1.3, страница 452
	Стандартные	Восстановление настроек диалога по умолчанию
	Задать как стандартные	Сохранение текущих настроек в качестве настроек по умолчанию
	Шрифт	Установка шрифта и размера шрифта
	Цвета	Установка цвета
	Информация	Отображение информации об объекте
	Выбор для передачи	Передача выбранных элементов в другой список
	Передать все	Передача всех элементов в другой список
	Сохранить	Сохранение данных, заданных пользователем
	Импорт	Импорт сохраненного содержимого
	Выбрать	Выбор некоторых или всех объектов


	Отменить выбор	Удаление или отмена выбора всех записей
---	----------------	---

Таблица 3.5: Стандартные кнопки

3.4.8 Функциональные клавиши

В графическом пользовательском интерфейсе и таблицах можно часто используемые функции быстро выбрать с помощью клавиатуры:

[F1]	Помощь
[F2]	Следующая таблица
[F3]	Предыдущая таблица
[F4]	Проверка достоверности в текущей таблице
[F5]	Проверка достоверности всех таблиц
[F7]	Функция выбора в таблицах
[F8]	Копирование ячейки таблицы выше, или отображение всей модели конструкции в полном экране
[F9]	Калькулятор
[F10]	Строка меню
[F12]	Сохранение модели под новым названием
[Alt]	Строка меню
[Ctrl]+[2]	Копирование строки таблицы в следующую строку
[Ctrl]+[A]	Повторение последнего действия
[Ctrl]+[C]	Копирование в буфер для обмена данными
[Ctrl]+[E]	Экспорт данных
[Ctrl]+[F]	Поиск в пределах таблицы
[Ctrl]+[G]	Создание записи в таблице
[Ctrl]+[H]	Замена в таблице
[Ctrl]+[I]	Вставка строки в таблицу, или импорт данных
[Ctrl]+[L]	Переход в таблице на определённый номер строки
[Ctrl]+[N]	Создание новой модели
[Ctrl]+[O]	Открытие существующей модели
[Ctrl]+[P]	Печать графического отображения
[Ctrl]+[R]	Удаление строки в таблице
[Ctrl]+[S]	Сохранение данных
[Ctrl]+[U]	Отмена выбора в таблице
[Ctrl]+[V]	Вставка из буфера обмена данными
[Ctrl]+[X]	Удаление из таблицы
[Ctrl]+[Y]	Удаление в таблице содержимого текущей строки
[Ctrl]+[Z]	Отмена последнего действия

[+] [-] NumPad	Приближение
----------------	-------------

Таблица 3.6: Функциональные клавиши



С помощью кнопки [Ввод] можно вызвать в последний раз используемую функцию, при условии что закрыты все диалоговые окна. Таким образом, в рабочем окне облегчается повторный ввод элементов конструкции и нагрузки.

3.4.9 Функции мыши

Функции мыши соответствуют общепринятым для приложений ОС Windows нормам. Для выбора объекта редактирования, просто щелкните по нему **левой** кнопкой мыши. Дважды щелкните на объект для того, чтобы открыть диалоговое окно для редактирования объекта. Данные функции можно использовать как для объектов в графическом окне, так и для пунктов в навигаторе *Данные*.

Модель и нагрузки можно перемещать в рабочем окне. Для копирования объектов удерживайте дополнительно клавишу [Ctrl]. Функцию перетаскивания можно включать и выключать в общем контекстном меню (см. Рисунок 11.53, страница 480).

При щелчке на объект **правой** кнопкой мыши, появляется его контекстное меню с предметным соответствием команд и функций.

Контекстное меню доступно в графическом виде, в навигаторе и в таблицах.

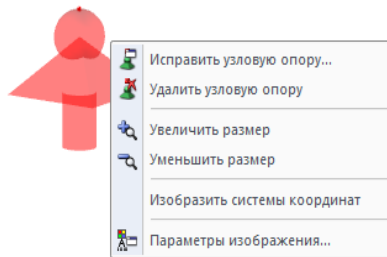


Рисунок 3.22: Контекстное меню узловой опоры в графическом виде



Текущее отображение модели можно увеличивать или уменьшать с помощью ролика. Центром области увеличения всегда подразумевается позиция указателя.

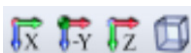


Нажмите кнопку ролика для перемещения модели непосредственно в рабочем пространстве, то есть без предварительного включения кнопки панели инструментов [Переместить, увеличить]. Модель конструкции можно вращать при дополнительном щелчке на клавишу [Ctrl]. Далее модель можно вращать с использованием ролика и правой кнопки мыши. Изображенные слева на указателе символы обозначают выбранную текущую функцию.

Для вращения вида конструкции вокруг конкретного узла, в первую очередь требуется выбрать данный узел. При одновременном нажатии клавиши [Alt] и ролика можно вращать модель конструкции вокруг выбранного узла.



В программе RFEM для работы в графическом виде пользовательским интерфейсом. Можно также использовать 3D мышь.



Кроме того, программа RFEM предлагает полезную функцию для быстрого отображения выбранных объектов в увеличенном виде. Сначала выберите объекты в рабочем окне. Одновременно нажмите клавишу [↑] и одну из кнопок на панели инструментов *Отобразить*. В рабочем окне сразу появится увеличенный частный вид объекта в выбранном направлении просмотра.

3.4.10 Диспетчер конфигураций



Диспетчер конфигураций позволяет настроить все свойства отображения, шрифты, панели инструментов, печатные заголовки и т.д. Чтобы открыть Диспетчер конфигураций, выберите **Диспетчер конфигураций** в меню **Настройки** или используйте слева отображенную кнопку на панели инструментов.

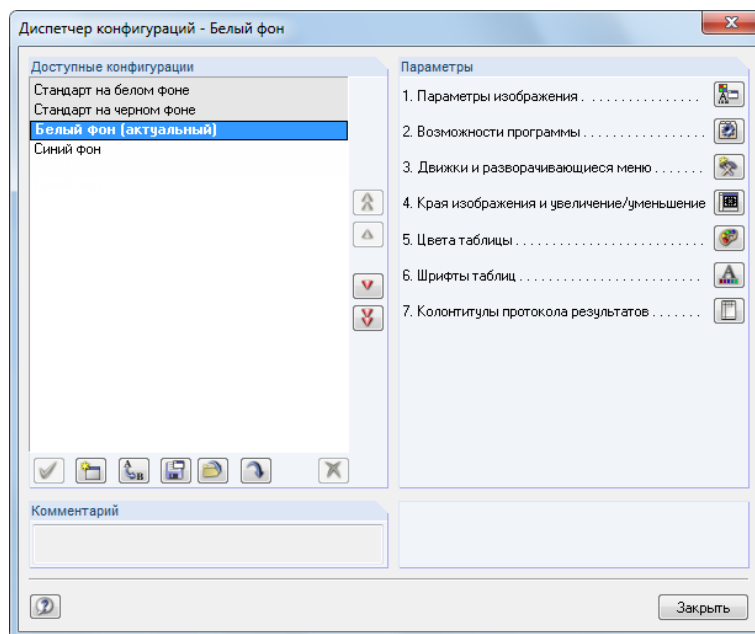


Рисунок 3.23: Диалоговое окно *Диспетчер конфигураций*

Доступные конфигурации

В этом разделе диалога перечислены все конфигурации, которые были заданы пользователем или были созданы во время установки. Используемые в программе текущие настройки выделены жирным шрифтом и обозначены как *текущие*.

Предварительно установлена конфигурация *По умолчанию*. Ее нельзя удалить.

Кнопки в данном разделе имеют следующие функции:








Кнопка	Функция
	Установка выбранной выше конфигурации в качестве новой <i>текущей</i> конфигурации
	Создание новой конфигурации из текущих настроек (Рисунок 3.24)
	Переименование выбранной конфигурации
	Экспорт выбранной конфигурации в файл
	Импорт конфигурации из файла
	Восстановление значений по умолчанию
	Удаление выбранной конфигурации (невозможно у конфигурации <i>по умолчанию</i> и у <i>текущей</i> конфигурации)

Таблица 3.7: Кнопки в разделе *Доступные конфигурации*



С помощью кнопки [Новая] можно сохранить текущие настройки в качестве новой конфигурации. Откроется диалоговое окно, в котором требуется ввести *Описание* новой конфигурации. Сюда можно добавить *Комментарий*, который впоследствии облегчает выбор из большого количества заданных пользователем конфигураций.

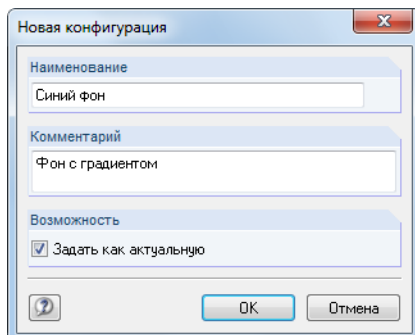


Рисунок 3.24: Диалоговое окно *Новая конфигурация*

Настройки

Кнопки в разделе *Настройки* служат для открытия отдельных диалоговых окон с возможностью настроек различных параметров. Они описаны в следующей таблице.








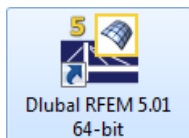
Кнопка	Описание	Функция
	Свойства отображения	Открывает диалоговое окно <i>Свойства отображения</i> → раздел 11.1.2, страница 449
	Возможности программы	Открывает диалоговое окно <i>Возможности программы</i> с несколькими вкладками → раздел 7.3.3, страница 297 → раздел 9.10, страница 409 → раздел 11.1.1, страница 448 → раздел 11.1.4, страница 454
	Панели инструментов и меню	Открытие диалоговое окно <i>Редактирование</i> → раздел 3.4.2, страница 23
	Границы рисунка и коэффициенты растяжения	Открывает диалоговое окно <i>Отобразить границы рисунка и коэффициенты растяжения</i> → раздел 11.3.11, страница 493
	Цвет таблиц	Открывает диалогового окна <i>Цвет</i> для настройки цвета в таблицах → раздел 11.5.4, страница 527
	Шрифты таблиц	Открытие диалогового окна <i>Шрифты</i> для настройки шрифтов в таблицах → раздел 11.5.4, страница 527
	Верхний и нижний колонтитулы распечатки протокола результатов	Открытие диалогового окна <i>Заголовок распечатки протокола результатов</i> → раздел 10.1.4, страница 419

Таблица 3.8: Функции кнопок в разделе диалога *Настройки*

4. Данные о модели конструкции



Запуск программы RFEM

Запуск программы осуществляется из меню *Пуск* ОС Windows или с помощью щелчка на значок *Dlubal* на рабочем столе.

Вводить данные о модели конструкции можно только после создания модели или после ее открытия (см. раздел 12.2, страница 598).

Программа RFEM предлагает несколько возможностей для ввода данных. Пользователь может задать объекты в **диалоговом окне**, в **таблице**, или непосредственно в **графическом окне**. Все вводимые данные синхронизируются, т.е. ввод данных и изменения, введенные в графическом виде, непременно отображаются в таблице, и наоборот.

На первых шагах при работе с программой RFEM, рекомендуется пройти вводный пример, который находится среди файлов для скачивания на нашем сайте:

<https://www.dlubal.com/ru/skachat-instrukcii.aspx>

Открытие диалогового окна для ввода данных

Диалоги для ввода данных и ввод данных в графическом виде можно открыть различными способами:

Главное меню *Вставить*

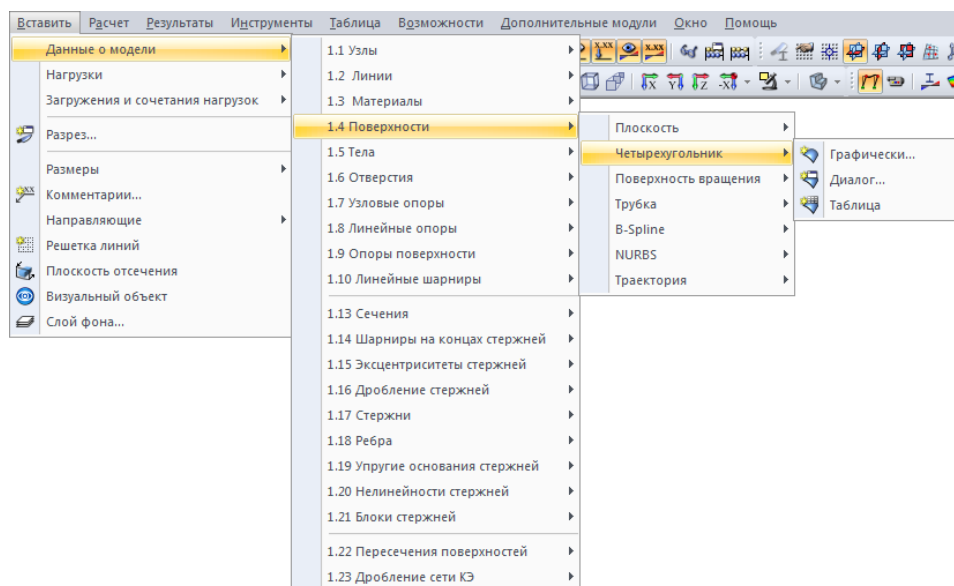


Рисунок 4.1: Главное меню *Вставить* → *Данные о модели*

Панель инструментов *Вставить*



Рисунок 4.2: Панель инструментов *Вставить*

Контекстное меню навигатора *Данные*

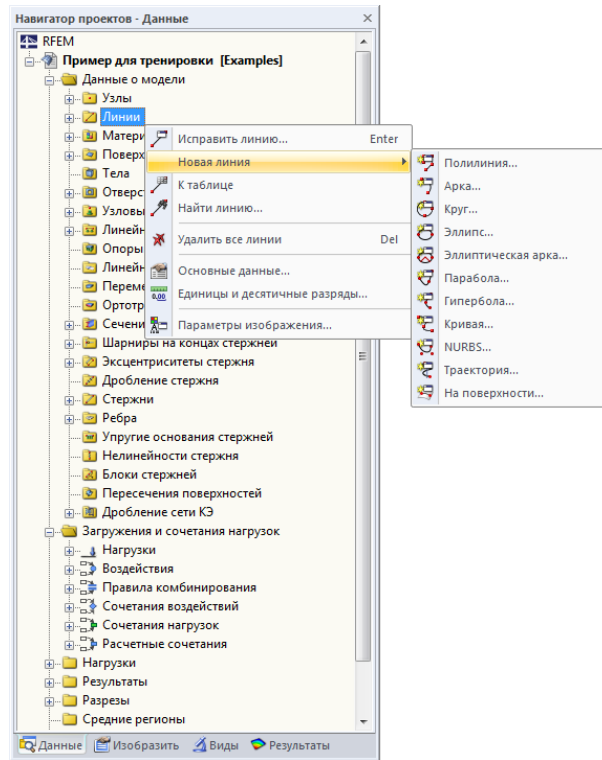


Рисунок 4.3: Контекстное меню объектов модели навигатора *Данные*

Контекстное меню пунктов таблицы или двойной щелчок на пункты

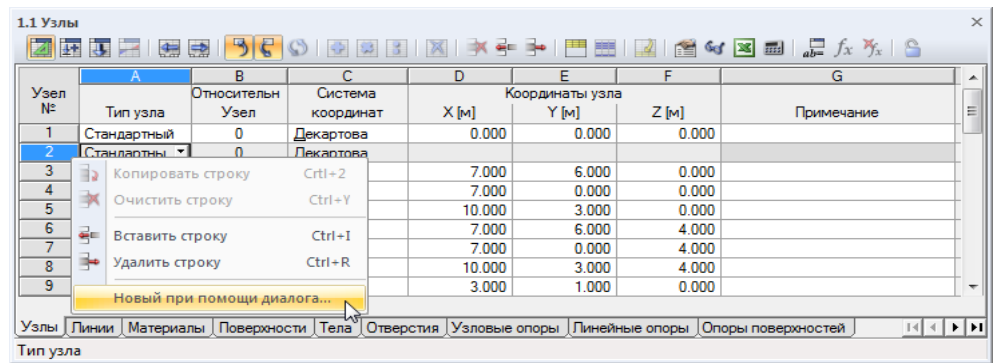


Рисунок 4.4: Контекстное меню в таблицах с данными о модели

Диалоговое окно ввода можно открыть с помощью контекстного меню номеров строки в таблице или с помощью двойного щелчка на номера строк.

Открытие диалогового окна для редактирования данных

Диалоговое окно для редактирования отдельных объектов модели можно в программе RFEM открыть следующим образом:

Главное меню *Исправить*

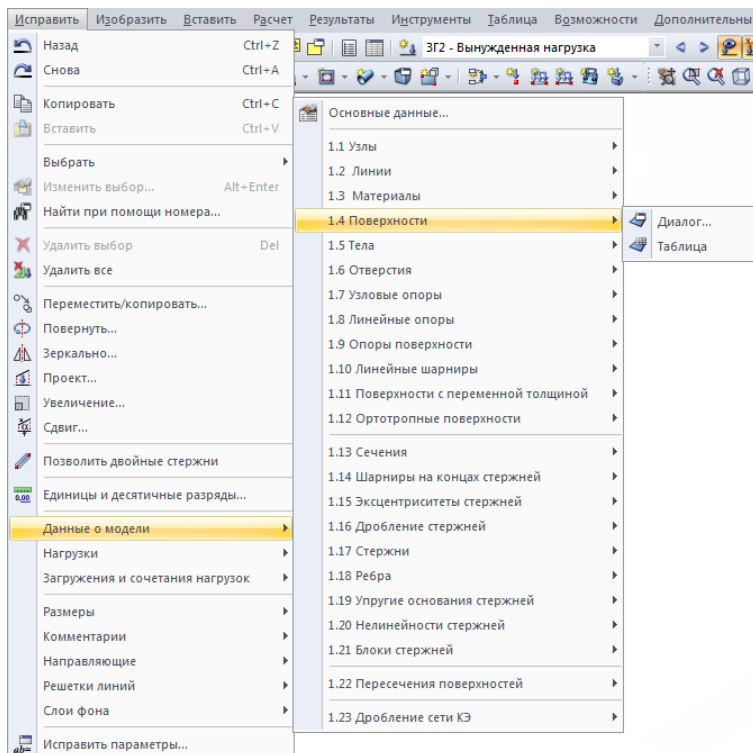


Рисунок 4.5: Главное меню *Исправить* → *Данные о модели*

Контекстное меню объекта в графическом окне или двойной щелчок на объек- ты

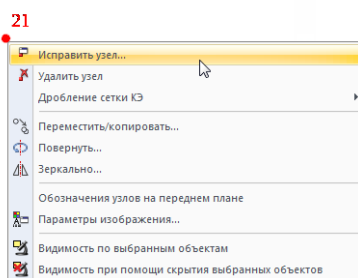


Рисунок 4.6: Контекстное меню узла в рабочем окне

Контекстное меню пунктов навигатора *Данные* или двойной щелчок на пункты

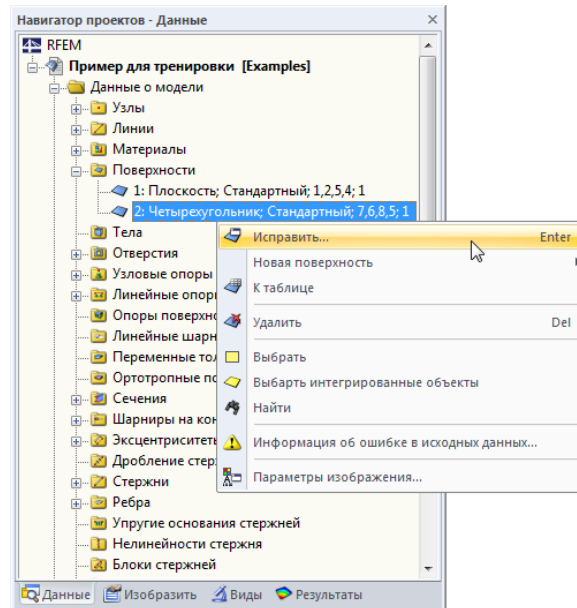


Рисунок 4.7: Контекстное меню конструктивных элементов навигатора *Данные*

Контекстное меню пунктов таблицы или двойной щелчок на пункты таблицы

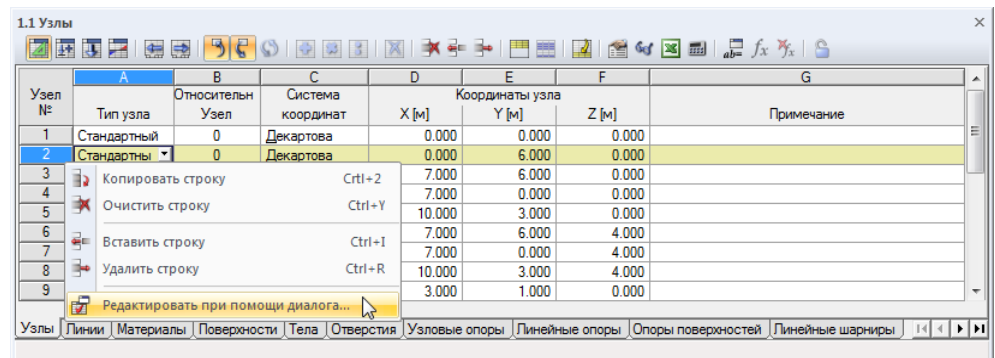


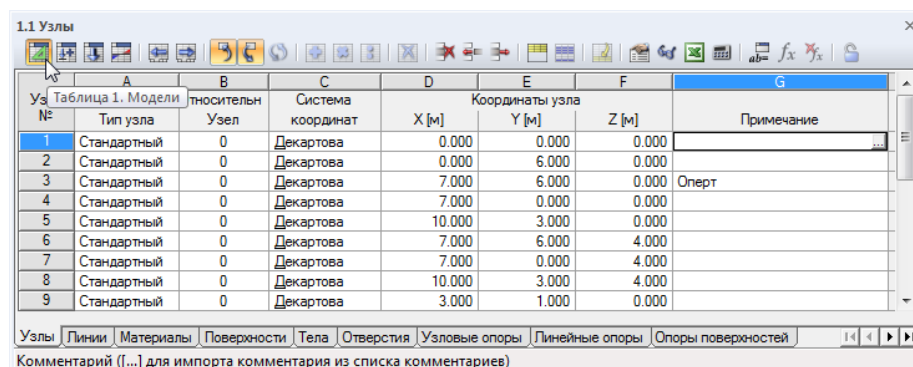
Рисунок 4.8: Контекстное меню в таблицах с данными о модели

Диалоговое окно для редактирования данных можно открыть с помощью контекстного меню номеров строк или двойным щелчком на номера строк.

Ввод в таблицы



Ввод и изменения, осуществляемые в графическом пользовательском интерфейсе, сразу же отображаются в таблицах, и наоборот. Таблицы с данными о модели откроются после щелчка на соответствующую кнопку, которая находится в самом левом углу на панели инструментов в окне таблиц.



Уз №	Таблица 1. Модели		Система координат	Координаты узла			Примечание
	Тип узла	Узел		X [м]	Y [м]	Z [м]	
1	Стандартный	0	Декартова	0.000	0.000	0.000	
2	Стандартный	0	Декартова	0.000	6.000	0.000	
3	Стандартный	0	Декартова	7.000	6.000	0.000	Оперт
4	Стандартный	0	Декартова	7.000	0.000	0.000	
5	Стандартный	0	Декартова	10.000	3.000	0.000	
6	Стандартный	0	Декартова	7.000	6.000	4.000	
7	Стандартный	0	Декартова	7.000	0.000	4.000	
8	Стандартный	0	Декартова	10.000	3.000	4.000	
9	Стандартный	0	Декартова	3.000	1.000	0.000	

Рисунок 4.9: Кнопка [Таблица 1. Данные о модели]

Данные в таблицах можно быстро редактировать или импортировать (см. раздел 11.5, страница 519).



В таблицах и в навигаторе *Данные* неиспользуемые объекты выделены синим цветом.

Во всех диалогах и таблицах можно для подробной информации добавить к объекту *Комментарий*. При этом можно использовать уже предварительно заданные комментарии (см. раздел 11.1.4, страница 453). Комментарии отображаются как часть всплывающей подсказки у в графическом виде объектов.

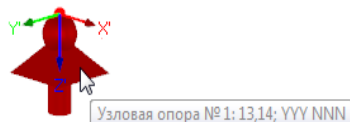


Рисунок 4.10: Всплывающая подсказка у узловой опоры

4.1 Узлы

Общее описание

Узлы в программе RFEM используются для описания геометрии модели. Они необходимы для создания линий, а таким образом, и стержней, поверхностей и тел. Каждый узел в пространстве определяется координатами (X,Y,Z). Координаты обычно относятся к началу глобальной системы координат, но также их можно ввести по отношению к другому узлу.

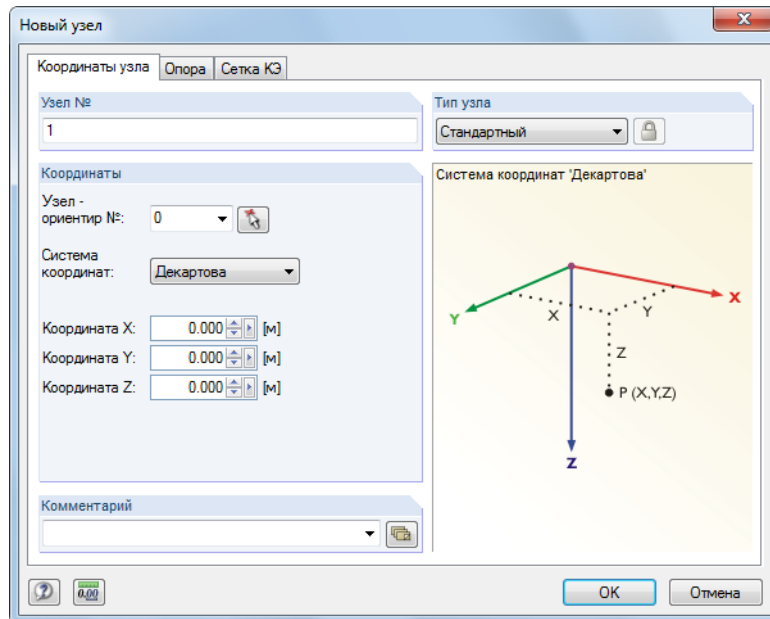
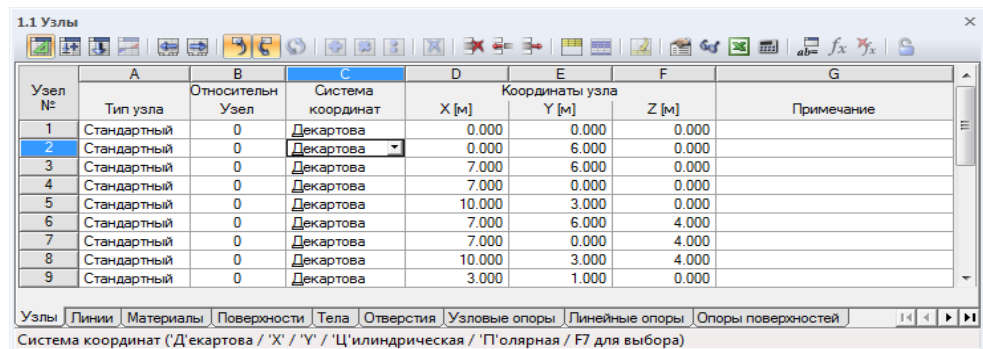


Рисунок 4.11: Диалоговое окно *Новый узел*



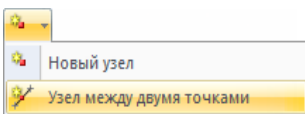
Узел №	A Тип узла	B Относительн Узел	C Система координат	E Координаты узла			G Примечание
				D X [m]	Y [m]	F Z [m]	
1	Стандартный	0	Декартова	0.000	0.000	0.000	
2	Стандартный	0	Декартова	0.000	6.000	0.000	
3	Стандартный	0	Декартова	7.000	6.000	0.000	
4	Стандартный	0	Декартова	7.000	0.000	0.000	
5	Стандартный	0	Декартова	10.000	3.000	0.000	
6	Стандартный	0	Декартова	7.000	6.000	4.000	
7	Стандартный	0	Декартова	7.000	0.000	4.000	
8	Стандартный	0	Декартова	10.000	3.000	4.000	
9	Стандартный	0	Декартова	3.000	1.000	0.000	

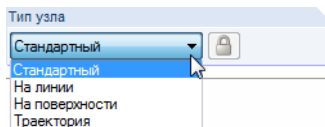
Рисунок 4.12: Таблица 1.1 *Узлы*

Номер узла в диалоговом окне *Новый узел* определяется автоматически, но его можно изменить. Порядок нумерации не играет никакой роли, нет необходимости вводить номера по порядку.

С помощью команды **Перенумеровать** из главного меню **Настройки** можно дополнительно изменить нумерацию узлов (см. раздел 11.4.18, страница 517).

В программе RFEM есть специальная функция, с помощью которой можно создать узел на соединяющей два уже существующих узла линии. (см. раздел 11.4.12, страница 512).





Тип узла

По умолчанию

Данный тип узла используется наиболее часто. Узлы по умолчанию можно ввести где-либо в пространстве или прямо в графическом рабочем окне или задать координаты в диалоговом окне или таблице. При графическом вводе линии или поворачивающихся поверхностей, будут также созданы узлы по умолчанию.

Узлы типа по умолчанию выделены в графическом окне красным цветом.

На линии

Данный тип узла не разделяет линию на две части, и линия, таким образом, сохраняется без изменений. Параметр узла δ описывает относительное расстояние узла от начального узла линии.

Узел на линии позволяет вводить узловую нагрузку в любом месте на линии или задать узел сетки КЭ.

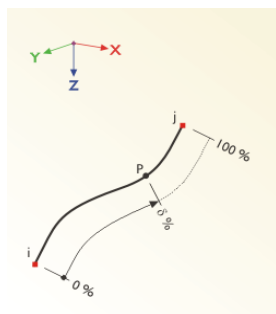


Рисунок 4.13: Узел на линии

Узлы типа на линии выделены в графическом окне по умолчанию светло-голубым цветом.

На поверхности

В случае изогнутой четырехугольной поверхности в большинстве случаев трудно определить координаты размещенных в ней узлов. Узлы типа *На поверхности* вводятся прямо в графическом окне на четырехугольной поверхности. Параметры узла δ_1 и δ_2 относятся к четырем угловым узлам поверхности.

Данный тип узлов позволяет вводить узловую нагрузку в любом месте на изогнутой поверхности или задавать узел сетки КЭ.

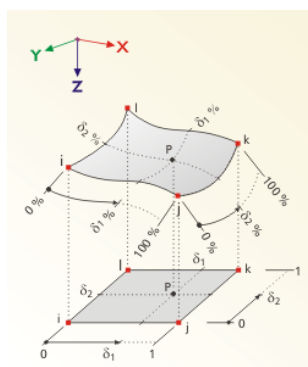


Рисунок 4.14: Узел на поверхности

В таблице координаты узлов сохраняются в декартовой системе координат. Узлы типа на поверхности в графическом окне выделены по умолчанию светло-голубым цветом. У плоской поверхности данные узлы используются по умолчанию.

Траектория

Узел данного типа используется в случае создания кривой спиральной траектории (см. раздел 4.2, страница 61). Параметр узла δ описывает относительное расстояние от начального узла линии.

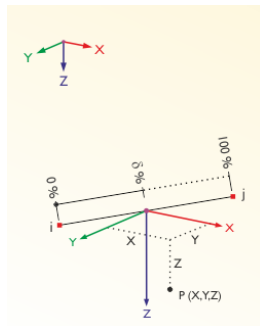


Рисунок 4.15: Траектория

Узел типа *Траектория* в графическом окне обозначен по умолчанию темно-зеленым цветом.

Узел отсчета

Как правило, координаты узла относятся к началу глобальной системы координат. Узел (0/0/0) не требуется определять, программа RFEM распознает начало глобальной системы координат автоматически.

В качестве узла отсчета может служить любой узел, даже узел с более высоким номером, чем номер введённого узла. Соотнести узел к другому узлу полезно, когда, например, требуется ввести новый узел на точном расстоянии от определенного известного места. Поэтому, в списке данного столбца таблицы, специально предлагается возможность выбора "*Предыдущий узел*" в качестве узла отсчета.



В диалоговом окне *Новый узел* можно узел отсчета ввести непосредственно, также его можно выбрать из списка или определить его с помощью функции [↖] с помощью щелчка в графическом окне.

Система координат

Координаты узла всегда относятся к системе координат, которая описывает положение узла в рабочем пространстве. Программа предлагает несколько типов систем координат. Все системы координат направлены по часовой стрелке.

Декартова система координат

Глобальные оси X, Y и Z описывают поступательное расширение (линейное). Все направления координат равносильны.

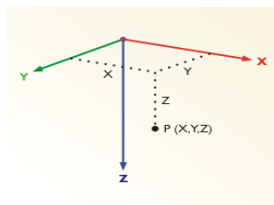


Рисунок 4.16: Декартова система координат

Узлы в большинстве случаев заданы в декартовой системе координат.

X-цилиндрическая система координат

Ось X описывает поступательное расширение. Радиус R определяет расстояние узла от оси X. Угол θ определяет Вращение координат относительно оси X из исходной позиции.

X-цилиндрическая система координат применяется, например, для описания трубчатых конструкций, у которых ось X представляет центральную ось.

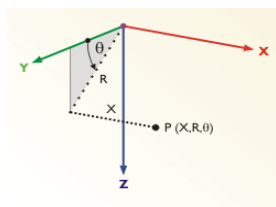


Рисунок 4.17: X-цилиндрическая система координат

Y-цилиндрическая система координат

В отличие от X-цилиндрической системы координат, продольной осью является ось Y.

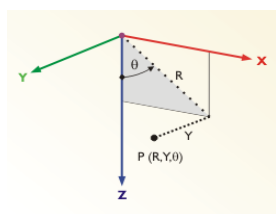


Рисунок 4.18: Y-цилиндрическая система координат

Z-цилиндрическая

В отличие от X-цилиндрической системы координат, продольной осью является ось Z.

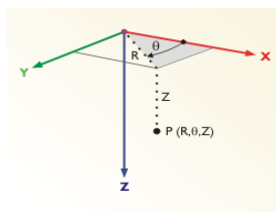


Рисунок 4.19: Z-цилиндрическая система координат

Полярная

В полярной системе координат позиция узла описаны с помощью радиуса, который показывает расстояние узла от исходной точки, и с помощью углов θ и Φ .

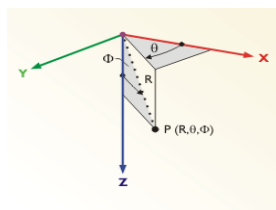


Рисунок 4.20: Полярная система координат



Модель конструкции желательно вводить в глобальной системе координат таким образом, чтобы оси X, Y и Z совпадали с основными направлениями несущей конструкции. Это значительно облегчает определение координат, граничных условий и нагрузок.

При вводе узлов в графическом окне, узлы можно разместить непосредственно в рабочем окне с помощью указателя мыши. Узлы обычно закрепляются в тех точках сетки, которые расположены в текущей, заданной пользователем, системе координат или в глобальной системе координат.

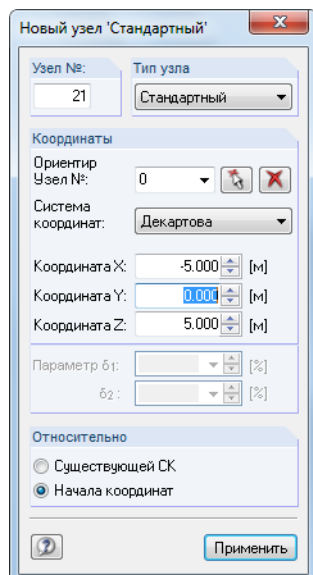


Рисунок 4.21: Плавающее диалоговое окно *Новый узел*

Дополнительная информация о заданных пользователем системах координат находится в разделе 11.3.4 на странице 475.

В случае дополнительного изменения системы координат, программа может координаты узла автоматически пересчитать по отношению к новой системе. Сначала будет отображен следующий запрос.

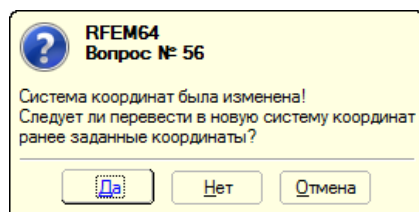


Рисунок 4.22: Запрос в программе RFEM

Так же можно пересчитать координаты узла, введенного по отношению к *предыдущему* узлу, относительно началу системы координат.

Координаты узла

Координаты узла вводятся пользователем в выбранной системе координат. При моделировании 3D конструкции, узел точно определяется величинами координат X, Y и Z, или радиусом и углами. Параметры и названия столбцов таблицы изменяются в зависимости от выбранной системы координат.

Если тип модели конструкции будет изменен на 2D пластину или стену, возможно получить доступ ко всем трем полям ввода или столбцам.



Изменения *длины и углов* можно производить в диалоговом окне с помощью выбора **Единицы и десятичные разряды** в меню **Редактировать**, или с помощью щелчка на соответствующую кнопку в диалоговом окне ввода узла.

С помощью следующей процедуры можно проверить расположение всех узлов в одной плоскости: выберите соответствующие узлы, а затем двойным щелчком на один из них откройте диалоговое окно *Редактировать узел*.

Данные координат заполны только в полях ввода, значения которых соответствуют всем выбранным узлам. В обратном случае, можно назначить единую координатную плоскость текущим выбранным узлам.

Координаты узла Можно также импортировать из программы Excel (см. раздел 11.5.6, страница 529) или рассчитать их с помощью решателя формул программы RFEM (см. раздел 11.6, страница 532). Пользователь может воспользоваться несколькими, облегчающими ввод координат узлов, генераторами модели (см. раздел 11.7.2, страница 548).

Функция *Полная точность* в диалоговом окне *Новый узел* позволяет вводить точные неокругленные координаты.

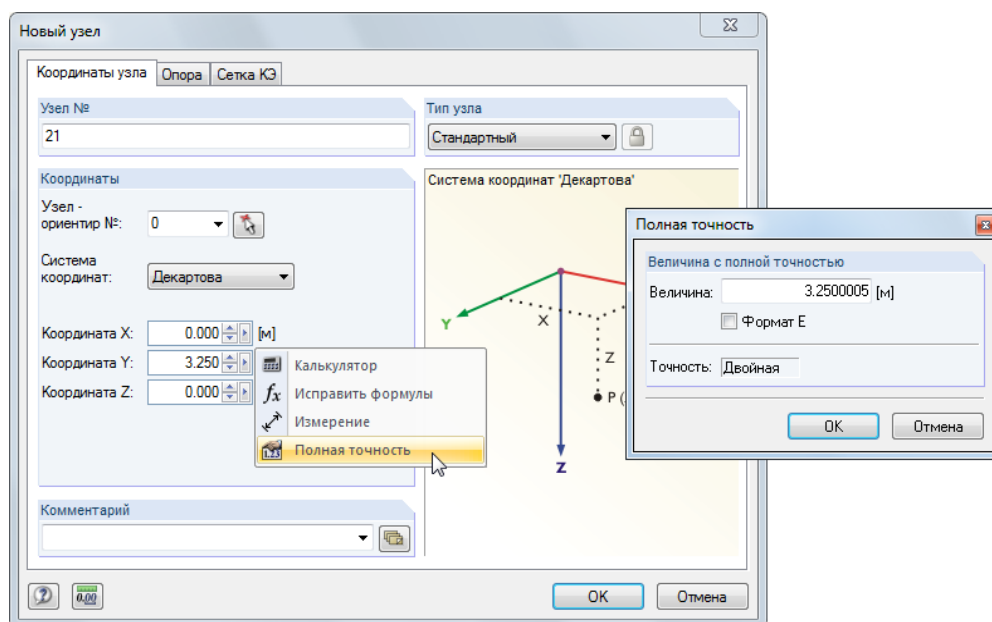


Рисунок 4.23: Контекстное меню в диалоговом окне *Новый узел* и диалоговом окне *Полная точность*

Комментарий



Данное поле предназначено для собственных комментариев пользователя. С помощью кнопки [Применить комментарий] можно импортировать сохраненные комментарии (см. раздел 11.1.4, страница 453).



У узлов, которые возникают в программе RFEM при создании пересечения или вращательной поверхности, появляется комментарий *Генерированный*. С помощью слева доступной в диалоговом окне и в таблице кнопки можно созданные узлы "разблокировать", то есть узлы станут доступны для изменений.

4.2 Линии

Общее описание



В программе RFEM линии используются для описания геометрии модели. Они необходимы для создания стержней, поверхностей и тел. Каждая линия определяется начальным и конечным узлом. У сложных типов линий дополнительно требуется определить промежуточные узлы.

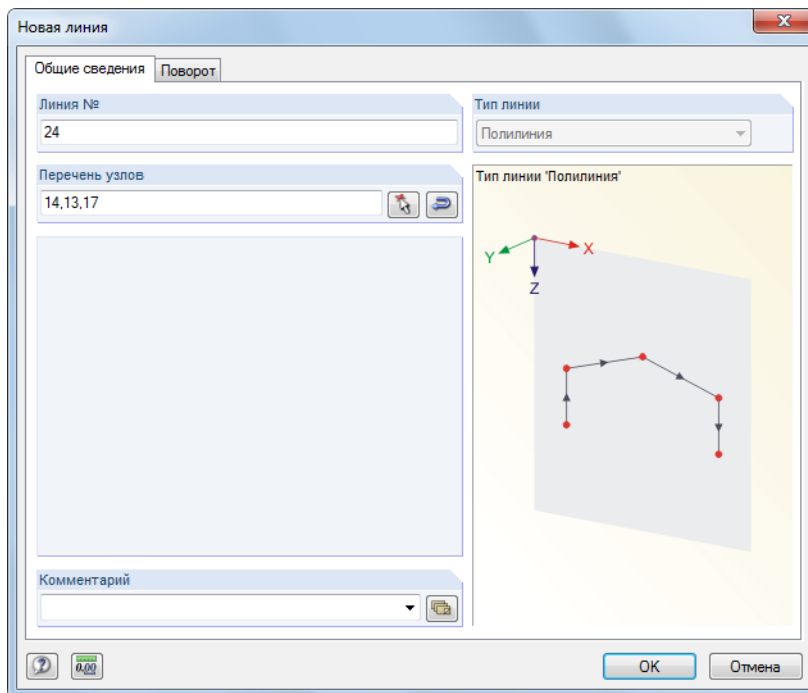
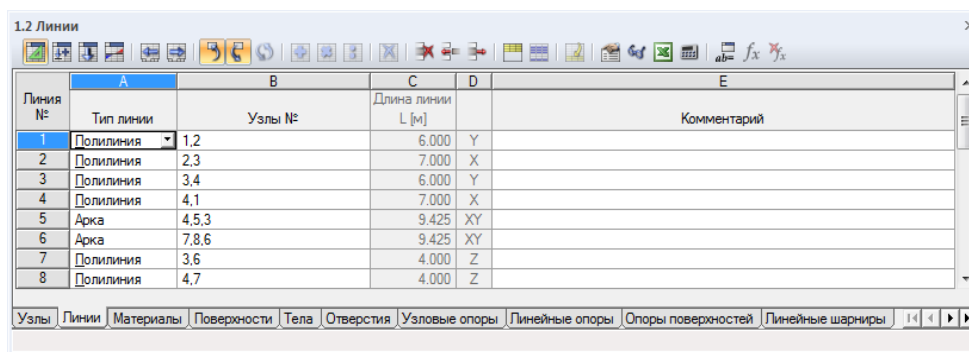


Рисунок 4.24: Диалоговое окно *Новая линия*



Линия №	Тип линии	Узлы №	Длина линии L [m]	Комментарий
1	Полилиния	1,2	6.000	Y
2	Полилиния	2,3	7.000	X
3	Полилиния	3,4	6.000	Y
4	Полилиния	4,1	7.000	X
5	Арка	4,5,3	9.425	XY
6	Арка	7,8,6	9.425	XY
7	Полилиния	3,6	4.000	Z
8	Полилиния	4,7	4.000	Z

Рисунок 4.25: Таблица 1.2 *Линии*

Номер линии автоматически определяется в диалоговом окне *Новая линия*, но его можно изменить в поле ввода. Порядок нумерации линий не имеет никакого значения.

С помощью команды **Изменить нумерацию** в меню **Настройки** можно дополнительно менять нумерацию линий (см. раздел 11.4.18, страница 517).

Тип линии

Использовать можно следующие, доступны для выбора в меню, а также в списке в таблице, типы линий.

- Одиночная линия
- Ломаная линия (полилиния)
- Дуга
- Окружность
- Эллипс
- Дуга эллипса
- Парабола
- Гипербола
- Кривая
- Рациональная совокупность неоднородных сложнопрофильных кривых
- Траектория
- Линия на поверхности

На следующих страницах описаны различные типы линий.

Узлы

Каждая линия с точки зрения геометрии определена начальным и конечным узлами. Ими также определяется направление линии, которое влияет на направление местной системы координат линии. Узлы можно вводить вручную или в графическом виде с помощью указателя мыши (см. раздел 4.1, страница 46). Контрольные точки или промежуточные узлы перечислены вместе с другими узлами в списке в случае, когда они необходимы для определения линии.

В навигаторе *Изобразить* задается отображение направления линии в модели.

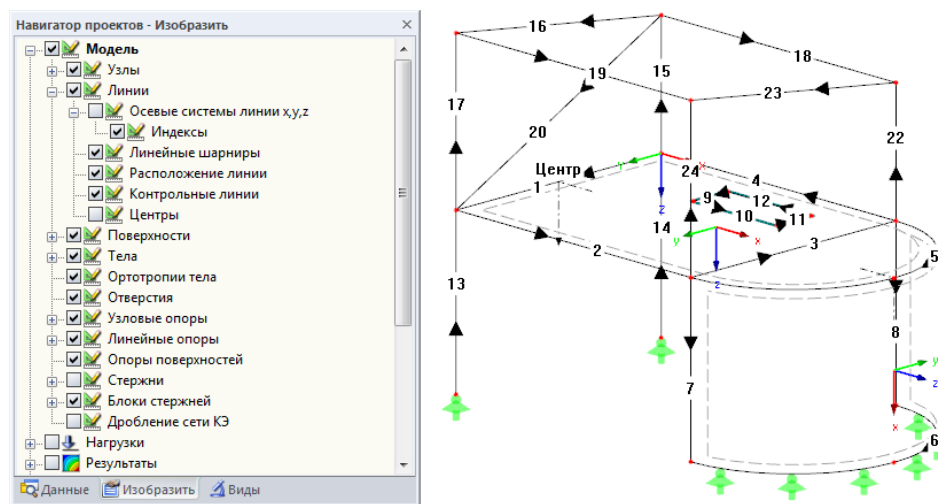


Рисунок 4.26: Включение отображения *Направление линий* в навигаторе *Изобразить*



Направление линий можно быстро изменить в графическом виде: щелкните правой кнопкой мыши на линии и в контекстном меню и выберите команду *Обратное направление линий*. Номера начального и конечного узла поменяются местами.

Отображение системы координат линий и их описание можно включить из навигатора *Изобразить*: Выберите *Модель* и *Линии*, укажите на *Системы осей x, y, z* включая *Индексы* (см. Рисунок 4.96, страница 108).

Длина линии

В данном столбце в таблице показана общая длина линии.

Положение

В столбце таблицы **D** предоставлена информация о том, с какой глобальной осью линия параллельна или в какой глобальной плоскости линия находится. Отсутствие в данном столбце каких-либо данных говорит о том, что линия находится в произвольном положении в пространстве.

Комментарий



В данном поле пользователь может ввести собственный комментарий. С помощью кнопки [Применить комментарий] можно импортировать уже сохраненные комментарии (см. раздел 11.1.4, страница 453). У линии, которую создала программа RFEM (например, труба), появляется комментарий 'Созданная'.

Линия / ломаная линия

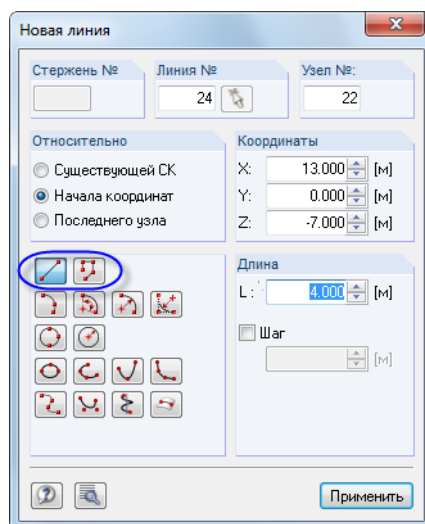


Рисунок 4.27: диалоговое окно *Новая линия*

Для ввода линии в выпадающем меню откройте диалоговое окно *Новая линия*, как показано на Рисунок 4.24 на странице 52. На рисунке выше показано общее диалоговое окно для создания линии при вводе в графическом виде, которое доступно с помощью соответствующей кнопки на панели инструментов.



"Реальная" **линия** определяется только одним начальным и одним конечным узлом. Такая линия представляет собой прямую связь между двумя узлами.



Ломаная **линия** представляет собой многоугольную цепь, состоящую из нескольких прямых участков. В списке узлов в диалоговом окне (см. Рисунок 4.24) поэтому в дополнение к номерам начального и конечного узлов появляются номера промежуточных узлов. Для упрощения "реальные" линии обрабатываются в программе подобным как ломаные линии образом.

При вводе ломаной линии в графическом окне, уже существующие узлы, точки сетки или другие объекты привязки, могут быть выбраны в качестве определяемых линию узлов. Кроме того, Можно также свободно устанавливать узлы в рабочей плоскости.



Например, если линейные нагрузки или линейные опоры действуют только на определенных участках ломаной линии, то ломаную линию можно дополнительно разделить на "реальные" линии: щелкните правой кнопкой мыши на ломаную линию и выберите в контекстном меню *Разделить ломаную линию*.... Данную функцию Можно также открыть в

меню *Редактировать*, указать пункт *Данные модели* и далее пункт *Линии*, и потом выбрать *Разделить ломаную линию*.

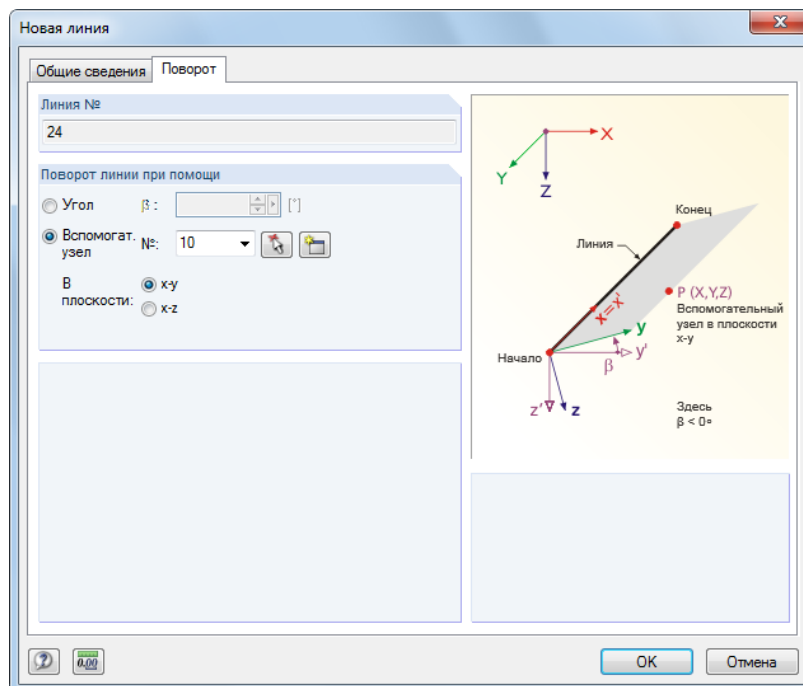


Рисунок 4.28: Диалоговое окно *Новая Линия*, вкладка *Вращение*



Во второй вкладке диалогового окна *Новая линия* можно задать *Вращение* линии. Линию можно повернуть на точный угол β или можно местную ось y , или ось из данной линии выровнять по определенному *вспоминающему узлу*. Вспомогательный узел можно выбрать из перечня или ввести его в графическом окне, или создать абсолютно новый узел.

Вращение линии может упростить ввод нагрузок на линии, которые должны действовать в направлении местных осей линии. Вращение линии не влияет на поверхности или стержни, у которых имеется собственная система координат.

Отображение местных осевых систем линии показано на Рисунок 4.96 на странице 108.

Дуга

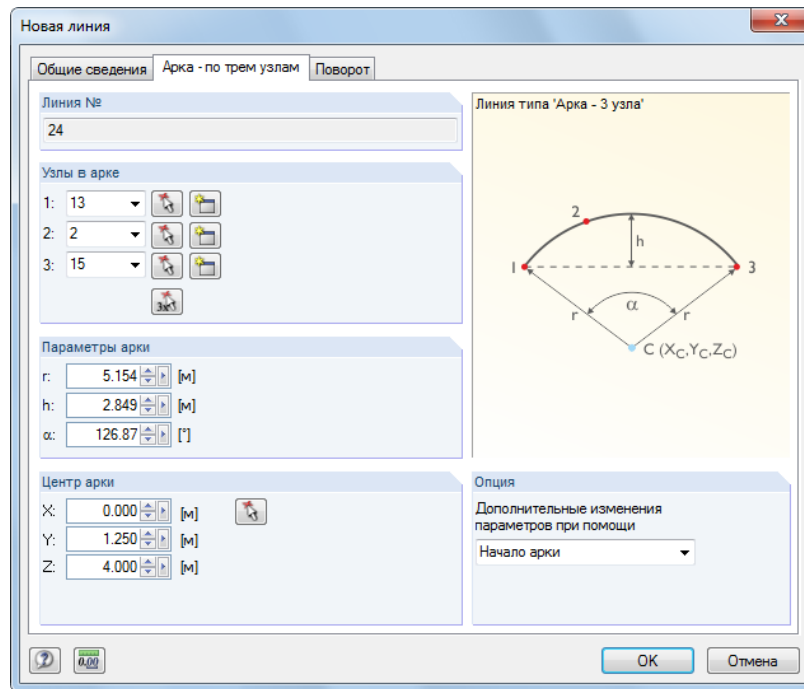
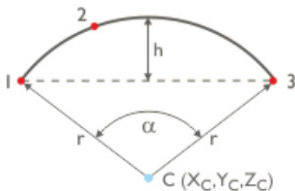


Рисунок 4.29: Диалоговое окно *Новая линия*, вкладка *Дуга*



Дугу можно задать несколькими различными способами:

- с помощью трех узлов
- с помощью центра, крайних узлов и угол раскрытия
- с помощью крайних узлов и радиуса, угла раскрытия или подъема
- с помощью касательной и радиуса



В разделе диалога *Узлы дуги* можно задать непосредственно начальный, промежуточный и конечный узел. Узлы можно выбрать также в графическом окне. Можно также создавать новые узлы. Порядок узлов показан в небольшом графическом диалоге.

На основании данных трех узлов, программа RFEM определяет *Параметры дуги* и указывает их ниже в разделе диалога. Тем не менее, радиус r , подъем h и угол раскрытия α можно дополнительно изменить в соответствующих полях. Программа соответствующим образом скорректирует координаты узлов.

В разделе *Центр дуги* отображаются координаты центрального узла данной дуги, которые будут рассчитаны на основании заданных узлов или параметров дуги. При изменении данных центра дуги вручную или с помощью функции [↵], координаты узлов будут скорректированы.

В списке *Последующая корректировка путем смещения узла на* можно ввести узел, для которого требуется изменить координаты.



При вводе дуги в графическом окне щелкнете на соответствующую кнопку на панели инструментов. Если требуется создать дугу *по трем узлам*, данные узлы можно выбрать непосредственно в графическом окне или ввести полностью новые узлы.

Если дуга создается с помощью одного из других методов, сначала необходимо ввести два узла (см. Рисунок 4.30 и Рисунок 4.31 слева). В следующем диалоговом окне (справа) будут установлены параметры дуги.

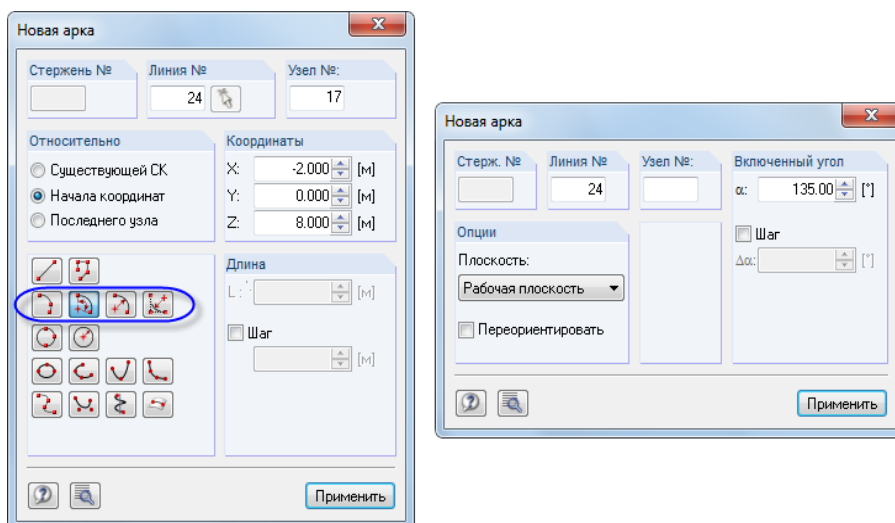
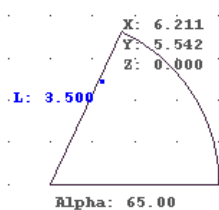


Рисунок 4.30: Диалоговое окно *Новая дуга* – ввод Дуга по центральному узлу, крайнему узлу и углу подъёма



В разделе диалога *Возможности* (Рисунок 4.30 и Рисунок 4.31 справа), можно выбрать плоскость дуги из списка. Введите *внутренний угол* α непосредственно в графическом окне или вручную в диалоговом окне и щелкните на кнопку [Применить].

Для редактирования уже заданной дуги, дважды щелкните на линию дуги в графическом окне. Откроется диалоговое окно *Редактировать линию*, в котором можно редактировать дугу во вкладке диалога *Дуга - три узла* (см.Рисунок 4.29, страница 56).

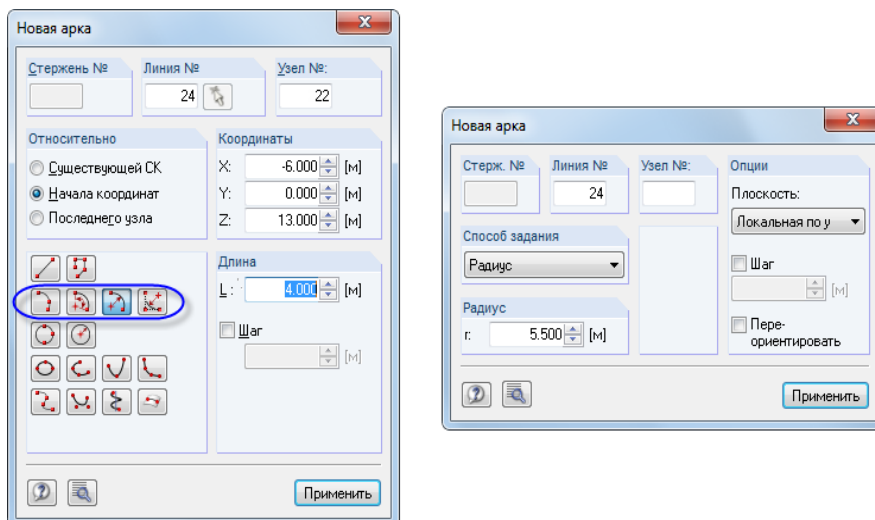
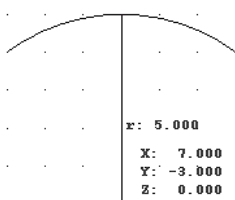


Рисунок 4.31: Диалоговое окно *Новая дуга*, ввод Дуга по крайним узлам и радиусу, углу раскрытия или подъёму



В разделе диалога *Тип ввода* (на рисунке диалоговое окно справа) выберите из перечня соответствующий параметр дуги. Затем, дугу можно создать непосредственно в графическом окне или ввести ее вручную в диалоговом окне и щелкнуть на кнопку [Применить].

В поле ввода *Шаг* определяется расстояние, на котором указатель мыши всегда остановится при создании радиуса, угла или подъёма.

Направление дуги окружности можно регулировать с помощью отметки флажка *Обратное направление*. С помощью данной функции можно настроить направление дуги "в правую" или "в левую" сторону от обоих узлов.

Окружность

Окружность можно задать с помощью следующих параметров:

- с помощью трех узлов
- с помощью центра и радиуса

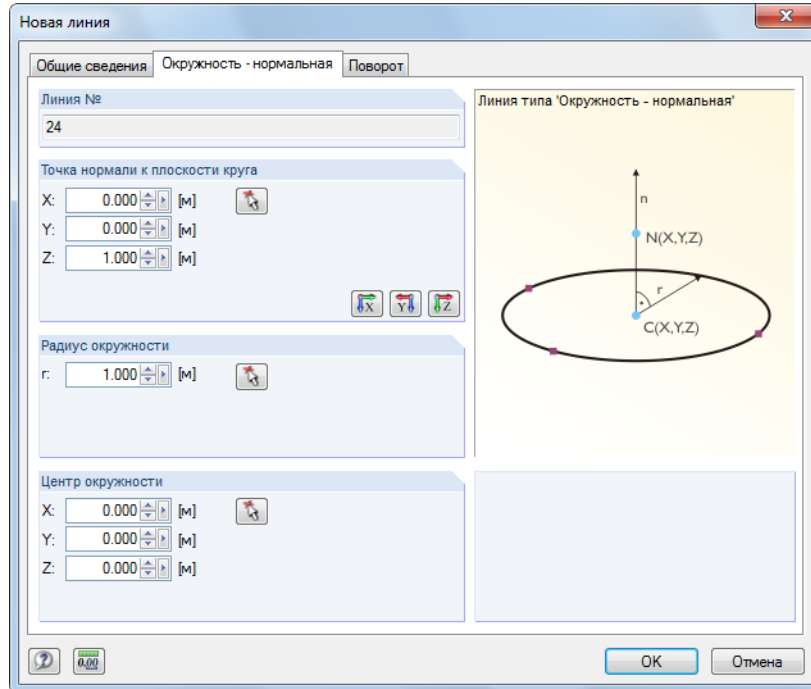
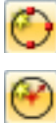


Рисунок 4.32: Диалоговое окно *Новая линия*, вкладка *Окружность – нормальная*

Радиус окружности и *Центр окружности* можно ввести вручную в диалоговом окне или с помощью функции [↵] непосредственно в графическом окне. Точка *от нормали и плоскости окружности* определяет плоскость, в которой создается окружность. Три кнопки в нижней части данного раздела предоставляют возможность выбора одной из глобальных осей.

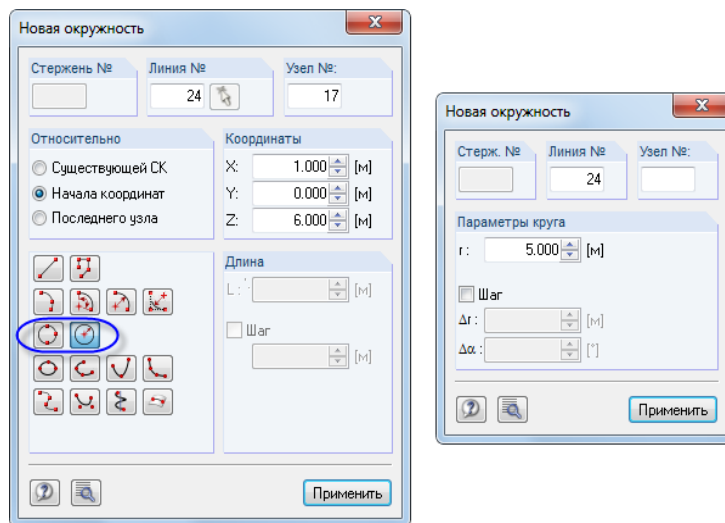
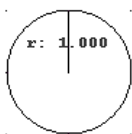


Рисунок 4.33: Диалоговое окно *Новая окружность*, ввод с помощью центра и радиуса

X: 8.000
Y: 3.000
Z: 0.000



При вводе окружности в графическом виде, щёлкнете на одну из кнопок на панели инструментов. Непосредственно в графическом окне можно выбрать или создать все три узла, или центр и радиус окружности.

Эллипс

Для определения эллипса требуется задать три узла.

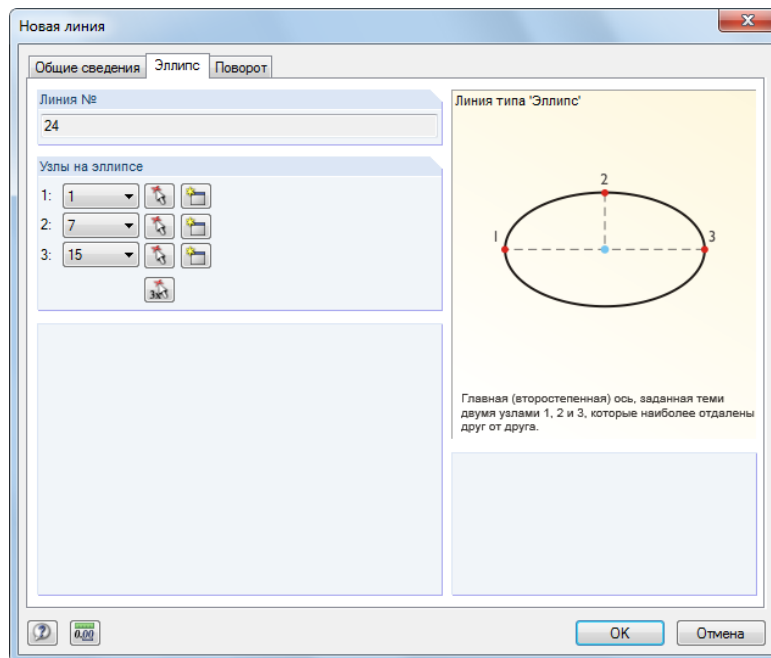
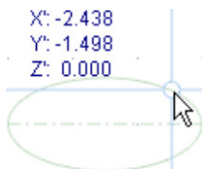


Рисунок 4.34: Диалоговое окно *Новая линия*, вкладка *Эллипс*

X': -2.438
Y': -1.498
Z': 0.000



Эллипс создается с помощью *Узлов эллипса*: Наибольшее расстояние между тремя вводными узлами считается главной осью эллипса.

При вводе эллипса в графическом виде с помощью кнопки на панели инструментов, можно требуемые три угла определить непосредственно в рабочей плоскости.

Дуга эллипса / Парабола / Гипербола

В программе можно в качестве линий задать следующие кривые конических сечений:

- Дуга эллипса
- Парабола
- Гипербола



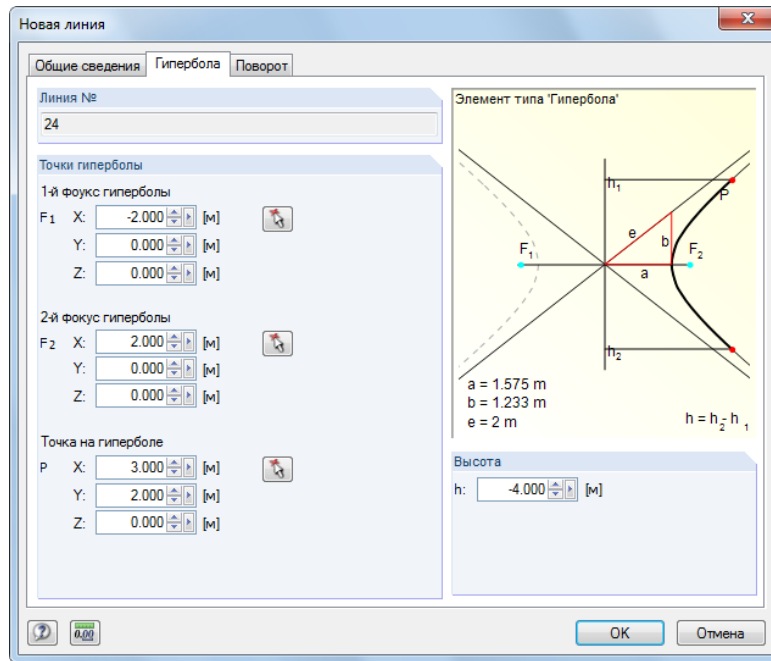
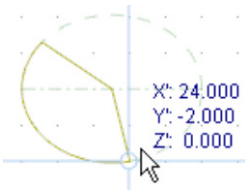


Рисунок 4.35: Диалоговое окно *Новая линия*, вкладка *Гипербола*



Введите параметры кривой (фокус, углы раскрытия, оси вращения и т.д.) вручную в соответствующей вкладке в диалоговом окне *Новая линия*. Также их можно определить в графическом виде.

При вводе данных линий в графическом виде с помощью кнопки на панели инструментов, можно определить параметры непосредственно в графическом окне.

Кривая

Сложнопрофильные кривые используются для моделирования любых кривых. Для создания данных кривых в графическом окне, последовательно указывайте с помощью щелчка определенные точки кривой линии или с помощью мыши создавайте новые.

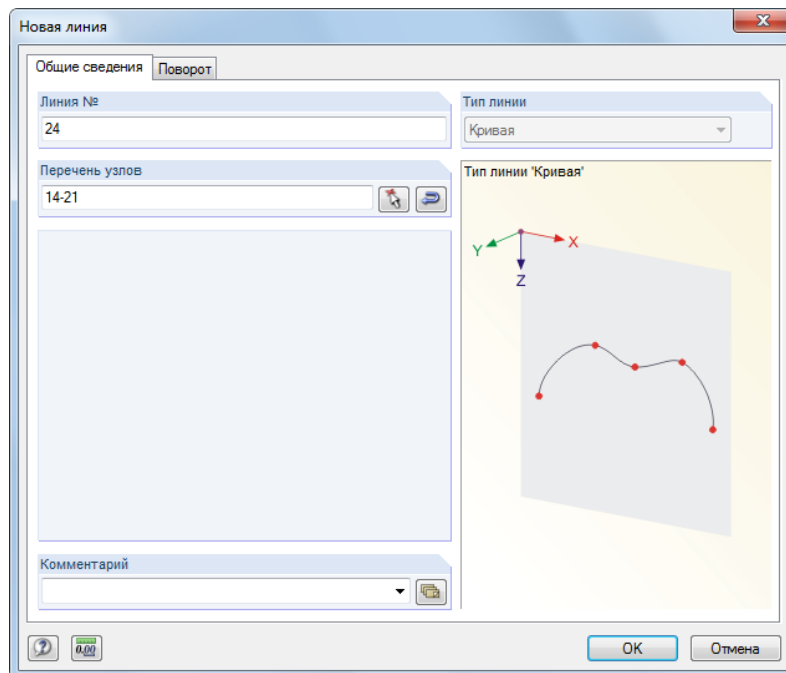


Рисунок 4.36: Диалоговое окно *Новая линия* - тип линии *Сложнопрофильная кривая*

Рациональная совокупность неоднородных сложнопрофильных кривых



NURBS - *Рациональная Совокупность Неоднородных Сложнопрофильных Кривых* - необходима для моделирования поверхностей произвольной формы. NURBS представляют собой ломаные кривые, у которых контрольные точки не располагаются прямо на кривой. Как правило, такие линии вводятся в графическом виде с помощью последовательного выбора контрольных точек или создаются с помощью щелчка мыши.

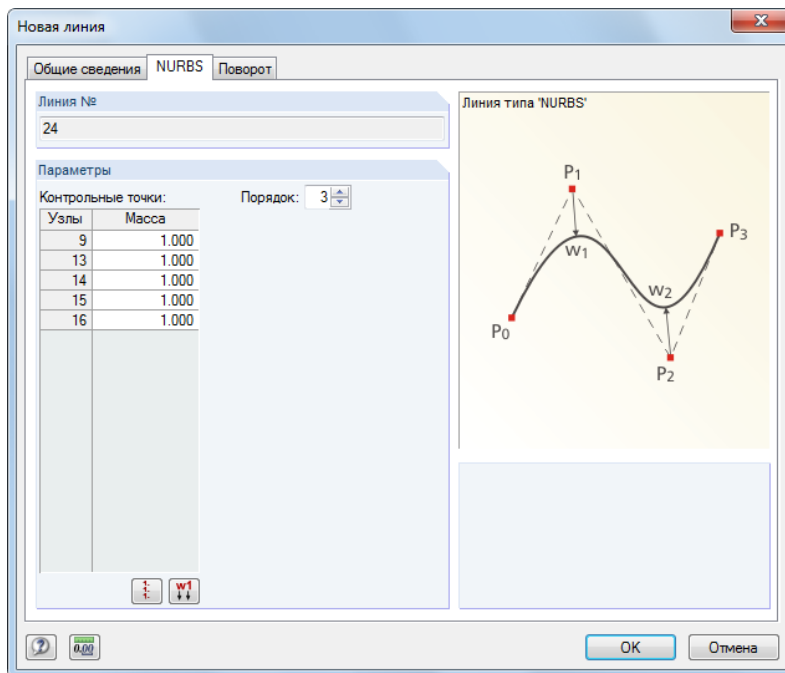


Рисунок 4.37: Диалоговое окно Новая линия - тип линии NURBS

Кривая траектории



С помощью данной функции создаются спирали. Как правило, они вводятся прямо в графическом окне после щелчка на слева отображенную кнопку на панели инструментов. Появляется следующее диалоговое окно:

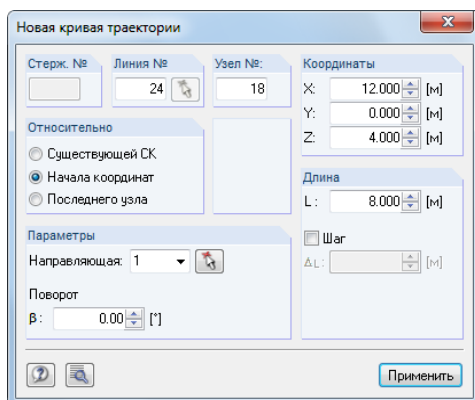


Рисунок 4.38: Диалоговое окно Новая кривая траектории



Сначала определите *координаты* начальной точки линии. Появится раздел диалога *Параметры*, в котором можно указать общий *Вращение* спирали.

Координаты конечной точки линии опять задайте в графическом окне или задайте их вручную и нажмите на кнопку [Применить]. Как вариант, можно использовать данные в

поле ввода *Длина*. Координаты конца линии потом будут рассчитаны на основании длины и заданного вращения линии.

Для настройки уже заданной кривой траектории, дважды щелкните на линию траектории. Откроется диалоговое окно *Редактировать линию*, у которого во вкладке *Траектория* можно провести необходимые изменения.

Линия на поверхности



Линии на плоских поверхностях, как правило, распознаются программой автоматически в качестве интегрированных объектов, поэтому достаточно использовать тип линии *Ломаная линия*. Если требуется установить линию на искривленной поверхности, рекомендуется использовать тип линии *Линия на поверхности*. Данный тип линии позволяет также определять линии на плоских поверхностях, которые не проходят параллельно ни одной из глобальных осей, без необходимости создания собственной пользовательской системы координат.

Диалоговое окно ввода такое же, как диалоговое окно для ввода новой ломанной линии (см. Рисунок 4.24, страница 52).



Введите начальный и конечный узлы линии в соответствующем поле ввода или выберите их в графическом окне. В плавающем диалоговом окне *Новая линия типа 'На поверхности'* можно вводить узлы также прямо на искривленной поверхности, если данная поверхность была выбрана заранее и если был обозначен тип отображения *Заполненный* или *Заполненный прозрачно*. Программа RFEM создаст узлы типа *На поверхности*.



Во второй вкладке *На поверхности* будет определена поверхность, на которой лежит линия. Здесь также можно проверить параметры δ_1 и δ_2 начального и конечного узлов (см. Рисунок 4.14, страница 47). Но данные параметры в этих полях уже нельзя изменить.

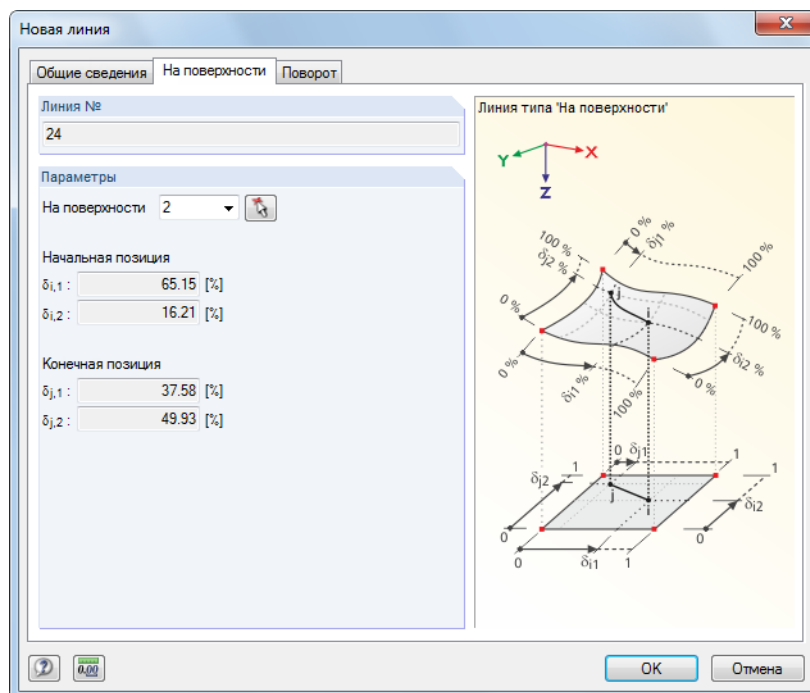
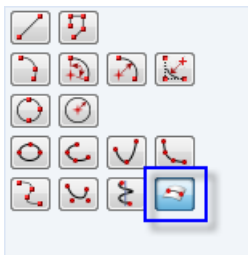


Рисунок 4.39: Диалоговое окно *Новая линия*, вкладка *На поверхности*

При вводе в графическом окне с помощью кнопки [Линия на поверхности], можно разместить узлы непосредственно на изогнутых поверхностях. Обратите внимание, что в данном случае не подходит тип отображения *Каркасная модель*.

4.3 Материалы

Общее описание

Материал необходимо вводить при определении поверхностей, сечений и тел. Свойства материала влияют на жесткость данных объектов.

Каждому материалу присваивается *Цвет*, который обычно используется для отображения объектов в представляемой модели (см. раздел 11.1.9, страница 459).

Для создания новой модели предварительно установлены два, в последний раз используемые, материала.

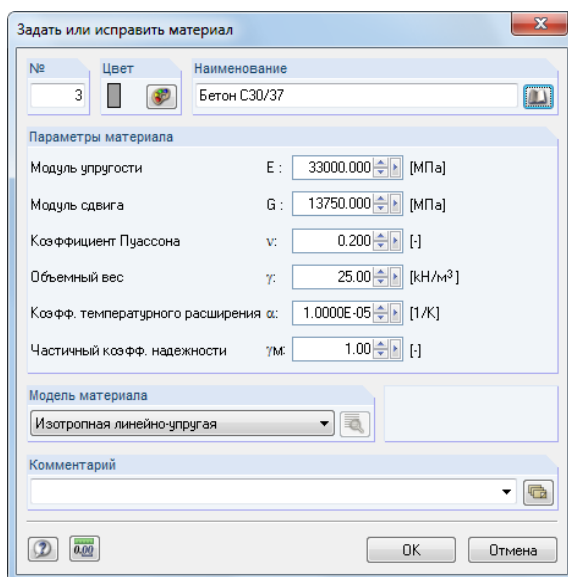
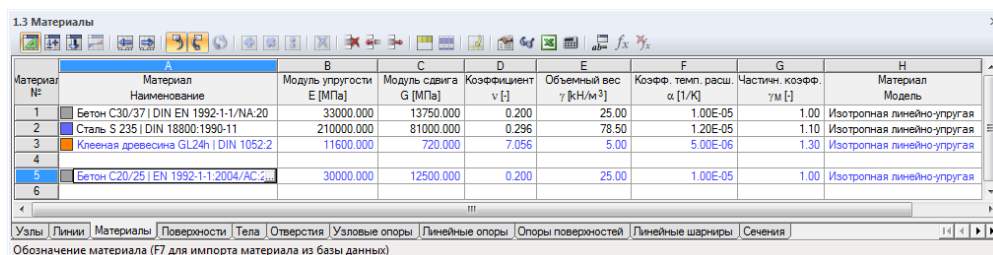


Рисунок 4.40: Диалоговое окно *Новый материал*



Материал №	Материал Наименование	В Модуль упругости E [МПа]	С Модуль сдвига G [МПа]	Д Коэффициент nu [-]	Е Объемный вес gamma [кН/м³]	Ф Коэф. темп. расш. alpha [1/К]	Г Частичн. коэф. gamma_M [-]	Н Модель
1	Бетон C30/37 DIN EN 1992-1-1/NA-20	33000.000	13750.000	0.200	25.00	1.00E-05	1.00	Изотропная линейно-упругая
2	Сталь S 235 DIN 18900:1990-11	210000.000	81000.000	0.296	78.50	1.20E-05	1.10	Изотропная линейно-упругая
3	Клееная древесина GL24h DIN 1052:2	11600.000	720.000	7.056	5.00	5.00E-06	1.30	Изотропная линейно-упругая
4								
5	Бетон C20/25 EN 1992-1-1:2004/AC:2004	30000.000	12500.000	0.200	25.00	1.00E-05	1.00	Изотропная линейно-упругая
6								

Рисунок 4.41: Таблица 1.2 *Материалы*

Обозначение материала

Пользователь может выбрать для материала любое *обозначение*. Если введенное обозначение совпадает с некоторым пунктом в базе данных материалов, программа RFEM будет импортировать свойства материала. Импорт материалов из базы данных описан позже.

Модуль упругости E

Модуль упругости (E) описывает соотношение между нормальным напряжением и осевой деформацией.

Для настройки *Материалов* нажмите на **Единицы и десятичные разряды** в меню **Редактировать**, или используйте соответствующую кнопку.



Модуль сдвига G

Модуль сдвига (G) представляет собой второй параметр, используемый для описания упругости линейного изотропного и однородного материала.



Модуль сдвига материалов из базы данных, рассчитывается по Уравнение 4.1, из модуля упругости E и коэффициента Пуассона ν . Таким образом, для изотропных материалов обеспечивается симметричная матрица жесткости. При определенных условиях данных путем рассчитанные значения модулей сдвига могут незначительно отличаться от указанных в спецификациях Еврокода значений.

Коэффициент Пуассона ν

Между модулем упругости E и G и коэффициентом Пуассона ν имеется данное соотношение:

$$E = 2G(1 + \nu)$$

Уравнение 4.1



При определении свойств изотропного материала вручную, программа RFEM автоматически рассчитывает коэффициент Пуассона из значений модуля упругости и модуля сдвига (соответственно модуля сдвига из модуля упругости и коэффициента Пуассона).

Как правило, коэффициент Пуассона у изотропных материалов находится между 0.0 и 0.5. Если значение больше чем 0.5 (например, резина), можно предполагать, что материал не является изотропным. Перед началом расчёта, отображается запрос на возможность использования ортотропного материала.

Удельная масса γ

Удельная масса γ представляет собой соотношение веса материала к единице объема.

Данная характеристика особенно важна для загрузки типа 'собственный вес'. Автоматически рассматриваемый собственный вес конструкции рассчитывается на основании удельной массы и площадей сечений используемых стержней, соответственно поверхностей и тел.

Коэффициент температурного расширения α

Данный коэффициент описывает линейное соотношение между температурными изменениями и длиной материала (увеличение длины в следствии нагревания, уменьшение длины в следствии охлаждения).

Коэффициент температурного расширения имеет значение для нагрузок типа 'Равномерная температура' и 'Неравномерная температура'.

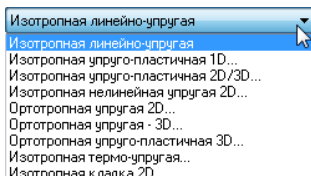
Частичный коэффициент надежности материала γ_m

Данный коэффициент описывает запас прочности на усталостное напряжение материала. Поэтому используется индекс M. Используйте коэффициент γ_m для редукции жесткости при расчёте по теории второго порядка и по теории больших деформаций (см. раздел 7.3.1, страница 288).

Не путайте коэффициент γ_m с коэффициентами надежности, которые учитываются при определении расчётных внутренних сил. Частичные коэффициенты надежности γ имеют значение при сочетании нагрузок в сочетания нагрузок и сочетаний результатов.

Модель деформирования материала

В списке представлено девять моделей деформирования материала. При необходимом подробном вводе определенных параметров, используйте кнопку [Подробнее] в диалоговом окне или в таблице.



При отсутствии лицензии на дополнительный модуль **RF-MAT NL**, можно использовать только *Изоотропная линейная упругая* и *Ортоотропная упругая 2D/3D* модель деформирования материала.

Изоотропная линейная упругая

Свойства жесткости материала не зависят от направлений. Их можно описать с помощью уравнения 4.1. При этом действуют следующие условия:

- $E > 0$
- $G > 0$
- $-1 \leq \nu < 0.5$ (для поверхностей и тел, у стержней нет верхних ограничений)

Матрица упругости (обратная матрица жесткости) для поверхностей имеет следующую форму:

$$\begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \gamma_{xy} \\ \gamma_{yz} \\ \gamma_{xz} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{E} & -\frac{\nu}{E} & & & \\ -\frac{\nu}{E} & \frac{1}{E} & & & \\ & & \frac{1}{G} & & \\ & & & \frac{1}{G} & \\ & & & & \frac{1}{G} \end{bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \tau_{xy} \\ \tau_{yz} \\ \tau_{xz} \end{Bmatrix}$$

Уравнение 4.2

Изоотропная пластичная 1D

У модели типа *3D* (см. Рисунок 12.23, страница 598), можно в соответствующем диалоговом окне задать пластические свойства. В программе RFEM данные параметры рассматриваются у стержневых элементов, например, для расчёта пластичности кинематической цепи.



Нелинейное поведение материала можно правильно определить без расчета только в случае, когда на стержне было создано достаточное количество узлов КЭ. Для этого в программе имеются следующие возможности:

- диалоговое окно *Дробить стержень с помощью n промежуточных узлов* (см.Рисунок 11.91, страница 506), тип дробления *Создать только промежуточные точки без дробления линии*.
- диалоговое окно *Настройка сетки КЭ* (см. Рисунок 7.10, страница 279), опция *Дробление использовать также для прямых стержней с минимальным количеством дроблений стержня 10*.

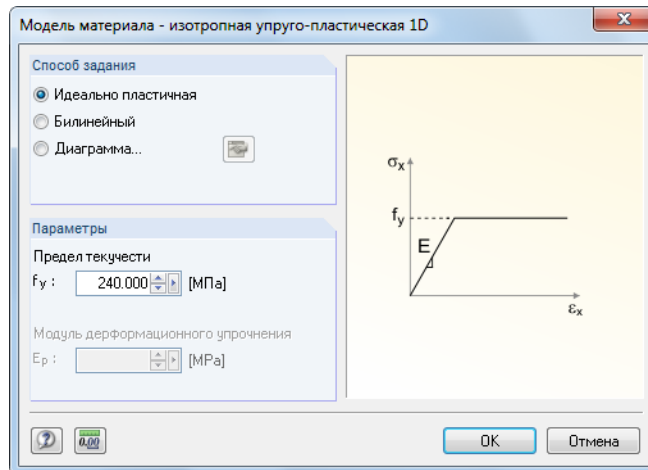


Рисунок 4.42: Диалоговое окно *Модель материала - изотропная упруго-пластическая 1D*

В диалоговом окне вводятся параметры идеально или билинейно пластичного материала. Для реального представления поведения материала можно определить также *Диаграмму деформации*.

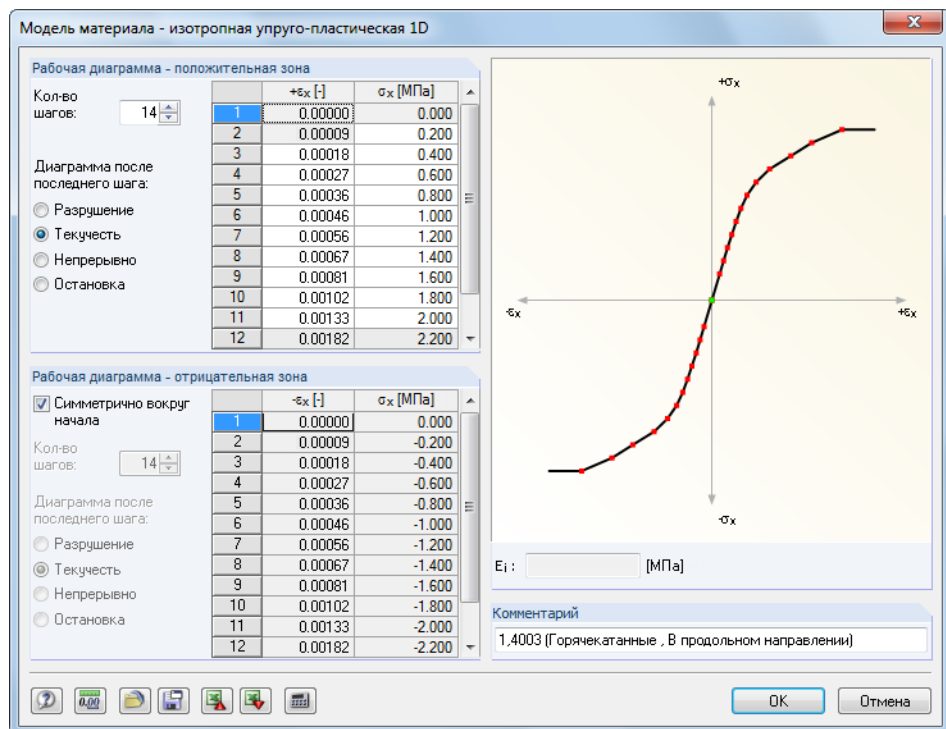


Рисунок 4.43: Диалоговое окно *Модель материала - изотропная упруго-пластическая 1D*

Свойства материала можно определить отдельно для *положительной* и *отрицательной* зоны. В поле *Количество шагов* требуется определить количество точек определения для каждой зоны. В обоих перечнях можно ввести деформации ϵ и соответствующие допустимые напряжения σ .

После ввода эюр после последнего шага имеется несколько вариантов: *разрушение* в случае разрушения материала при превышении определённого напряжения, *текучесть* для переноса, ограниченного максимальным напряжением, *непрерывно* для такого же поведения как в последнем шаге, или *остановка* при определении максимальной допустимой деформации.



Величины можно импортировать из таблицы в формате [Excel].

Свойства материала рекомендуется проверить в динамическом отображении в разделе *Рабочая диаграмма*. В поле E_i под этим рисунком отображен модуль упругости E в для текущей точки определения.



Для сохранения диаграмм деформаций и использования их в других моделях используйте кнопку диалогового окна [Сохранить как...]. С помощью кнопки [Загрузить сохраненные данные...] можно импортировать пользователем заданные диаграммы (см. Рисунок ниже).



В случае стержней с изотропно пластичными свойствами материала отметка флажка *Активировать жесткость сдвига стержней (площади сечений A_y, A_z)* в диалоговом окне *Параметры расчёта* (см. Рисунок 7.22, страница 293) не влияет на стержни. В данной модели материала используется теория балки по БЕРНУЛЛИ ЭЙЛЕР, в которой пренебрегается искажениями от сдвига.

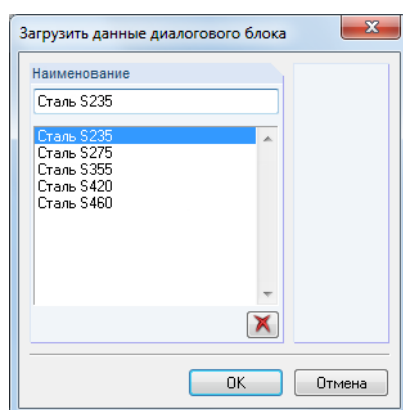


Рисунок 4.44: Диалоговое окно *Загрузить данные диалогового блока*

Изотропная пластичная 2D/3D

В случае данной модели деформирования материала в упругой зоне материал ведет себя как изотропный. Пластическая зона рассматривается на условии текучести в соответствии с Фон МизЕСОМ (J_2 пластичность) с определённым пользователем *пределом текучести* эквивалентного напряжения для поверхностей и тел.

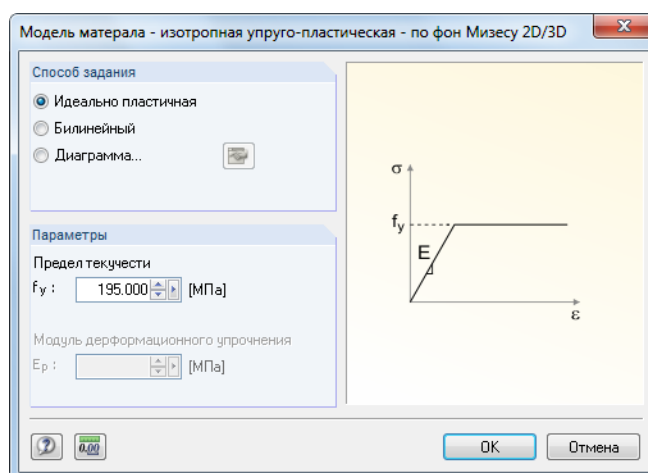


Рисунок 4.45: Диалоговое окно *Модель материала - изотропная пластическая - по фон Мизесу 2D/3D*

В диалоговом окне вводятся параметры идеального или билинейно пластичного материала. Для реального отображения поведения материала Можно также задать *Диаграмму*

деформации (см. Рисунок 4.43). Для растяжения и сжатия применяются те же соотношения.

Условия текучести:

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau_{xy}^2}$$

для 2D элементов

Уравнение 4.3

$$\sigma_v = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_x - \sigma_z)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{xz}^2 + \tau_{yz}^2)}$$

для 3D элементов

Уравнение 4.4



В случае пластичных свойств материала расчёт выполняется итеративно с приращением нагрузки (см. раздел 7.3, страница 297). Если в каком-то концевом элементе напряжение превышено, то модуль упругости E в данном элементе будет уменьшен и расчётный цикл будет начинаться снова и снова, пока не будет достигнута сходимость. Процесс повторяется до тех пор, пока не будет достигнуто сходимости. После завершения расчёта уменьшение жесткости можно проверить в графическом окне (см. раздел 9.3.2, страница 375).



Для оценки результатов рекомендуется использовать функцию сглаживания *Постоянный на элементах* (см. Рисунок 9.31, страница 391). Таким образом, заданный предел напряжения будет гарантированно отображаться в качестве максимума в панели результатов. Эффекты пластичности можно учесть в расчете только у отдельных элементов. Остальные возможности сглаживания, наоборот, результаты интерполируют или экстраполируют, что может привести к деформации в большей или меньшей степени, в зависимости от дробления сетки.

Изотропная нелинейная упругая 2D

Данная модель деформации материала практически похожа на выше описанную *изотропно пластичную 2D/3D* модель, но в данном случае модели не передаются какая-либо энергия (консервативный подход). Из-за того, что в случае загрузки и уменьшения нагрузки действуют одинаковые соотношения между напряжением и деформацией, после уменьшения нагрузки не возникают постоянные пластичные деформации.

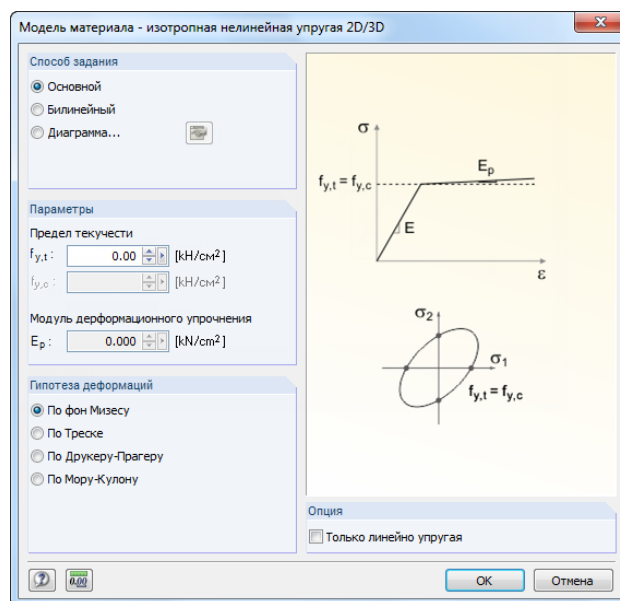


Рисунок 4.46: Диалоговое окно *Модель материала - изотропная нелинейная упругая 2D/3D*

Матрица эластичности изотропно затухает для того, чтобы выполнялись зависимости деформации от эквивалентных напряжений и искажений в диаграмме деформаций по Фон Мизесу. Для них действительны следующие условия:

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau_{xy}^2}$$

$$\varepsilon_v = \frac{\sigma_v}{E}$$

Формула 4.5

В *Диаграмме* можно установить зависимость деформации от напряжения отдельно для зоны растяжения и зоны сжатия (см.Рисунок 4.43).



Как правило, для конвергенции данной модели требуется много итераций. Поэтому рекомендуется указывать минимальное значение 300 в *Максимальное число итераций* в параметрах расчёта (см.главу 7.3.3, страница 293).

Ортотропная упругая 2D

У материала можно установить свойства жесткости, которые выглядят по-разному в обоих направлениях поверхности x и y. Таким образом, можно моделировать, например, ребристые перекрытия или направления напряжений армированных перекрытий. Оси поверхности x и y являются перпендикулярными друг другу в плоскости поверхности (см.Рисунок 4.73, страница 89).



Модели деформации материала *ортотропные* и *экстра ортотропные* из программы RFEM 4 преобразуются в данную модель.

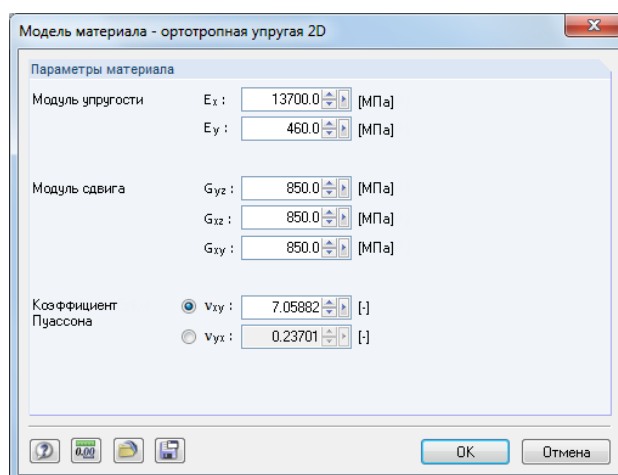


Рисунок 4.47: Диалоговое окно *Модель материала - изотропная упругая 2D*

С помощью данной модели деформации материала можно присвоить ортотропные свойства сразу всем поверхностям из определённого материала. Кроме того, можно установить параметры для каждой поверхности в отдельности (см.главу 4.12

Ортотропные поверхности, страница 121).

Ортотропный упругий материал характеризуется модулями упругости E_x и E_y , модулем сдвига G_{yz} , G_{xz} и G_{xy} , а также коэффициентом Пуассона ν_{xy} и ν_{yx} . Матрица упругости (обратная матрица жесткости) имеет следующий вид:

$$\begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \gamma_{xy} \\ \gamma_{yz} \\ \gamma_{xz} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{E_x} & -\frac{\nu_{xy}}{E_x} & & & \\ -\frac{\nu_{yx}}{E_y} & \frac{1}{E_y} & & & \\ & & \frac{1}{G_{xy}} & & \\ & & & \frac{1}{G_{yz}} & \\ & & & & \frac{1}{G_{xz}} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \tau_{xy} \\ \tau_{yz} \\ \tau_{xz} \end{Bmatrix}$$

Формула 4.6

Между первым коэффициентом Пуассона ν_{xy} и вторым коэффициентом Пуассона ν_{yx} действует следующее соотношение:

$$\frac{\nu_{yx}}{E_y} = \frac{\nu_{xy}}{E_x}$$

Формула 4.7

Для положительно определённой матрицы жесткости должны быть выполнены следующие условия:

- $E_x > 0$; $E_y > 0$
- $G_{yz} > 0$; $G_{xz} > 0$; $G_{xy} > 0$
- $|\nu_{xy}| < \sqrt{\frac{E_x}{E_y}}$

Ортотропная упругая 3D

В трехмерной модели деформации материала можно определить упругую жесткость отдельно в каждом направлении сплошного тела. Таким образом, можно, например, моделировать свойства прочности материала на основе древесины.

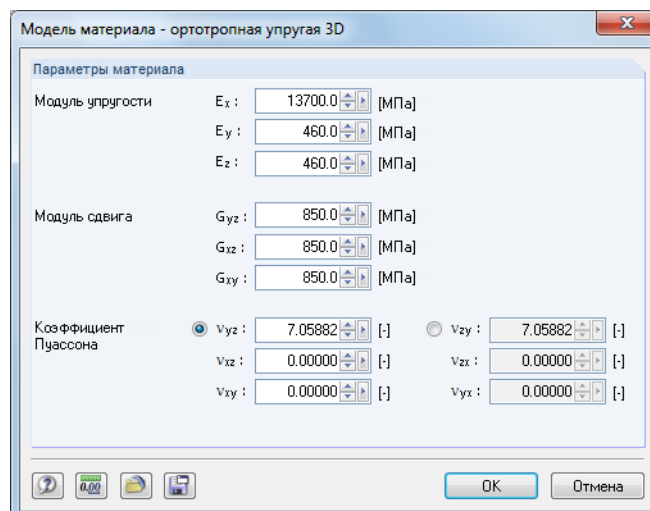


Рисунок 4.48 Диалоговое окно Модель материала - ортотропная упругая 3D

Матрица упругости имеет следующий вид:

$$\begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \varepsilon_z \\ \gamma_{yz} \\ \gamma_{xz} \\ \gamma_{xy} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{E_x} & -\frac{\nu_{xy}}{E_x} & -\frac{\nu_{xz}}{E_x} \\ -\frac{\nu_{yx}}{E_y} & \frac{1}{E_y} & -\frac{\nu_{yz}}{E_y} \\ -\frac{\nu_{zx}}{E_z} & -\frac{\nu_{zy}}{E_z} & \frac{1}{E_z} \\ & & & \frac{1}{G_{yz}} \\ & & & & \frac{1}{G_{xz}} \\ & & & & & \frac{1}{G_{xy}} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \sigma_z \\ \tau_{yz} \\ \tau_{xz} \\ \tau_{xy} \end{Bmatrix}$$

Формула 4.8

Между первым коэффициентом Пуассона $\nu_{yz}, \nu_{xz}, \nu_{xy}$ и вторым коэффициентом Пуассона $\nu_{zy}, \nu_{zx}, \nu_{yx}$ существуют следующие соотношения:

$$\frac{\nu_{zy}}{E_z} = \frac{\nu_{yz}}{E_y}; \quad \frac{\nu_{zx}}{E_z} = \frac{\nu_{xz}}{E_x}; \quad \frac{\nu_{yx}}{E_y} = \frac{\nu_{xy}}{E_x}$$

Формула 4.9

Для положительно определенной матрицы жесткости должны выполняться следующие условия:

- $E_x > 0; E_y > 0; E_z > 0$
- $G_{yz} > 0; G_{xz} > 0; G_{xy} > 0$
- $| \nu_{yz} | < \sqrt{\frac{E_y}{E_z}}; | \nu_{xz} | < \sqrt{\frac{E_x}{E_z}}; | \nu_{xy} | < \sqrt{\frac{E_x}{E_y}}$
- $1 - \nu_{yz}^2 \frac{E_z}{E_y} - \nu_{xz}^2 \frac{E_z}{E_x} - \nu_{xy}^2 \frac{E_y}{E_x} - 2 \frac{E_z}{E_x} \nu_{yz} \nu_{xz} \nu_{xy} > 0$

Ортотропная упруго-пластическая 3D

Модель деформации материала по Цай-ву объединяет свойства пластичности с ортотропными свойствами. Таким образом, можно моделировать модели с анизотропными характеристиками, такие как, например, искусственные материалы или древесину. При пластфикации материала напряжения остаются постоянными. Происходит их перераспределение в соответствии с жесткостью в отдельных направлениях.

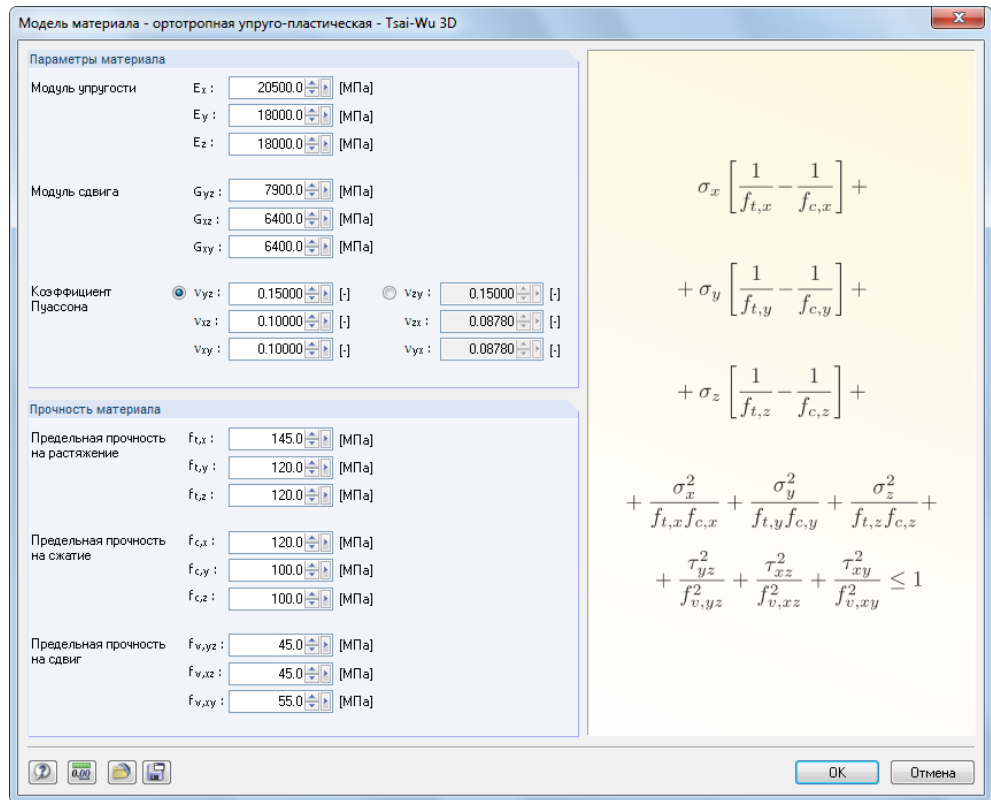


Рисунок 4.49: Диалоговое окно Модель материала - ортотропная упруго-пластическая - по Цай-ву 3D

Зона упругости соответствует модели деформации материала *Ортотропная 3D* (см.выше). Для пластической зоны действует следующее условие пластичности по Цай-ву:

$$f_y(\sigma) = \sigma_x \left(\frac{1}{f_{t,x}} - \frac{1}{f_{c,x}} \right) + \sigma_y \left(\frac{1}{f_{t,y}} - \frac{1}{f_{c,y}} \right) + \sigma_z \left(\frac{1}{f_{t,z}} - \frac{1}{f_{c,z}} \right) + \frac{\sigma_x^2}{f_{t,x}f_{c,x}} + \frac{\sigma_y^2}{f_{t,y}f_{c,y}} + \frac{\sigma_z^2}{f_{t,z}f_{c,z}} + \frac{\tau_{yz}^2}{f_{v,yz}^2} + \frac{\tau_{xz}^2}{f_{v,xz}^2} + \frac{\tau_{xy}^2}{f_{v,xy}^2} \leq 1$$

где $f_{t,x}, f_{t,y}, f_{t,z}$ предельная прочность на растяжение в направлении x, y или z
 $f_{c,x}, f_{c,y}, f_{c,z}$ предельная прочность при сжатии в направлении x, y или z
 $f_{v,yz}, f_{v,xz}, f_{v,xy}$ прочность на сдвиг в направлении yz, xz или xy

Формула 4.10

Все прочности требуется вводить в качестве положительных величин.

Условие пластичности можно представить в виде поверхности в форме эллипса в шестимерном пространстве напряжений. Если один из трех компонентов напряжения представляет постоянную величину, то поверхность можно спроецировать в трехмерном пространстве напряжений (см. Рисунок ниже):

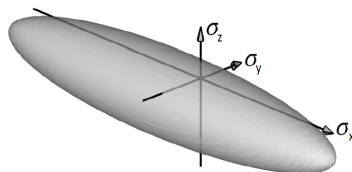


Рисунок 4.50: Проекция поверхностей пластичности в случае нормальных напряжений по Tsai-Wu

Если значение для $f_y(\sigma)$ в соответствии с Формула 4.10 ниже 1, то напряжение находится в зоне упругости. Пластичная зона достигается при условии $f_y(\sigma) = 1$. Значения, превышающие 1, не допустимы. Модель можно рассматривать в качестве идеально-пластической, что предполагает отсутствие прочности.

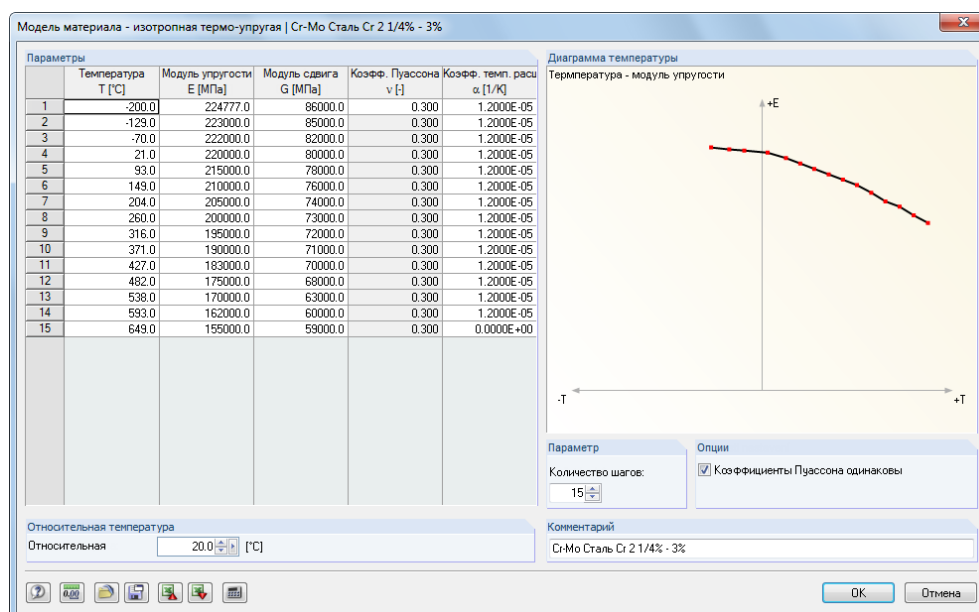


Формула 4.10 действительна только для локальной системы координат KE. При несоответствии данной местной системы координат системе координат используемого в программе RFEM сплошного тела, для отображения напряжения необходимо соответствующее преобразование значений.

Изотропная термо-упругая



Зависимые от температуры деформационно-прочностные свойства упругого изотропного материала можно установить в диаграмме напряжений или импортировать из файла в формате [Excel]. Данные параметры материала будут рассмотрены у подверженных тепловой нагрузке элементов стержней и поверхностей (эффект от постоянной или непостоянной нагрузки).



Модель материала - изотропная термо-упругая | Cr-Mo Сталь Cr 2 1/4% - 3%

Параметры	Температура T [°C]	Модуль упругости E [МПа]	Модуль сдвига G [МПа]	Коефф. Пуассона ν [-]	Коефф. темп. расщ α [1/К]
1	-200.0	224777.0	86000.0	0.300	1.2000E-05
2	-129.0	223000.0	85000.0	0.300	1.2000E-05
3	-70.0	222000.0	82000.0	0.300	1.2000E-05
4	21.0	220000.0	80000.0	0.300	1.2000E-05
5	93.0	215000.0	78000.0	0.300	1.2000E-05
6	149.0	210000.0	76000.0	0.300	1.2000E-05
7	204.0	205000.0	74000.0	0.300	1.2000E-05
8	260.0	200000.0	73000.0	0.300	1.2000E-05
9	316.0	195000.0	72000.0	0.300	1.2000E-05
10	371.0	190000.0	71000.0	0.300	1.2000E-05
11	427.0	183000.0	70000.0	0.300	1.2000E-05
12	482.0	175000.0	68000.0	0.300	1.2000E-05
13	538.0	170000.0	63000.0	0.300	1.2000E-05
14	593.0	162000.0	60000.0	0.300	1.2000E-05
15	649.0	155000.0	59000.0	0.300	0.0000E+00

Диаграмма температуры
Температура - модуль упругости

Параметр: Количество шагов: 15

Опции: Коеффициенты Пуассона одинаковы

Относительная температура: Относительная 20.0 [°C]

Комментарий: Cr-Mo Сталь Cr 2 1/4% - 3%

Рисунок 4.51: Диалоговое окно *Модель материала – изотропная термо-упругая*

Величина в поле *Исходная температура* определяет жесткость для стержней и поверхностей без температурных нагрузок. Например, при установленной исходной температуре 300 °C, у всех стержней и поверхностей будет рассматриваться сниженный модуль упругости в данной точке температурной кривой.

В разделе *Возможности настроек* определяется рассмотрение *идентичных коэффициентов Пуассона* во всей диаграмме температуры. Если не обозначить соответствующее поле, откроется графа таблицы *Коеффициент Пуассона*, и пользователь может ввести требуемые величины.



С помощью кнопки [Загрузить сохраненные данные...] можно импортировать предварительно заданные диаграммы температуры для различных сплавов цветных металлов (см.Рисунок 4.44, страница 67).



С помощью кнопки [Сохранить как...] можно сохранить и впоследствии использовать в других моделях диаграммы температур, которые задал пользователь.

Изотропная кладка 2D

Данная модель деформации материала учитывает каменные стены, которые не могут нести растягивающие силы, и реагируют на это проявлением трещин.

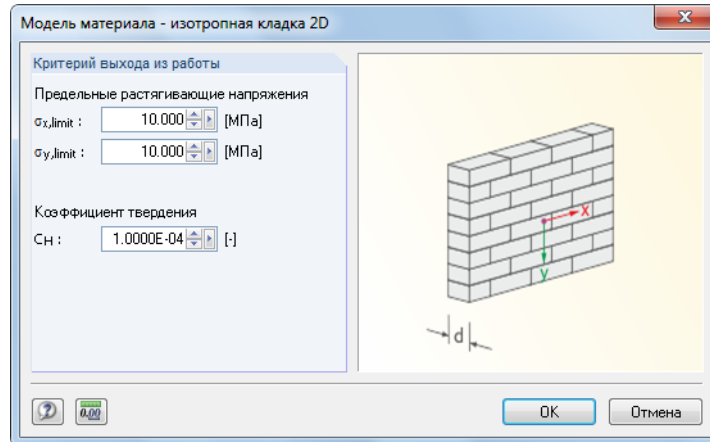


Рисунок 4.52: Диалоговое окно *Модель материала - изотропная кладка 2D*

В данном диалоговом окне можно задать *предельные напряжения от растяжения* в направлении осей x и y поверхности, что означает параллельно и перпендикулярно шву. При расчете данных, программа RFEM, постепенно с помощью нескольких итераций определяет какие конечные элементы при данном критерии не будут переносить напряжения.



При вводе нулевого значения в поле ввода предельного напряжения на растяжение, программа RFEM при расчете для сохранения стабильности будет использовать предельное значение 10^{-11} Н/мм². Таким образом, нельзя полностью исключить минимальные растягивающие напряжения.

При возникновении в расчете численных проблем, можно за счёт увеличения *коэффициента сложности* C_n постараться достигнуть конвергенции.

При установленном в базе данных материале перед открытием диалогового окна *Модель материала*, предварительно установлены следующие предельные значения:

Норма	$\sigma_{x,limit}$	$\sigma_{y,limit}$
DIN 1053-100	f_{x2} прочность на растяжение параллельно промежуткам опор	0
EN 1996-1-1	f_{xk2} прочность на растяжение параллельно промежуткам опор	f_{xk1} прочность на растяжение перпендикулярно промежуткам опор

Таблица 4.1: Предельные напряжения от растяжения по нормам кирпичной кладки

База данных материалов

В обширной базе данных хранятся свойства целого ряда материалов.

Открытие базы данных

Чтобы получить доступ к базе данных, нажмите на кнопку [Выбрать из базы данных материалов...] (сравни Рисунок 4.40, страница 63) в диалоговом окне *Новый материал*. Можно также открыть базу данных из таблицы 1.3 *Материалы* (сравни Рисунок 4.41, страни-



ца 63): поместите указатель мыши в колонку A таблицы и потом нажмите кнопку [...], показанную слева, или используйте функциональную клавишу [F7] на клавиатуре.

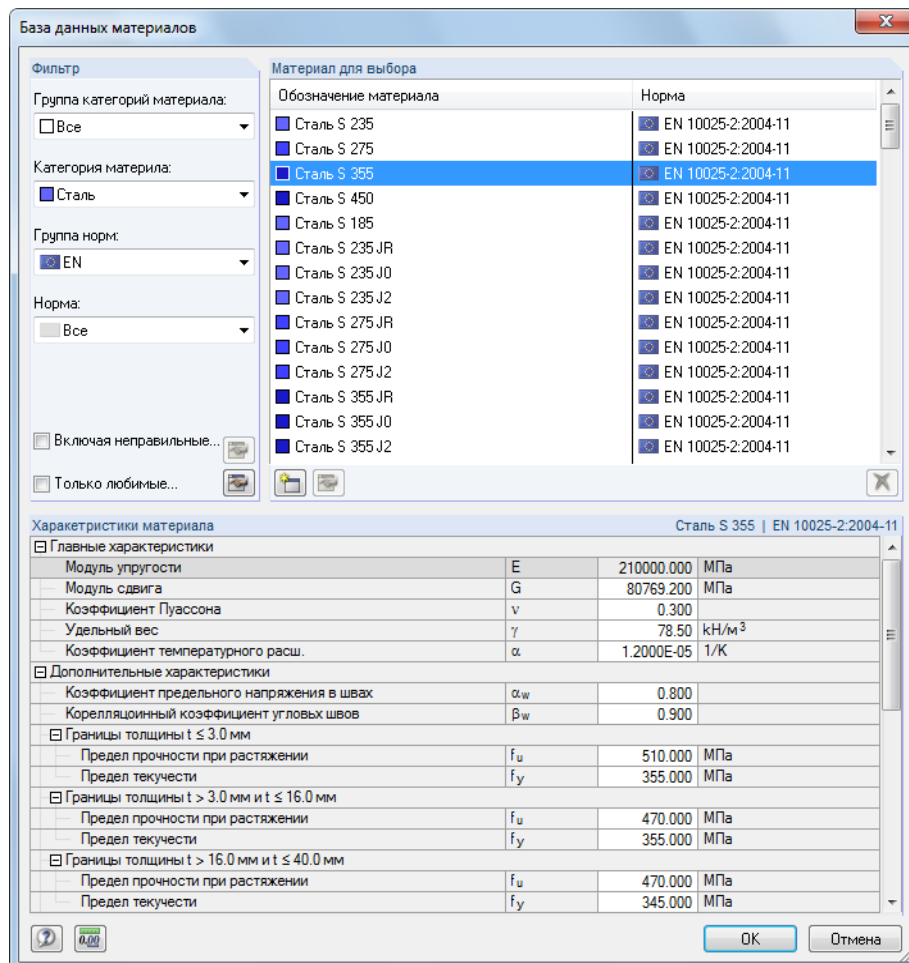


Рисунок 4.53: Диалоговое окно *База данных материалов*

Выберите материал из списка *Выбор материала* и проверьте его параметры в нижней части диалогового окна. Нажмите [OK] или [...], чтобы захватить материал в предыдущее диалоговое окно или таблицу.

Фильтрация базы данных

База данных материалов очень обширная, поэтому пользователь может использовать различные *фильтры*. Список материалов можно фильтровать по различным критериям: *группа категорий материала*, *категория материала*, *группа нормы* и *норма*. Таким образом, можно уменьшить объём данных для выбора.

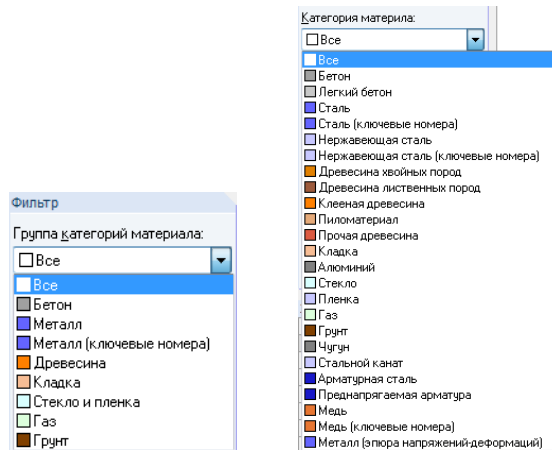


Рисунок 4.54: Фильтр материалов по группам категорий материала и категории материала

Создание избранных сечений

Как правило, для ежедневной работы достаточно использование нескольких материалов. В программе данные материалы можно сохранить в качестве избранных. Используйте кнопку [Редактировать избранные материалы и их порядок...] (см.Рисунок 4.56), чтобы открыть диалоговое окно для ввода избранных материалов.

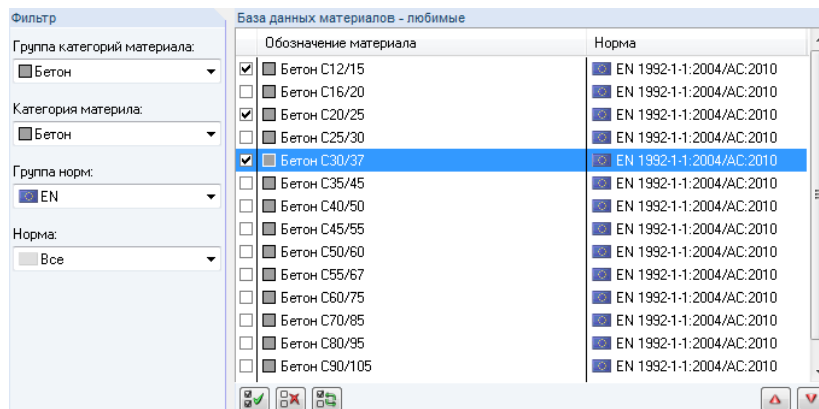
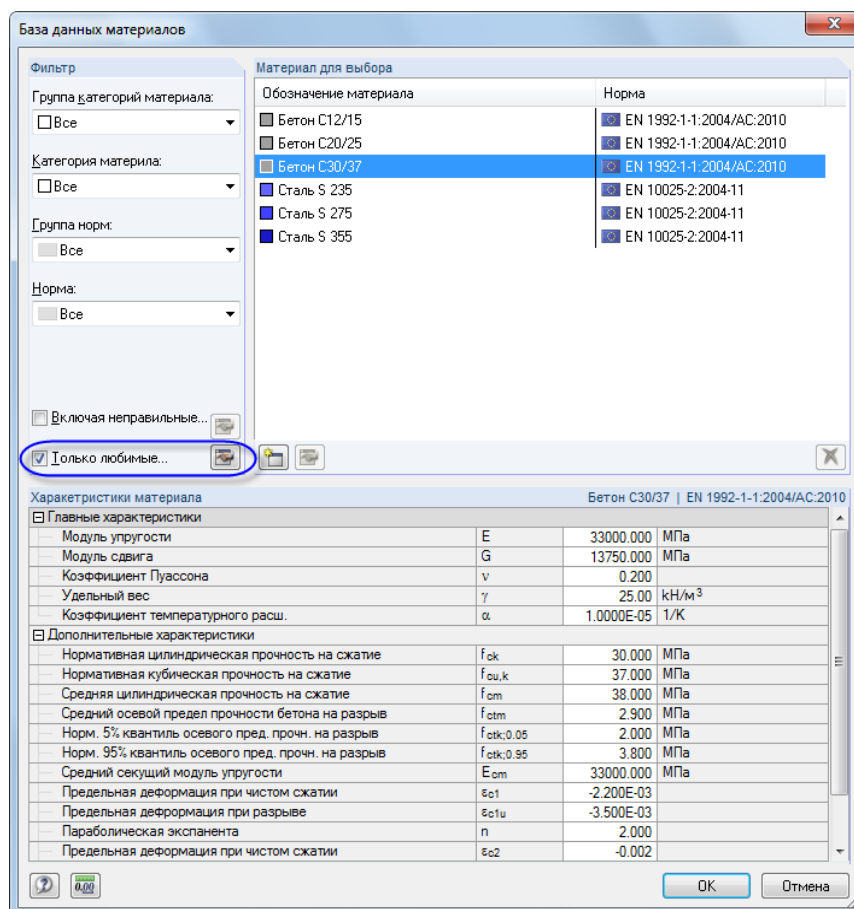


Рисунок 4.55: Диалоговое окно База данных материалов - Избранные (часть диалога)

Диалоговое окно имеет такую же структуру как база данных материалов. С левой стороны доступны фильтры, которые были описаны выше. В разделе диалога *Базы данных материалов - избранные* можно часто используемые материалы обозначить с помощью отметки флажка в первом столбце. Последовательность материалов можно изменить с помощью кнопок [▲] и [▼].

Как только данное диалоговое окно закроем и в базе данных материалов отметим флажок *Только избранные...*, отображение списка материалов станет более наглядным.

Рисунок 4.56: Диалоговое окно *База данных материалов* с включенной функцией *Только избранные*

При необходимости использования материалов из 'старых' норм, их можно отобразить в базе данных с помощью отметки флажка *Включая недействительные...* в разделе *Фильтр*.

Расширение базы данных

Базу данных материалов можно расширить. После добавления в нее нового материала, его можно использовать для всех доступных в программе RFEM моделей.



Кнопка [Создать новый материал] находится под списком материалов справа от кнопки для редактирования избранных материалов (см.Рисунок 4.56). С помощью щелчка на кнопку откроется диалоговое окно *Новый материал*. Параметры, которые в нем предварительно установлены, относятся к текущему выбранному из перечня *Выбор материала*, пункту. Поэтому, для облегчения работы, рекомендуется перед вводом нового материала выбрать из перечня материалов материал с аналогичными свойствами.

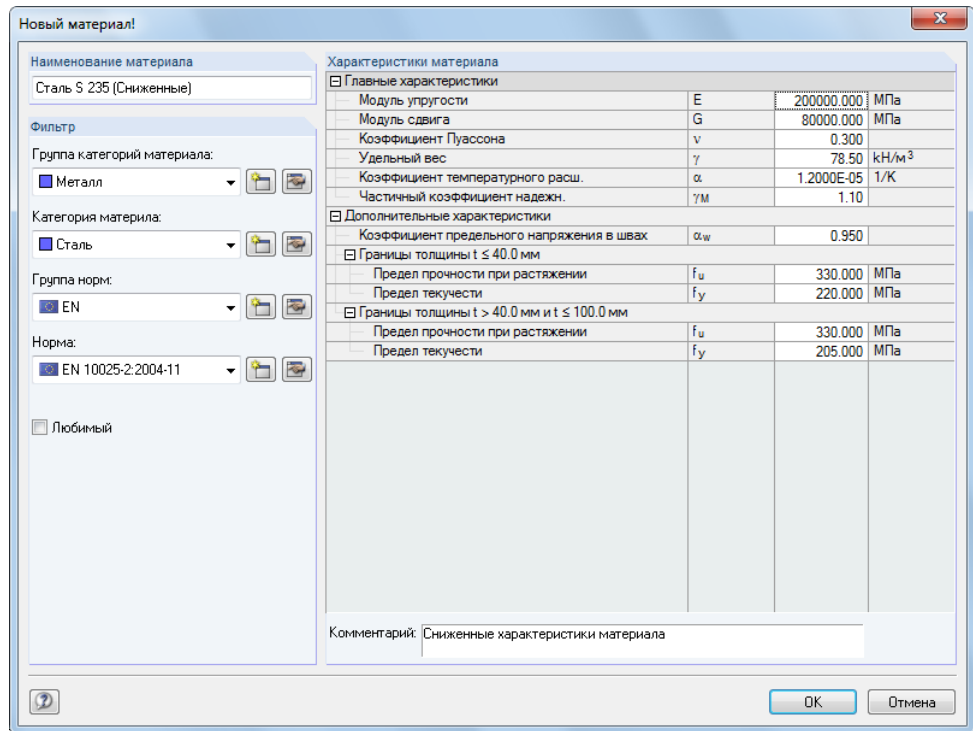


Рисунок 4.57: Диалоговое окно *Новый материал*

В диалоговом окне *Новый материал* введите обозначение материала, задайте характеристики материала, и определите материал в соответствующую категорию, по которым фильтруется база данных.



С помощью слева отображенных кнопок можно создавать новые категории, или редактировать уже существующие категории.

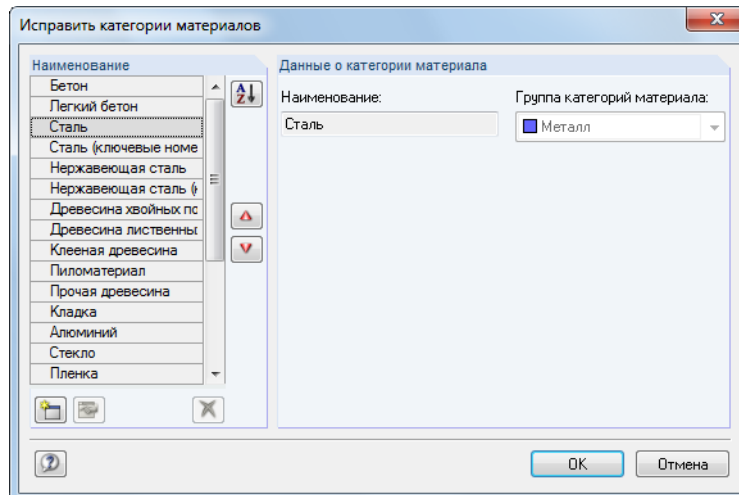


Рисунок 4.58: Диалоговое окно *Редактировать категорию материала*



Последовательность пунктов можно менять с помощью кнопок [▲] и [▼].

Архивирование пользователем заданных материалов

Если используются материалы, которые задал сам пользователь, то перед обновлением программы рекомендуется архивировать файл **Materialien_User.dbd**. Данный файл находится в папке основных данных программы RFEM 5 C:\ProgramData\Dlubal\RFEM 5.xx\General Data.

4.4 Поверхности

Общее описание

В программе RFEM поверхности в первую очередь используются для описания геометрии конструкции. У каждой поверхности обычно задан материала, и толщина и, следовательно, соответствующая жесткость. При создании сетки KE, на поверхности создаются 2D концевые элементы (KE). Более подробная информация о них находится в разделе 7.2.1 на странице 277.

Исключение из правил представляет тип жесткости *Нулевая*, которая используется для описания геометрии тел.

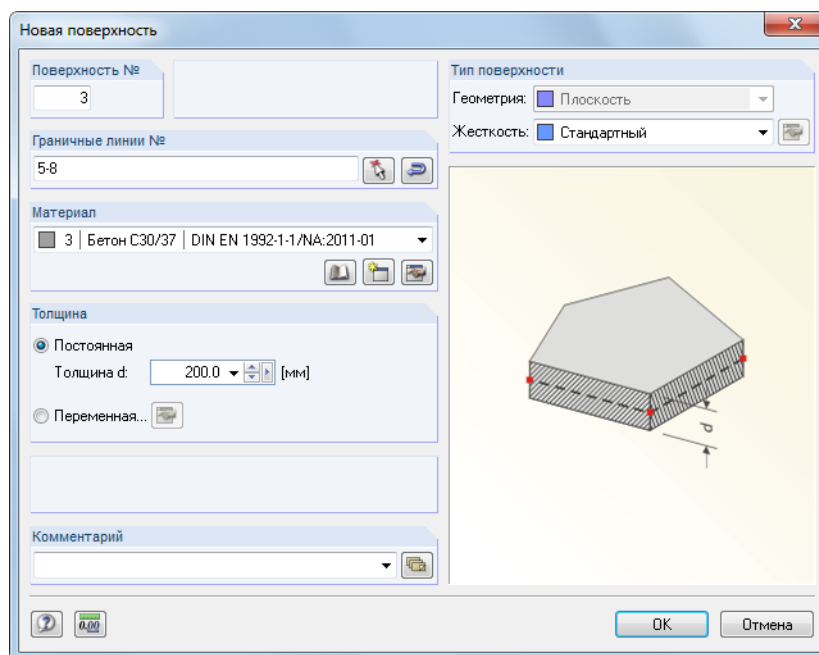
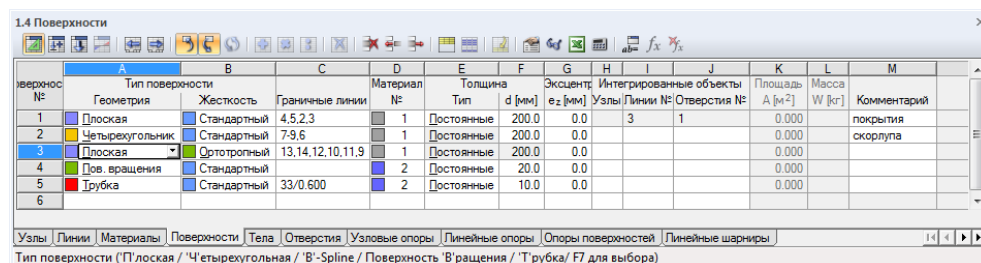


Рисунок 4.59: Диалоговое окно *Новая поверхность*














Поверхность №	Тип поверхности		Граничные линии	Материал №	Толщина Тип	d [мм]	Эксцентр. e _z [мм]	Интегрированные объекты Узлы/Линии №	Отверстия №	Площадь A [м ²]	Масса W [кг]	Комментарий
	Геометрия	Жесткость										
1	Плоская	Стандартный	4,5,2,3	1	Постоянные	200,0	0,0			0,000		
2	Четырехугольник	Стандартный	7-9,6	1	Постоянные	200,0	0,0	3	1	0,000		покрытие скорлупа
3	Плоская	Ортогональный	13,14,12,10,11,9	1	Постоянные	200,0	0,0			0,000		
4	Пов. вращения	Стандартный		2	Постоянные	20,0	0,0			0,000		
5	Трубка	Стандартный	33/0,600	2	Постоянные	10,0	0,0			0,000		
6												

Рисунок 4.60: Таблица 1.4 *Поверхности*

Для моделирования конструкции доступны различные типы поверхностей. Их ввод происходит посредством комбинирования различных геометрических характеристик и характеристик жесткости, при условии выполнения требований, характерных для определенных типов. Их можно выбрать из двух списков в разделе *Тип поверхности* или из соответствующих столбцов в таблице.

Благодаря цветным символам назначение отдельных типов геометрии и жесткости легче и нагляднее. Данные цвета можно использовать в модели для отображения отдельных типов поверхностей. Отображение можно установить в навигаторе *Отобразить* в пункте *Цвета в воспроизведении по* (см. главу 11.1.9, страница 459).

Тип поверхности	
Геометрия	Жесткость
 Плоская	 Стандартный
 Четырехугольник	 Ортогональный
 B-Spline	 Стекло
 Пов. вращения	 Жесткость
 Трубка	 Мембрана
 Трассетрия	 Ноль

Тип поверхности - геометрия

Плоская поверхность

Плоскую поверхность можно задать в графическом виде, с помощью прямоугольника, параллелограмма, круга, кольца, многоугольника и т. д. Используйте меню или показанную слева кнопку списка на панели инструментов, для доступа к различным формам плоских поверхностей.

При вводе плоской поверхности в графическом виде с помощью одной из кнопок панели инструментов, появляется следующее диалоговое окно:

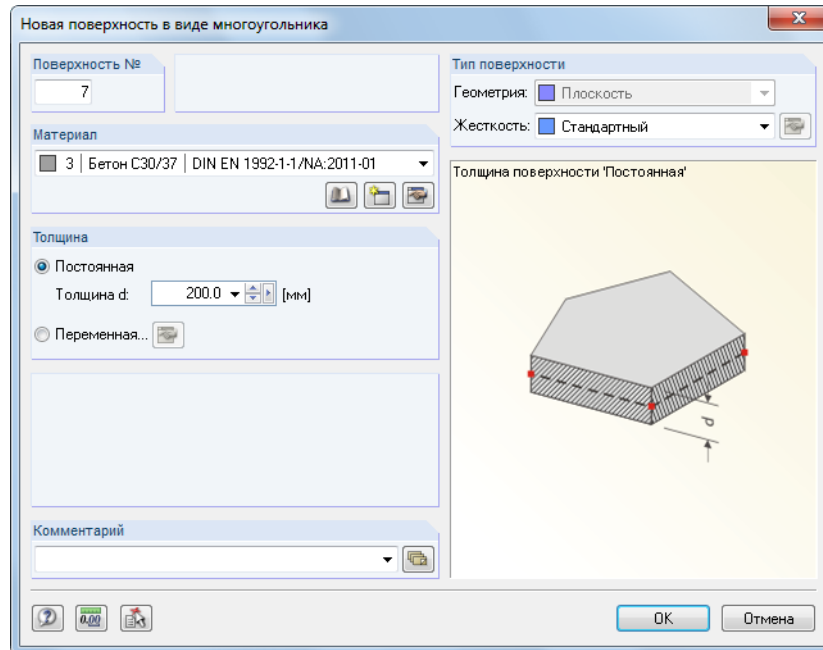
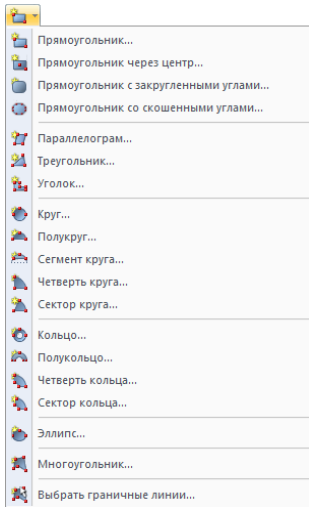


Рисунок 4.61: Диалоговое окно *Новая поверхность в виде многоугольника*

Как только будет задан номер поверхности и будут определены параметры *Материал*, *Толщина* и *Жёсткости*, можно с помощью щелчка на [OK] установить граничные линии поверхности, выбрав соответствующие точки в рабочем окне.



С помощью функции меню [Выбрать граничные линии] можно выбрать уже существующие линии в графическом окне. Линии должны представлять замкнутую цепь, лежащую в одной плоскости. Отдельные типы линий описаны в разделе 4.2, страница 56.

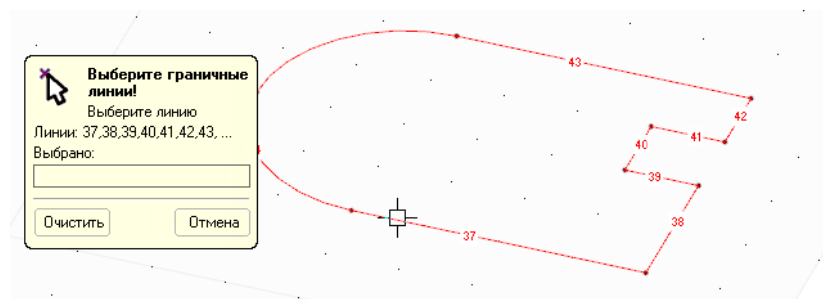


Рисунок 4.62: Выбор граничных линий в графическом виде

Программа RFEM определяет поверхности автоматически, после ввода достаточного количества граничных линий.

Четырехугольная поверхность



Этот тип поверхности представляет собой общую четырехугольную поверхность, у которой в качестве граничных линий могут выступать кроме прямых линий и дуги, полилинии или кривые. Из-за того, что граничные линии не лежат на одной плоскости, с помощью данного типа поверхностей можно моделировать оболочку поверхности.

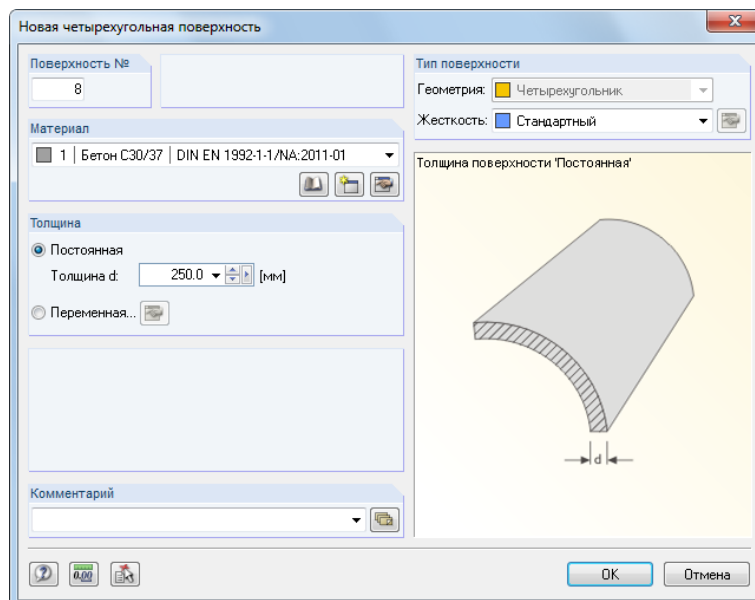


Рисунок 4.63: Диалоговое окно *Новая четырёхугольные поверхность*

Также, как и случае ввода плоской поверхности, можно и в данном случае выбирать граничные линии в графическом окне после щелчка на [ОК].

Поворачивающаяся поверхность



Поворачивающаяся поверхность создается путем вращения определенной линии вокруг неподвижной оси. Поверхность, таким образом, она определена начальным и конечным положением линии, а также углом вращения точки линии.

Диалоговое окно *Новая поворачивающаяся поверхность* состоит из двух вкладок. Во вкладке *Общие сведения* устанавливается *материал*, *толщина* и *жесткость* поверхности (сравни Рисунок 4.64). Переменная толщина поверхности не допускается.

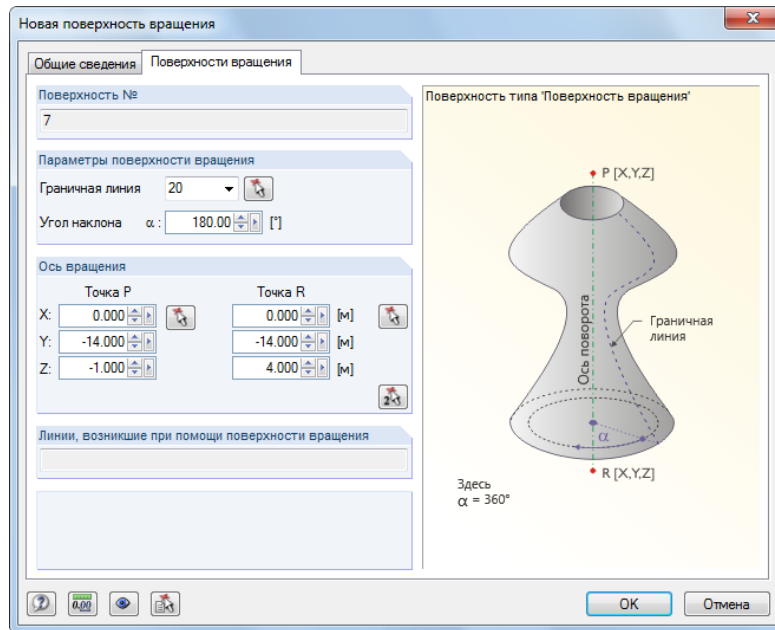


Рисунок 4.64: Диалоговое окно *Новая поворачивающаяся поверхность*, вкладка *Поворачивающаяся*



Во вкладке *Поверхности вращения* определяется *угол вращения α*. После этого устанавливаются координаты обеих точек *оси вращения* или с помощью функции [↵] вводятся в графическом окне. После щелчка на [OK] устанавливается поворачивающаяся граничная линия в рабочем окне.

Для ввода поворачивающихся поверхностей Можно также использовать уже сгенерированные линии.

Труба



Поверхность трубы возникает путем вращения центральной линии трубы на определённом расстоянии вокруг центральной линии.

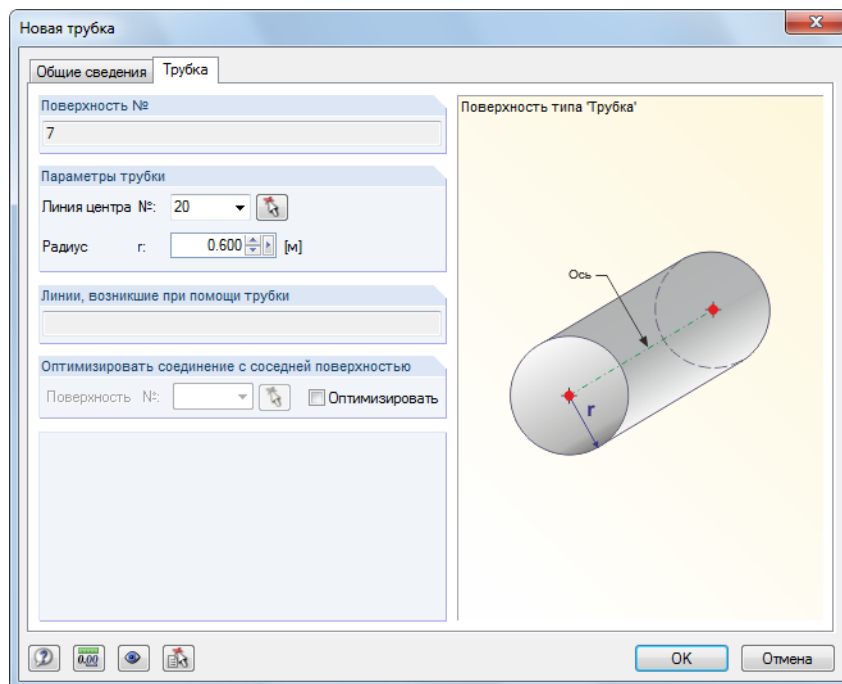


Рисунок 4.65: Диалоговое окно *Новая труба*, вкладка *Труба*



В диалоговом окне *Новая труба* находятся две вкладки. Во вкладке *Общие сведения* устанавливается *материал*, *толщина* и *жесткость* поверхности. Во вкладке *Труба* вводится ось и *радиус r* трубы. Ось трубки можно также установить в графическом виде.

При создании трубки возникают две окружности и полилинии, которые параллельны оси трубки.

В-сплайн поверхность



В-сплайн поверхность вводится таким же образом как описанная выше четырехугольная поверхность (см.Рисунок 4.63). Дополнительно на данной поверхности создаются вспомогательные узлы. На форму поверхности можно повлиять, если редактировать их координаты.

У диалогового окна ввода данного типа поверхностей имеется две вкладки. Во вкладке *Общие сведения* устанавливается *материал*, *толщина* и *жесткость* поверхности. Переменная толщина поверхности не допускается.

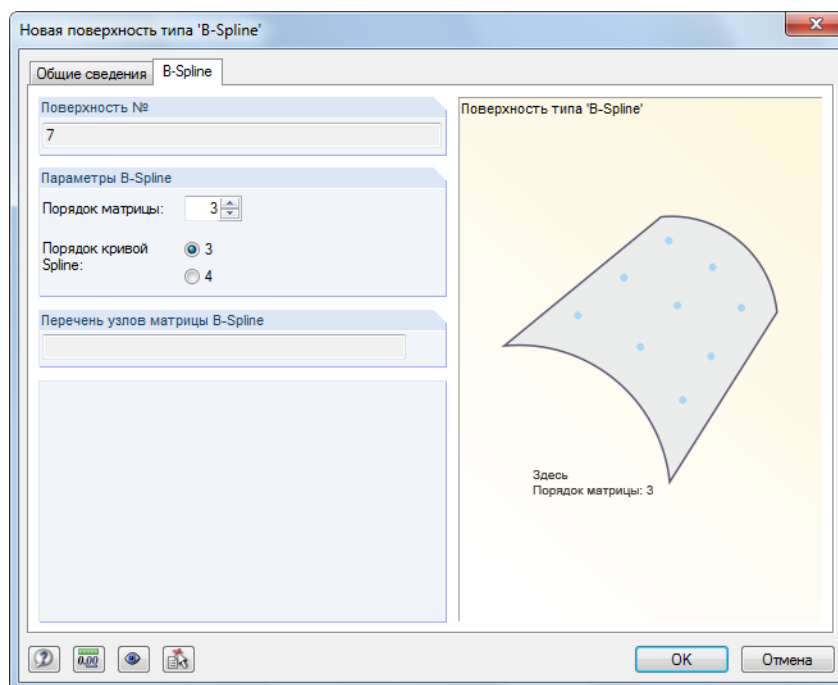


Рисунок 4.66: Диалоговое окно *Новая поверхность типа 'B-Spline'*, вкладка *Безиерова кривая (B-Spline)*

Во вкладке *Безиерова кривая (B-Spline)* введем в поле ввода *Размер матрицы* количество вспомогательных узлов, которые должны быть созданы. Если, например, ввести "3", то будет создана 3 x 3 для вспомогательных узлов на поверхности. Переключатель *Порядок кривой* предоставляет возможность определения, если для расчёта поверхности будет использоваться полином третьей или четвертой степени.

NURBS поверхность



NURBS поверхности определяются четырьмя замкнутыми NURBS линиями (см. главу 4.2, страница 61). Используя NURBS поверхности, можно моделировать практически любые поверхности свободной формы.

При вводе граничных линий, убедитесь, что противоположные пары NURBS линий "совместимы" друг с другом: только если количества контрольных точек равны, противоположные NURBS линии расположены в том же порядке.

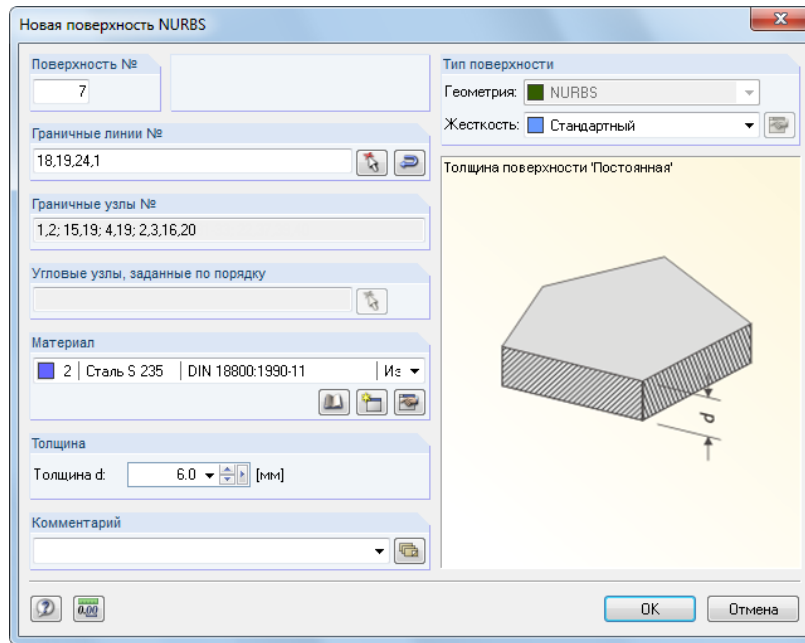


Рисунок 4.67: Диалоговое окно *Новая NURBS поверхность*

Поверхность траектории



Используйте этот тип поверхности для создания из начального профиля пространственной изогнутой поверхности по отношению к любой траектории.

Диалоговое окно *Новая поверхность траектории* состоит из двух вкладок. Во вкладке *Общие сведения* устанавливается материал, толщина и жесткость поверхности.

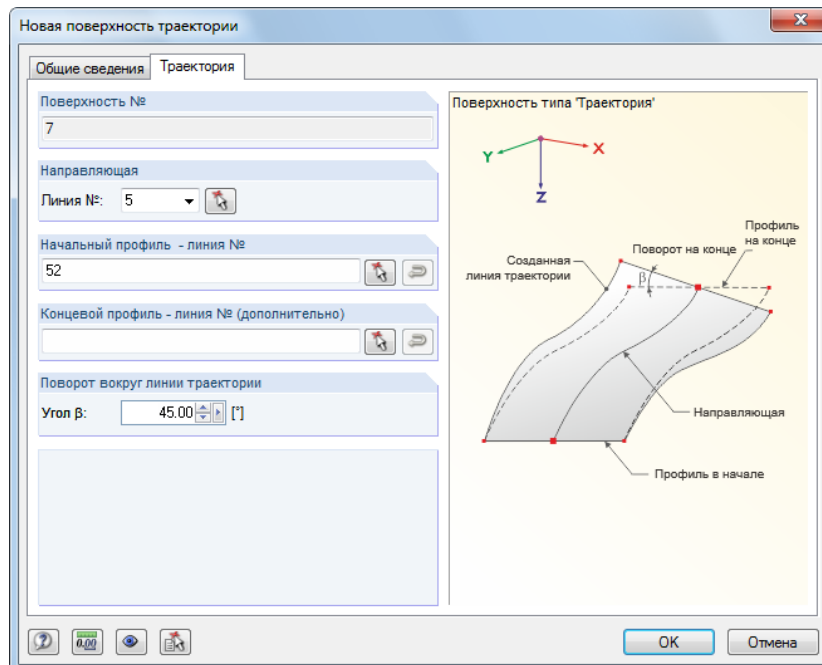


Рисунок 4.68: Диалоговое окно *Новая поверхность траектории*, вкладка *Траектория*



Во вкладке *Траектория* введите сначала номер направляющей линии, представляющей опорную линию поверхности. Траекторию можно выбрать также в графическом виде. *Начальный профиль* Можно также выбрать с помощью мыши в графическом окне. В некоторых случаях установим другую линию в качестве *концевого профиля*. Угол β описывает Вращение созданной параллельной граничной линии вокруг траектории.

Компонента

Компонента появляется в качестве колонки в таблице или в качестве пункта в навигаторе, если было создано хоть бы одно пересечение поверхностей (см. раздел 4.22, страницу 173). Для редактирования компонент имеют такие же функции, как в случае "нормальных" поверхностей. Таким образом, можно быстро модифицировать свойства составляющих поверхностей, без необходимости создания новых пересечений.

Исходная поверхность компоненты указывается в вкладке *Компонент* в диалоговом окне *Редактировать поверхность*.

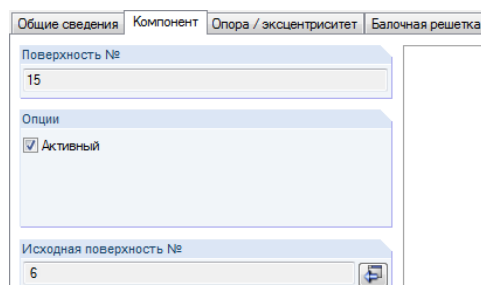


Рисунок 4.69: Диалоговое окно *Редактировать поверхность*, вкладка *Компонент*



Используйте кнопку [Перейти в исходную поверхность...], чтобы открыть диалоговое окно для редактирования исходной поверхности.

Тип поверхности - жесткость

В списке в диалоговом окне или таблице предлагаются различные модели жесткости, которые позволяют создавать реальные модели конструкции.

Обычная

На поверхность действуют моменты и мембранные силы. Данный тип используется для описания общего поведения однородного и изотропного материала. Свойства жесткости поверхности не зависят от направлений.

Без растяжения

На поверхность данного типа действуют моменты и мембранные силы. Поверхностные элементы не работают в случае мембранных, вызывающих напряжение, сил.

Ортотропная

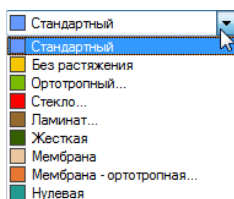
Используйте данный тип поверхности при наличии различной жесткости в обоих направлениях поверхности (см. раздел 4.12, страница 121). Используйте кнопку [Редактировать параметры типа поверхности...] для установки параметров или назначьте материалу ортотропные свойства (см. раздел 4.3, страница ...69). Таким образом, можно избежать необходимости вводить соответствующие параметры у каждой отдельной поверхности.

Стекло

Этот тип жесткости используется в дополнительном модуле RF-GLASS. На поверхность данного типа действуют моменты и мембранные силы. Но собственный расчет напряжения не происходит в программе RFEM, а в модуле RF-GLASS.

Ламинат

На поверхность данного типа действуют моменты и мембранные силы. Для расчета ламинарной модели требуется дополнительный модуль RF-LAMINATE. В нем также происходит собственный расчет напряжения.



Жесткая

Данный тип поверхности используется для создания очень жестких поверхностей для жестких соединений соседствующих объектов.

Изотропная мембрана

У данного типа поверхности жесткость одинакова во всех направлениях. На поверхность действуют только мембранные силы.

Ортотропная мембрана

На поверхность действуют только мембранные силы. Жесткость отличается в обоих направлениях поверхности (раздел 4.12, страница 121) и ее можно установить с помощью кнопки [Редактировать параметры типа поверхности...].

Нулевая

Нулевая поверхность используется для определения тел (см. главу 4.5, страница 91).

Граничная линия №:

В данном поле в диалоговом окне или столбце таблицы вводятся граничные линии поверхности. Линии должны представлять собой замкнутую цепь.

В случае поворачивающихся поверхностей в данном столбце будут отображены параметры для генерирования.

Материал

Материал можно выбрать из перечня до сих пор созданных материалов. Отдельные материалы для облегчения выбора выделены различным цветом.

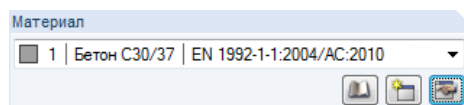


Таблица 4.70: Кнопки в диалоговом разделе *Материал*

В диалоговом окне *Новая поверхность* под списком материалов находятся три кнопки, с помощью которых можно открыть базу данных материалов, установить новый материал или редактировать ранее созданный материал.

Для получения более подробной информации о материалах, см. раздел 4.3 на странице 63.

Толщина

Тип

У поверхностей можно выбрать один из двух типов толщины.

- **Постоянная**

Толщина поверхности в каждой точке одинаковая.

- **Переменная**

Толщина поверхности линейно переменная (см. раздел 4.11, страница 119). Параметры можно установить с помощью кнопки [Редактировать параметры типа поверхности...].

Толщина d

В данном поле можно ввести толщину поверхности d , если не была установлена переменная толщина или нулевая поверхность. В случае типа поверхности *Постоянная*, *Без натяжения*, *Стекло* и *Изотропная мембрана* заданная толщина будет учтена при расчете собственного веса и жесткости, у поверхностей типа *Ортотропная* данная величина бу-

дет использоваться только для расчета собственного веса, жесткость в данном случае будет определена отдельно.



Толщину поверхности конструкции можно отобразить в графическом окне в цвете. Для этого в навигаторе *Отображение* в меню *Модель - поверхности* требуется отметить флажок *Шкала цветов для толщины в панели* (см. Рисунок ниже).

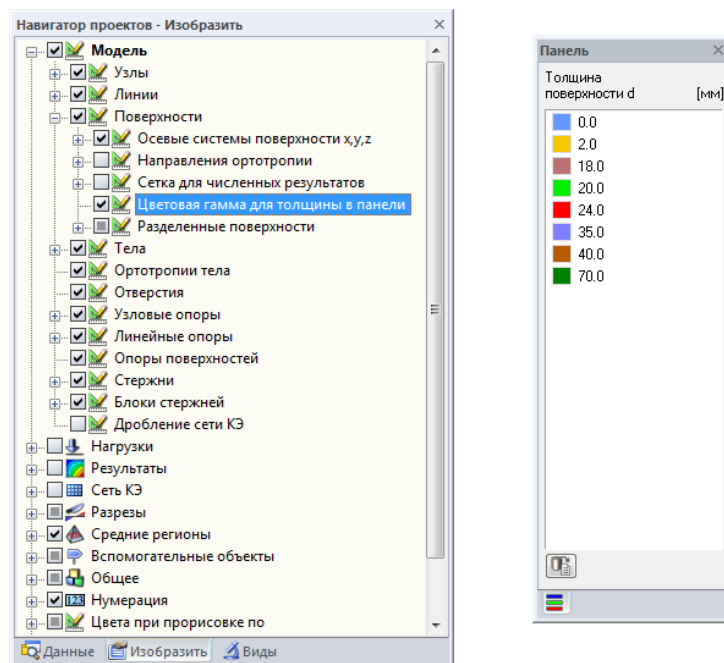


Рисунок 4.71: Навигатор *Отобразить*: *Поверхности* → *Шкала цветов для толщины в панели*

Эксцентриситет

Толщина рассматривается относительно плоскости в центре поверхности: в равных долях с обеих сторон от "плоскости центра тяжести". Для проверки толщины в навигаторе *Отобразить* выберите *Воспроизведение – Модель – Полная модель - Поверхность – Выполнено включая толщину* (см.Рисунок 4.110, страница 120).

Если были созданы две прилегающие поверхности с различной толщиной, то можно определить эксцентриситет e_z так, чтобы у поверхностей была одинаковая верхняя и нижняя кромка.

Эксцентриситет в виде дополнительных моментов оказывает влияние на внутренние силы поверхности.

Интегрированные объекты

Как правило, программа RFEM автоматически распознает все объекты, лежащие на определенной поверхности, но не использующиеся для определения поверхности, в виде граничных линий. В столбцах таблицы или полях ввода диалогового окна, отображаются ответствующие номера узлов, линий и отверстий.

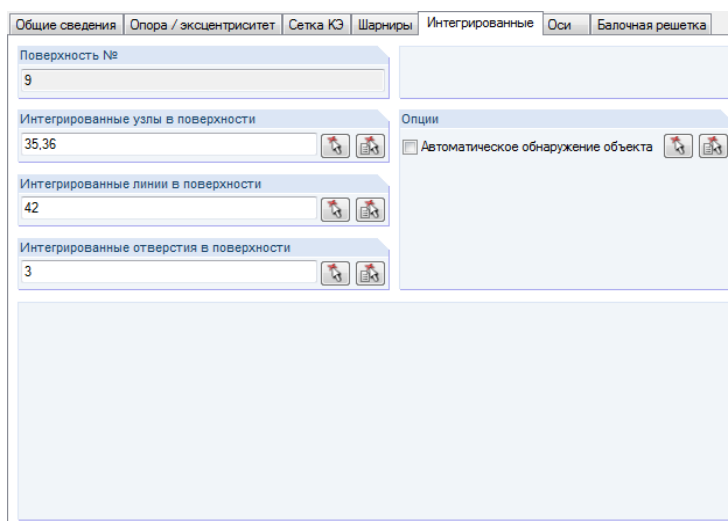


Рисунок 4.72: Диалоговое окно *Редактировать поверхность*, вкладка *Интегрированные*

Если объект не распознается, то можно интегрировать его вручную: Дважды щелкните на поверхность, чтобы открыть диалоговое окно *Редактировать поверхность*. Потом во вкладке *Интегрированные* отключите *Автоматическое обнаружение объекта*. Поля ввода в левой части диалогового окна станут доступны. Используйте кнопку [^ для выбора объектов в графическом окне.

Площадь

Для проверки в данном столбце таблицы будет отображена площадь отдельных поверхностей. Площадь отверстий не учитывается, поэтому данные величины представляют собой чистую площадь поверхности.

Вес

В предпоследнем столбце в таблице указана масса каждой поверхности. Она определена площадью поверхности и удельным весом материала.

Комментарий

В данном поле можно вводить пользовательские заметки или выбирать их из перечня.

Система осей

У каждой поверхности имеется локальная система координат, которая влияет на ввод различных параметров, таких как ортотропные свойства и свойства основания или направления поверхностных нагрузок. Основные внутренние силы также относятся к соответствующей системе осей поверхности.

Системы координат отображаются, как только указатель находится над некоторой поверхностью. Их отображение можно включать или выключать из контекстного меню поверхности.

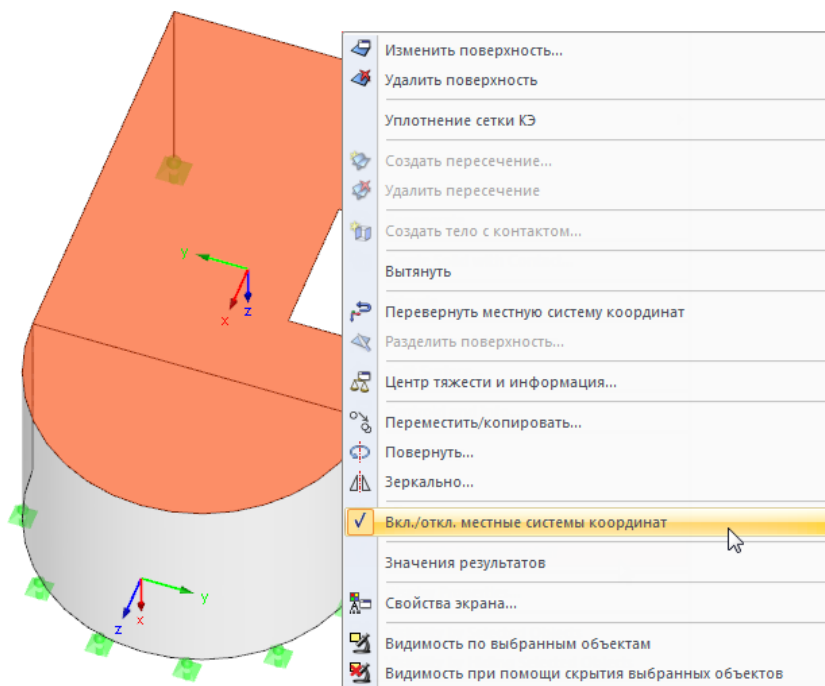


Рисунок 4.73: Контекстное меню поверхности

При необходимости можно локальные оси поверхности редактировать:

- из контекстного меню с помощью команды *Повернуть локальную систему координат*.

Направление локальной оси z повернется в обратную сторону, остальные оси выравниваются в соответствии с правилом правой руки. В результате, основание будет действовать на другой стороне поверхности или при расчете арматуры изменятся "верхние" и "нижние" слои арматуры.

- из диалогового окна *Редактировать поверхность*

Чтобы открыть диалоговое окно *Редактировать поверхность*, дважды щелкните на соответствующую поверхность. Во вкладке *Оси* можно настроить локальные оси поверхности как *для ввода*, так и *для результатов* (см. Рисунок ниже).

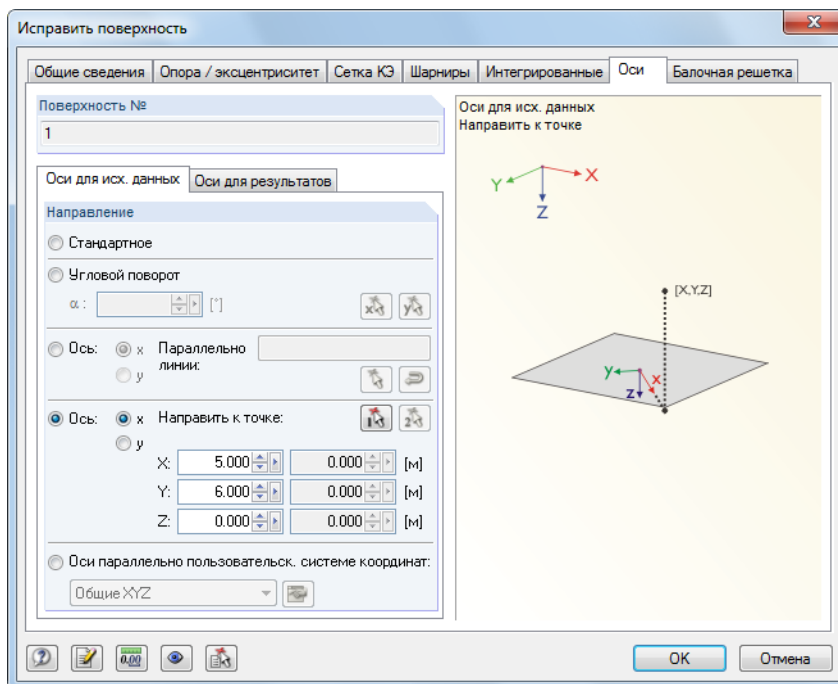


Рисунок 4.74: Диалоговое окно *Исправить поверхность*, вкладка *Оси*

В двух вложенных вкладках можно ввести локальные оси поверхности *x* или *y* по отношению к *линии*, *точке* или *пользовательской системе координат* (см. раздел 11.3.4, страница 477).

4.5 Тела

Общее описание



Тела в программе RFEM представляют собой пространственные объекты, в которых при генерировании сетки КЭ создаются 3D элементы. С помощью тел можно моделировать ортотропные свойства или можно с их помощью решать проблемы при соприкосновения и взаимодействия двух поверхностей. Кроме того, телам можно назначить свойства газа.

Обычно, граничные поверхности тел имеют жесткость типа *Нулевая* (см. раздел 4.4, страница 86). Исключение представляет соприкосновение двух поверхностей. в данном случае обе поверхности, соприкосновение которых рассматривается, должны быть введены с соответствующей жесткостью.



Тела можно быстро создать из поверхностей в графическом окне. Соответствующие функции генерирования описаны в разделах 11.7.1.3 и 11.7.1.4 на странице 542 и последующих.



Детализацию секи КЭ можно установить и для 3D элементов.

Пожалуйста, обратите внимание на то, что в случае тел в настоящее время в программе не реализуются расчёты арматуры.

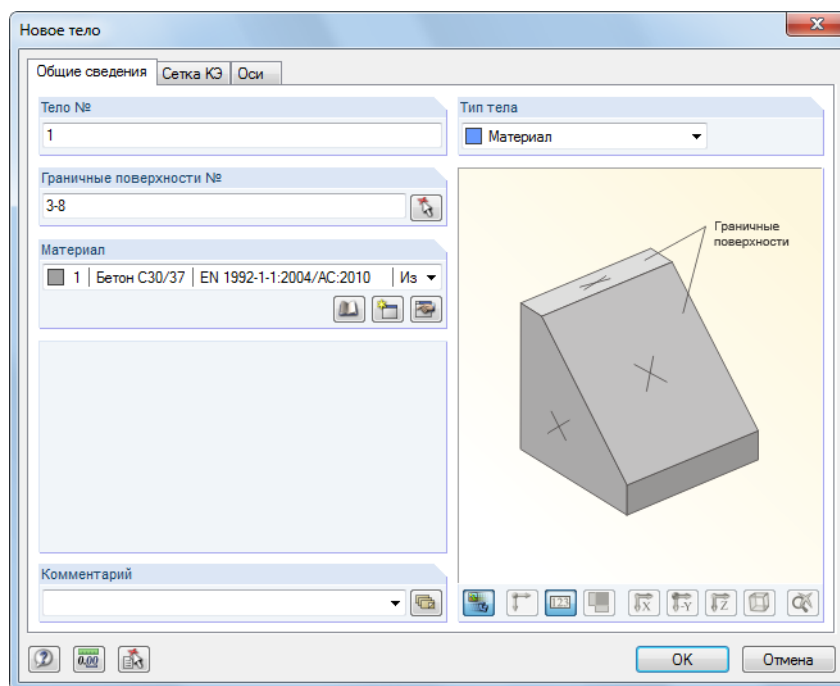
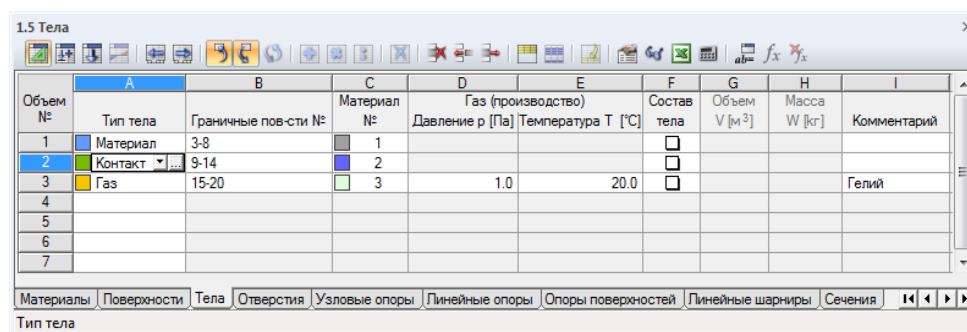
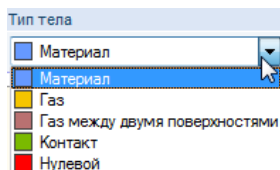


Рисунок 4.75: Диалоговое окно *Новое тело*



Объем №	A		B		C		D		E		F	G	H	I
	Тип тела	Граничные пов-сти №	Материал №	Газ (производство)	Давление p [Па]	Температура T [°C]	Состав тела	Объем V [м³]	Масса W [кг]	Комментарий				
1	Материал	3-8	1				<input type="checkbox"/>							
2	Контакт	9-14	2				<input type="checkbox"/>							
3	Газ	15-20	3		1.0	20.0	<input type="checkbox"/>							Гелий
4														
5														
6														
7														

Рисунок 4.76: Таблица 1.5 *Тела*



Тип тела

В списке в диалоговом окне или в таблице, доступны различные типы жесткости, которые позволяют создавать реалистичную модель конструкции. Каждому типу соответствует определенный цвет, который может быть использован в модели для различия тел. Отображение можно настроить в навигаторе *Отобразить* в поле *Цвета в воспроизведении* в соответствии с (см. раздел 11.1.9, страница 459).

Материалы

Стандартная модель представляет собой 3D объект со специфическими свойствами однородного изотропного материала. Таким образом, граничные поверхности должны быть определены с типом жесткости *Нулевая*.

Если тело имеет ортотропные свойства, то жесткость будет также выводиться из характеристик материала. Упругие жесткости трехмерной модели материала требуется ввести в диалоговом окне *Модель материала - ортотропный упругий 3D* (см. Рисунок 4.48, страница 70).

Газ

Данный тип позволяет моделировать сплошные тела со свойствами идеального газа. Параметры газа должны вводиться в отдельной вкладке в диалоговом окне (см. Рисунок 4.79).

Газ между двумя поверхностями

Рекомендуется формировать сплошные тела со свойствами идеального газа относительно тонкими (сравни слой газа в стеклопакетах). Между основной и покрывающей поверхностями сплошного тела будут созданы как раз два конечных элемента, так что расчёты сходятся быстрее, чем у типа сплошного тела *Газ*. Параметры вводятся в отдельной вкладке в диалоговом окне (см. Рисунок 4.79). Однако, для общих ситуаций (сравни емкость, надувная подушка-крепость для скачков) должен быть использован тип сплошного тела *Газ*.

Контакт

Тип сплошного тела *Контакт* подходит для решения проблем соприкосновения двух поверхностей. Параметры вводят в отдельной вкладке в диалоговом окне (см. Рисунок 4.80).

Нулевое

Ни нулевое тело, ни его нагрузки не будут рассмотрены при расчете. Можно таким образом выяснить, как изменится поведение конструкции, если определенное тело не будет действовать. Нет необходимости в удалении тела, загрузки также будут сохранены.

Граничные поверхности номер

Тело определяется граничными поверхностями, которые должны ограничивать замкнутое пространство. Номера поверхностей можно ввести в соответствующее поле ввода вручную, или выбирать поверхности с помощью функции [↖] в графическом окне.

Когда в диалоговом окне *Новое тело* были введены все граничные поверхности, то можно включить вид с помощью кнопки [Отобразить рисунок или воспроизведение] под отображением в графическом виде.

Материал

Материал можно выбрать из перечня уже установленных материалов. Материалы отличаются по цвету для облегчения их выбора.

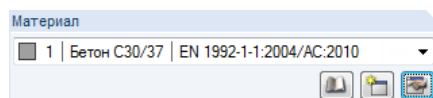


Таблица 4.77: Кнопки в диалоговом разделе *Материал*





В диалоговом окне *Новое тело* под названием материал находятся три кнопки, с помощью которых можно открыть базу данных материалов, установить новый материал или редактировать ранее установленный материал.

Для получения более подробной информации о материалах см. раздел 4.3, страница 63.

Составное тело

Данная графа появляется в таблице после пересечения тел.

В дополнение к поверхностям, можно создавать пересечения тел. Программа RFEM определяет линии пересечения пересекающихся тел и создает 3D твёрдые объекты в виде объединения, разделения и пересечения. Таким образом, новое тело генерируется из двух исходных объектов.

Определение пересечения тел занимает много времени и требует большого объема вычислений. Каждый раз, при изменении модели, требуется перерасчёт ее геометрии.

Создание пересечения

В графическом виде можно быстро создавать пересечения тел: выберите два тела, нарисовав окна выбора через объекты, либо используя множественное выделение, удерживая клавишу [Ctrl]. Затем, щелкните правой кнопкой мыши на одно из тел, чтобы открыть контекстное меню, указав на **тело**, и выберите **Новое составное тело**.

Откроется диалоговое окно *Новое тело*. С помощью настроек во вкладке диалогового окна *Сложные тела* определяется составление обоих тел.

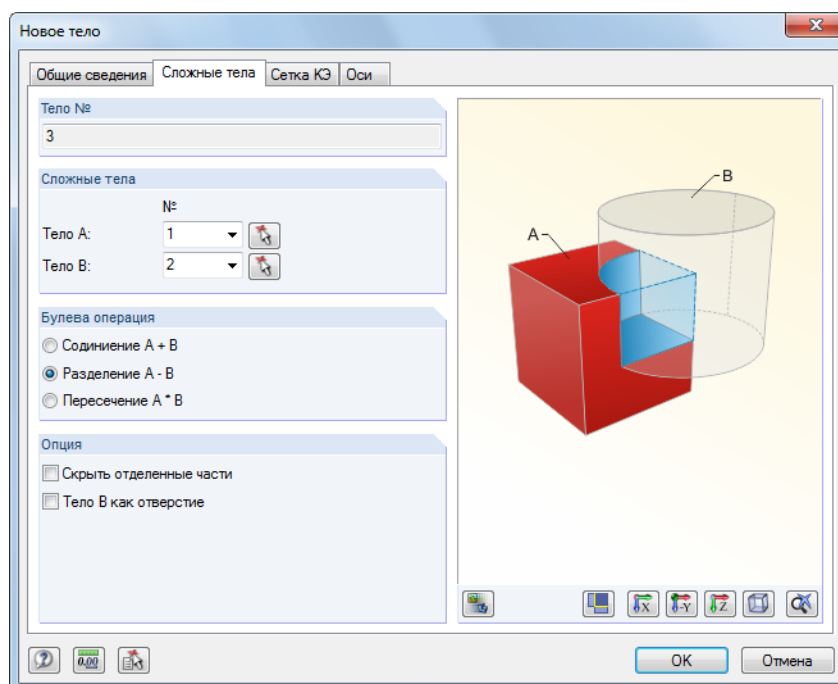
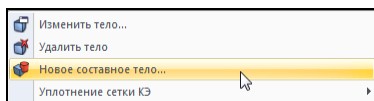


Рисунок 4.78: Диалоговое окно *Новое тело*, вкладка *Сложные тела*



Номера двух выбранных тел вводятся в поля ввода. Для изменения содержимого используйте список или функцию [↵].

Булева операция

Для составления тел в новое тело имеется три возможности:

- *Соединение*: Твёрдые тела *A* и *B* объединяются в одно целое.
- *Разделение*: Твёрдое тело *B* вырезается из сплошного тела *A*.
- *Пересечение*: RFEM определяет площадь пересечения тел *A* и *B*.



Диалоговое окно графики справа демонстрирует принцип комбинаций. Используйте кнопку [Показать рисунок или воспроизведение] для переключения между отображениями схемы и модели.

В разделе диалога *Возможность* определяется отображение разделенных частей в графике рабочего окна.

Для создания сложного тела нажмите кнопку [ОК]. В результате, создаются пересечения поверхностей (см. раздел 4.22, страница 173) с активными или неактивными компонентами поверхности (см. раздел 4.4, страница 85). В то же время, программа RFEM присваивает исходным телам тип *Нулевое*.

Объем V

В столбце таблицы показан объем каждого тела.

Вес W

В данной графе указана масса каждого тела. Она определяется объемом, и удельным весом материала.

Газ

Данная вкладка диалогового окна доступна при выборе тело типа *Газ* во вкладке диалогового окна *Общие сведения*.

Требуются *Параметры газа*, давление p_p и температура T_p (см.Рисунок 4.79).

Газ между двумя поверхностями

Данная вкладка диалогового окна доступна при выборе тела типа *Газ* во вкладке диалогового окна *Общие сведения*. С помощью параметров в данной вкладке можно моделировать характерные газовые контактные тела, представляющие влияние давления на две противоположные поверхности (например, стеклопакеты).

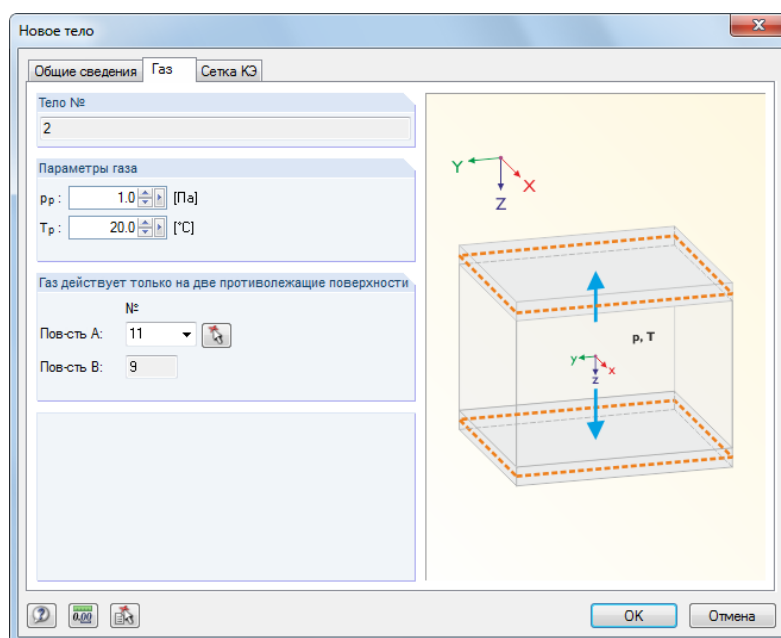
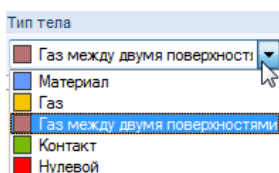
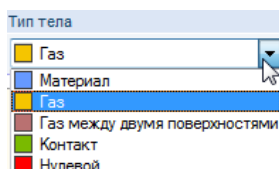
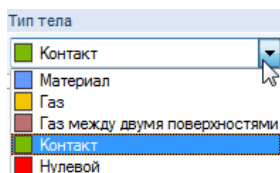


Рисунок 4.79: Диалоговое окно *Новое тело*, вкладка *Газ*



В дополнение к *Параметрам газа*, давлению p_p и температуре T_p , необходимо указать две поверхности, охватывающие газ. *Поверхность A* можно выбрать из перечня или определить в графическом виде, используя функцию [↵]. Параллельная *Поверхность B* будет введена автоматически.



Контакт

Данная вкладка диалогового окна доступна у заранее выбранного тела типа *Контактный* во вкладке диалогового окна *Общие сведения*.

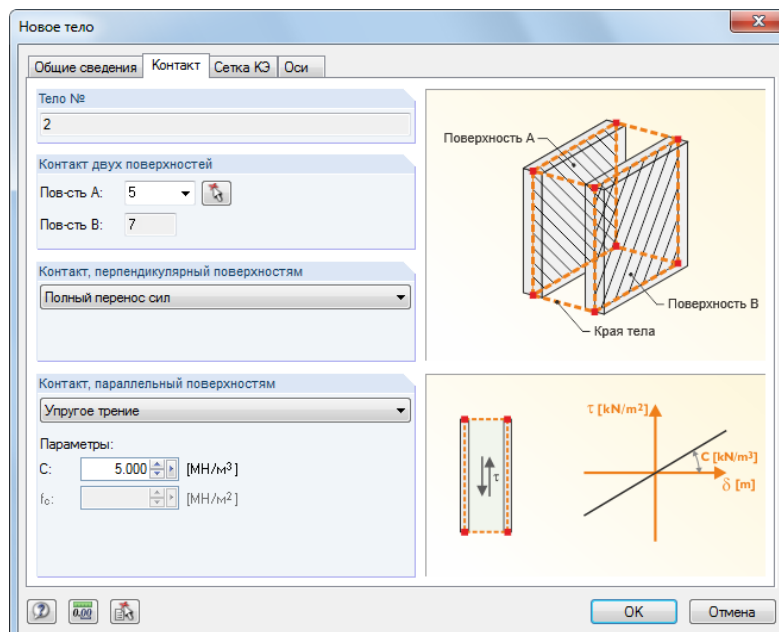


Рисунок 4.80: Диалоговое окно *Новое твёрдое тело*, вкладка *Контактный*



При вводе тела, типа контактный, должны соблюдаться следующие пункты:

- Обе контактные поверхности должны быть расположены параллельно и созданы одинаково. Рекомендуется создавать вторую контактную поверхность путем копирования.
- Каждая боковая соединяющая поверхность, существующая между контактными поверхностями, должна быть создана в качестве простой поверхности, и состоять из четырех граничных линий. Разделение соединительной поверхности, например на две составляющие поверхности в половине высоты, не допускается.
- При моделировании изогнутых контактных поверхностей, требуется разделить контактное тело на несколько простых частей.
- RFEM генерирует безраздельные 3D-элементы (параллельные «колонны») между конечными элементами контактных поверхностей, создавая прямую связь. Таким образом, разделение КЭ поверхности требует корректировки соответственно расстоянию между контактными поверхностями.
- Полигональные тела имеют преимущество перед треугольными



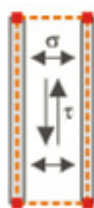
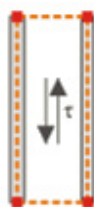
RFEM находит контактные поверхности автоматически. В диалоговом разделе *Контакты между двумя поверхностями*, можно, используя список, изменить *Поверхность A*. Также можно использовать функцию [^] для выбора поверхности в графическом виде. Автоматически RFEM вводит *Поверхность B* в виде поверхности тела, которая параллельна первой.

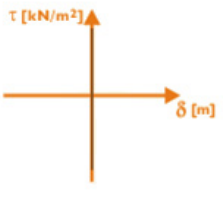
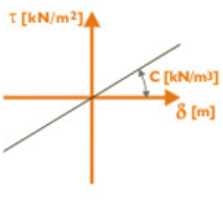
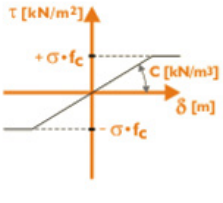
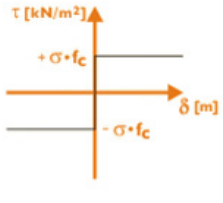
В диалоговом разделе *Контакт перпендикулярный к поверхности*, можно выбрать один из трех вариантов:

- Полный перенос сил
- Сжатие не переносится
- Растяжение не переносится

Критерии оценки разрушения *Сжатие не переносится* и *Растяжение не переносится* принимаются во внимание при расчёте деформаций узлов сетки КЭ сплошного тела.

Контакт параллельно поверхности может быть определен независимо, независимо от свойств контакта, действующих перпендикулярно к двум контактным поверхностям.



Контакт	Диаграмма	Описание
Полный перенос сил		Все силы передаются.
Упругое трение		«Трение» представляет собой упругое поведение: Поперечная сила возрастает пропорционально деформации. Присутствует неограниченная деформация. Жесткость пружины C требуется ввести в качестве параметра (что означает силу, необходимую для перемещения поверхности 1 м ² около 1 м).
Кулоновское трение		Этот тип контакта похож на упругое трение, но имеет нелинейную среду. Когда достигнуто напряжение сдвига $\sigma \cdot f_c$, напряжение сдвига остается неизменным, даже если деформация увеличивается. Напряжение σ представляет собой характерное напряжение в соответствующих конечных элементах. Жесткость пружины C и коэффициент Кулоновского трения f_c должны быть введены в качестве параметров.
Кулоновское трение с ограничением		В отличие от упругого Кулоновского трения, максимальное напряжение сдвига не зависит от нормального напряжения. Только одно определённое напряжение сдвига может быть поглощено. Жесткость пружины C и напряжение сдвига tau_{max} должны быть введены в качестве параметров.
Жесткое трение		Этот тип нелинейности похож на эластичное Кулоновское трение. Так как упругая зона отсутствует, немедленно вступает в силу Кулоновское трение. Коэффициент Кулоновского трения f_c должен быть введен в качестве параметра.

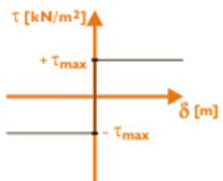
<p>Жесткое трение с ограничением</p>		<p>Этот тип нелинейности похож на эластичное Кулоновское трение с ограничением. Так как упругая зона отсутствует, ограничение, благодаря напряжению сдвига, немедленно вступает в силу. Напряжение сдвига τ_{max} должно быть введено в качестве параметра.</p>
--------------------------------------	---	---

Таблица 4.2: Свойства контактов параллельных контактным поверхностям

Система координат

У всех тел локальная система координат. Система осей имеет большое значение, например, для ортотропных свойств. Напряжения и деформации также привязаны с местной системе координат.

RFEM показывает системы координат при перемещении указателя по поверхности. Также можно использовать контекстное меню тела для включения и выключения отображения системы координат.

В диалоговом окне *Редактировать тело* можно настроить систему координат тела. Чтобы открыть диалоговое окно, дважды щелкните на тело. Управление направлениями локальных осей происходит во вкладке диалогового окна *Оси*.

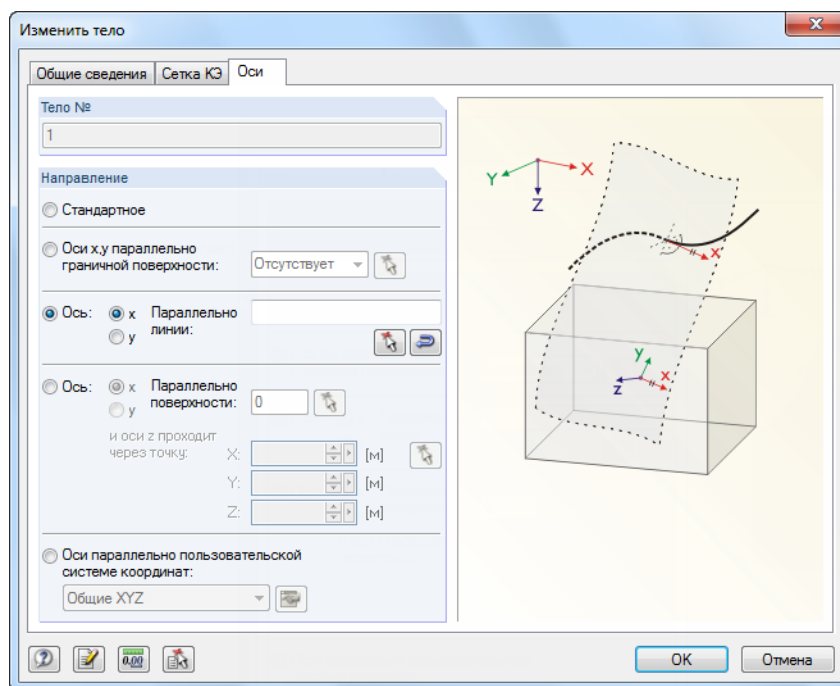


Рисунок 4.81: Диалоговое окно *Редактировать тело*, вкладка *Оси*

Локальные оси сплошного тела x и y могут быть направлены параллельно осям *граничных поверхностей, линиям, поверхностям* или в направлении *настроенной системы координат* (см. раздел 11.3.4, страница 477).

4.6 Отверстия

Общее описание



Отверстия используются для создания вырезов в поверхностях. В областях с отверстиями не генерируются конечные элементы, не применяются никакие поверхностные нагрузки.

Отверстия могут быть установлены на поверхностях в графическом виде. RFEM создает многоугольную сеть для различных типов отверстий и интегрирует ее в поверхность.

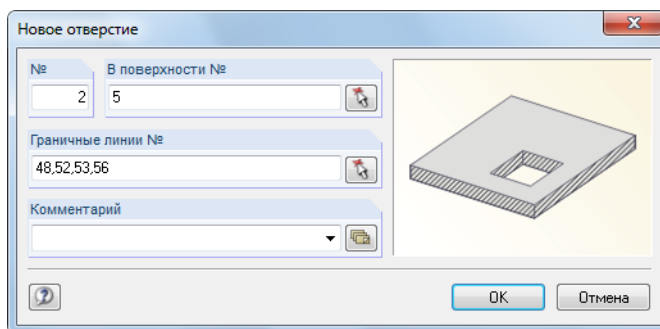
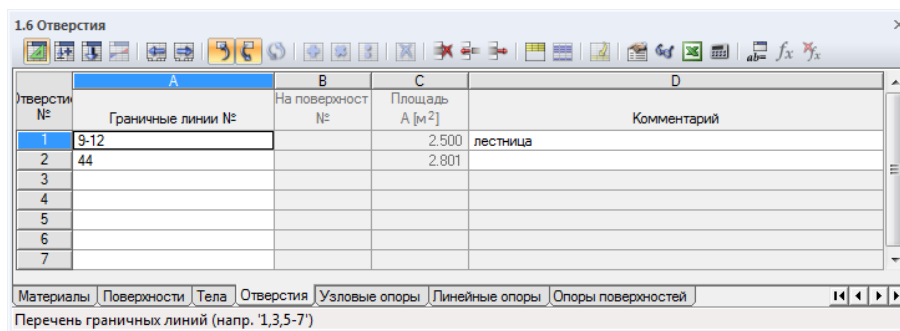


Рисунок 4.82: Диалоговое окно *Новое отверстие*



Отверстия №	Граничные линии №	На поверхность №	Площадь А [м²]	Комментарий
1	9-12		2.500	лестница
2	44		2.801	
3				
4				
5				
6				
7				

Рисунок 4.83: Таблица 1.6 *Отверстия*

Граничные линии

Введите ограничивающие отверстие линии. Они должны быть определены в виде многоугольной цепи. Также возможно отверстия на краю поверхности.



При использовании выбора в графическом виде, нажмите на граничные линии отверстий поочередно в графике. RFEM определяет отверстия автоматически, как только было определено достаточное количество граничных линий.

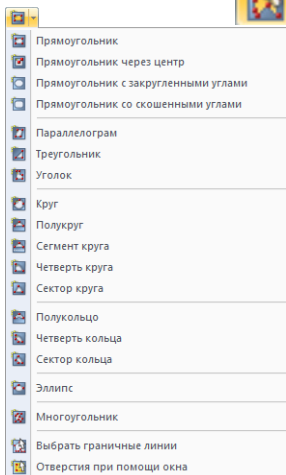


С помощью кнопки *Выбор граничных линий* в списке меню отверстий можно выбрать уже определённые линии в графическом виде. Они должны формировать многоугольную цепь.

Отверстия могут быть размещены непосредственно на поверхности, лежащей в рабочей плоскости, с использованием одной из слева показанных кнопок. Типы определений отверстий основаны на типах линий, описанных в разделе 4.2, страница 52 (например, круг, эллипс). Отверстие создается после определения контурных линий. Данная функция отменяет необходимость создания линий для отверстия заранее.

В поверхности

Для плоских поверхностей по умолчанию действует автоматическая интеграция. Для криволинейных поверхностей требуется интегрировать отверстия вручную. В диалоговом окне *Редактировать поверхность*, выберите вкладку *Комплексный* и введите количество отверстий в поле ввода (см. Рисунок 4.72, страница 88).



Площадь

В столбце таблицы отображается площадь отверстия.

4.7 Узловые опоры

Общее описание

Опоры используются для передачи нагрузок системы конструкции на основание. Без каких-либо опор, все узлы будут свободными и могут быть перемещены или повернуты. Если требуется рассмотрение узла в качестве опоры, по крайней мере, одна из его степеней свободы должна быть заблокирована или ограничена пружиной. Кроме того, узел должен быть частью поверхности или стержня. Граничные условия стержней должны также учитываться, чтобы исключить двойные освобождения на узлах опор.

Опоры узлов необходимы для того, чтобы применять налагаемые деформации.

Можно обеспечить узловая опора с нелинейными свойствами (критерии оценки разрушения для растяжения или сил сжатия групп, рабочих диаграмм и диаграмм жесткости).

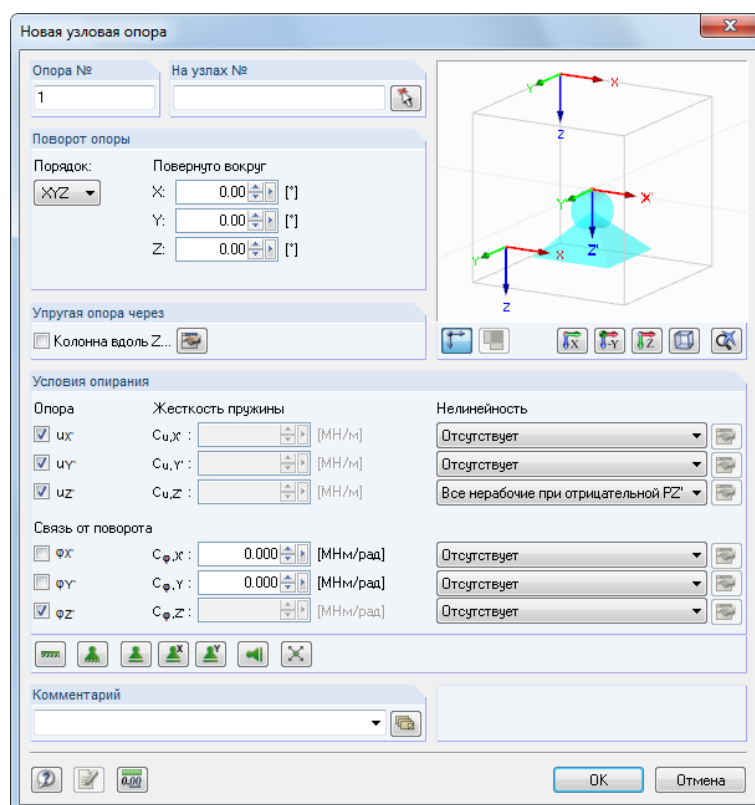


Рисунок 4.84: Диалоговое окно *Новая узловая опора*

1.7 Узловые опоры

Опора №	A	B	Наклон опоры [°]			F	Опора или пружина [МН/м]			Заделка с поворотом или пружина [МНм/рад]		
	На узлах №	Последов	вокруг X	вокруг Y	вокруг Z	Колонна по Z	u _x	u _y	u _z	φ _x	φ _y	φ _z
1	13,14	XYZ	0.00	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	46	XYZ	0.00	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	11320.0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	4	XYZ	0.00	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4												
5												
6												
7												
8												
9												

Материалы | Поверхности | Тела | Отверстия | Узловые опоры | Линейные опоры | Опоры по условию опирания от поступательного движения ('Да' / 'Нет' / Пружина / Выход из раб...)

Рисунок 4.85: Таблица 1.7 Узловые опоры



Чтобы открыть следующее диалоговое окно, откройте меню **Вставки**, укажите на **Данные модели** и **Узловая опора**, и потом выберите **Графически**, или используйте отображенную слева кнопку панели инструментов.

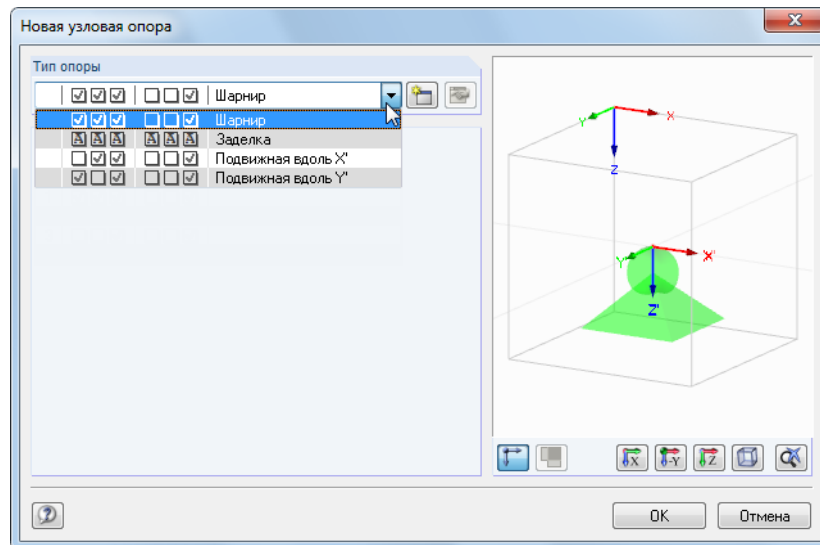


Рисунок 4.86: Диалоговое окно Новая узловая опора

Следующие типы опор предварительно определены и их можно выбрать из списка:

- Шарнир (YYY NNY)
- Заделка (ДДД ДДД)
- Подвижная вдоль X' (NYY NNY)
- Подвижная вдоль Y' (YNY NNY)

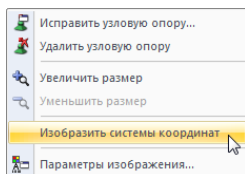
После нажатия на кнопку [OK], можно на графике назначить узлам выбранный тип опоры.

Используйте кнопку [Новая] для создания другого типа опоры. Появляется диалоговое окно, показанное на Рисунок 4.84.

На узлах

Сингулярные опоры можно определить только на узлах. Введите номер узла в столбце таблицы или в поле ввода диалогового окна. Также ее можно выбрать в графическом виде.





Контекстное меню узлового опирания

Вращение опоры

У каждой узловой опоры локальная система координат, которая по умолчанию направлена параллельно глобальным осям X, Y и Z. Используйте контекстное меню узловой опоры для включения отображения системы координат опоры.

Локальную систему осей опоры можно вращать. Сначала выберите *Порядок*, которая определяет порядок местных осей опор X', Y' and Z'. Затем введите угол вращения глобальных осей X, Y и Z в поля ввода ниже *Повернуто вокруг*. Также можете использовать кнопки диалога [►], чтобы определить Вращение опоры в графическом виде.

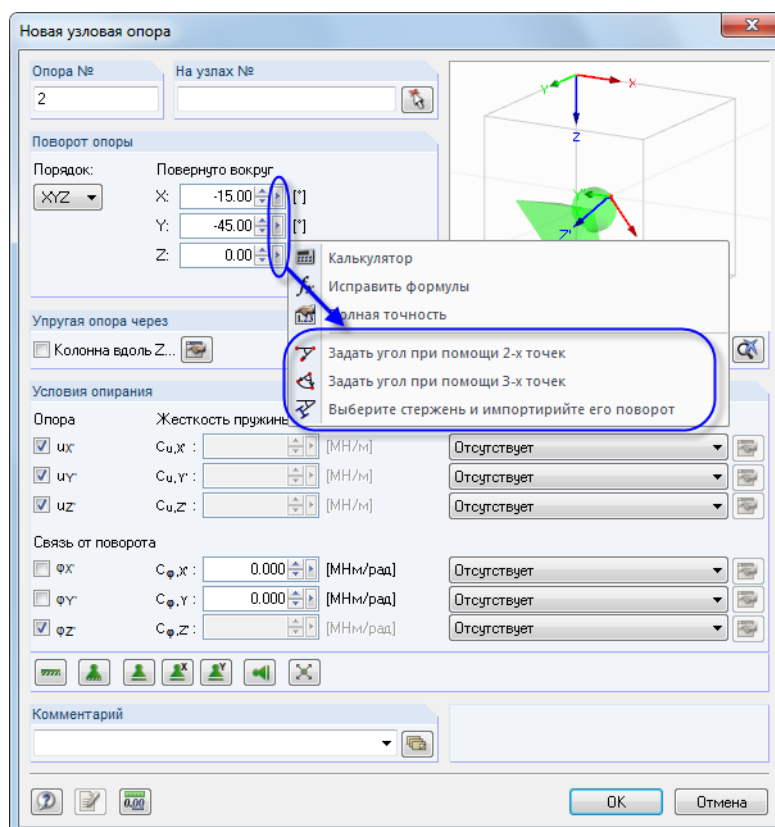


Рисунок 4.87: Диалоговое окно *Новая узловая опора* с функцией вращения опоры

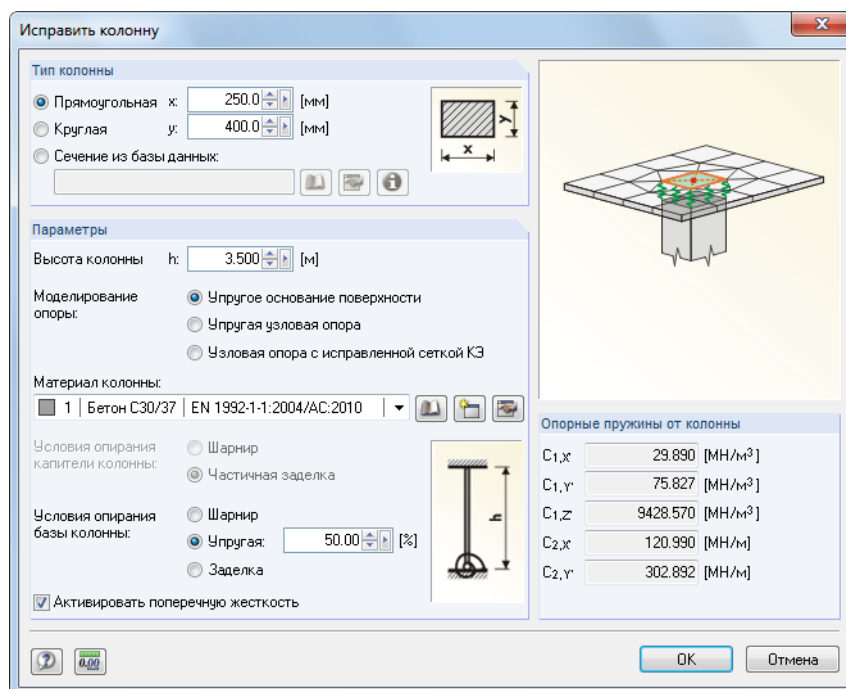
Введенное вращение опоры отображается на синхронизируемых диалоговых графиках.



После завершения вычисления можно оценить опорные реакции поворачивающейся узловой опоры в отношении глобальной, а также локальной системы осей.

Колонны вдоль Z

Зачастую реальные условия конструкции не достаточно представлены узловой опорой, например, при больших размерах области опоры. Такие условия опоры могут быть представлены в RFEM специальной колонкой макроэлементов, рассматривающих материал и геометрию колонны. RFEM рассчитывает вес пружины и регулирует условия опоры. Благодаря реалистичному моделированию можно избежать особых точек в одном узле КЭ, при определении жесткой опоры.

Рисунок 4.88: Диалоговое окно *Редактировать колонну*

Определите сечение колонны в разделе диалога *Тип колонны*. Поля ввода меняются в соответствии с выбранным типом колонны *Прямоугольная*, *Круглая* или с *Сечение из базы данных*. Таким образом, в дополнение к железобетонным колоннам можно использовать сечения колонн.

Кроме того, *высота колонны h* влияет на константы поступательных и вращательных пружин. В разделе диалога *Параметры*, определяется моделирование колонны в конструкции:

- *Упругое основание поверхности* представляет собой внутреннюю субповерхность (область выреза) области колонны, которая упруго поддерживается. Коэффициенты основания рассчитываются из геометрии колонны и материала.
- *Упругая опора узла* представляет собой также внутреннюю субповерхность, но поддерживается только в одном узле. Опора моделируется посредством поступательных и вращательных пружин, которые рассчитываются из геометрии колонны и ее материала. По сути дела, толщина поверхности дублируется для учета более высокой жесткости при изгибе в области колонны.
- *Узловая опора с адаптированной сеткой КЭ* соответствует упругой узловой опоре, без применения пружин к точечным опорам.

В дополнительном модуле RF-CHNCRETE Surfaces, вырезанные поверхности не могут быть рассчитаны в любом из трех вариантов модели. Вместо этого используются внутренние силы граничных линиях колонны.

При выборе *упругого основания поверхности* или *упругого узла опоры*, требуется ввести дополнительные данные для колонны. Выберите *Материал колонны* из списка уже определенных материалов, или создайте новый материал колонны (см. раздел 4.3, страница 63). Для определения жесткости пружины, требуются спецификации *Условий опоры оголовка колонны* и *основания колонны*. После отметки флажка *жесткость на сдвиг*, жесткость на сдвиг повлияет также на константы *опорных пружин благодаря колонне*.

Узловые пружины определяются по введенным параметрам, которые отображены справа в разделе диалога.



Опора или пружина

Для определения опоры, выберите соответствующую опцию в диалоговом окне или таблице. Флажок показывает, что соответствующая степень свободы блокируется, и смещение узла в соответствующем направлении невозможно.

Если определять опоры не требуется, снимите соответствующий флажок. Затем, программа RFEM устанавливает постоянную поступательной пружины на нулевую величину в диалоговом окне *Узловая опора*. Постоянную пружины всегда можно изменить для упругой узловой опоры. В таблице введите постоянную непосредственно в колонку таблицы.



Жесткости пружины должны быть введены в качестве расчётных значений.

Назначение нелинейных условий опоры описано ниже.

Сдержанность или пружина

Сдержанность определяется таким же путем как и опоры. Флажок опять показывает блокировку соответствующей степени свободы и невозможность смещения узла в соответствующем направлении. Постоянные для вращательных пружин могут быть определены после удаления флажков. Введите пружинную постоянную непосредственно в соответствующую колонку таблицы.



Диалоговое окно *Новая узловая опора* (см. Рисунок 4.84, страница 99) содержит кнопки для различных типов опор, облегчая определение степени свободы.

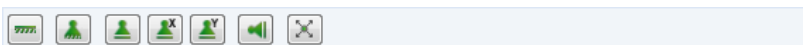


Рисунок 4.89: Кнопки в диалоговом окне *Новая узловая опора*

Кнопки имеют следующие функции, используемые для свойств опоры:








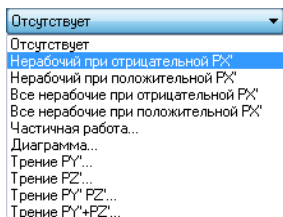
Кнопка	Тип опоры
	Жесткий
	Закрепленный на шарнирах со сдержанностью около Z'
	Подвижные вдоль X' и Y' со сдержанностью около Z'
	Подвижные вдоль X' со сдержанностью около Z'
	Подвижные вдоль Y' со сдержанностью около Z'
	Подвижные вдоль Z' и Y' со сдержанностью около Z'
	Свободный

Таблица 4.3: Кнопки в диалоговом окне *Узловая опора*

Нелинейности

Для подробного управления передачи внутренних сил, можно обеспечить узловые опоры с нелинейными свойствами. Список нелинейностей включает следующие опции:

- Ошибка компонента, если сила опоры или момент является отрицательным или положительным
- Полная ошибка опоры, если сила опоры или момент является отрицательным или положительным
- Частичная работа



- Диаграмма
- Трение в зависимости от оставшихся опорных сил

Нелинейные свойства доступны в диалоговом окне и таблицы в списке (см. Рисунок 4.84 и Рисунок 4.85). Таким образом, можно определить передаваемые на поддерживаемом узле моменты и силы для каждой степени свободы.

Нелинейные эффективные опоры отображаются на графике другим цветом. В таблице, элементы опоры, имеющие нелинейные свойства, обозначены синим флажком.

Ошибка если сила опоры/момента является отрицательной или положительной

Оба варианта представляют собой простое управление, чтобы решить, может ли опора принимать только положительные или отрицательные силы/моменты: Если внутренняя сила (сила или момент) действует в запрещенном направлении, соответствующий компонент опоры не удастся. Остальные удержания и сдержанности все еще будут эффективными.

Направления *положительные* или *отрицательные* относятся к силам или моментам, которые размещаются в узловой опоре относительно соответствующих осей (они не относятся к силам реакции опоры). Таким образом, знаки определяются направлением глобальных осей. Если глобальная Z-ось направлена вниз, загрузка "Собственный вес" приводит к положительной силе опоры P_z .

Ошибка если сила опоры/момента является отрицательной или положительной

В отличие от ошибки отдельного компонента, которая была описана выше, опора полностью выходит из строя, как только компонент является неэффективным.

Чтобы получить доступ к следующим диалоговым окнам, используйте кнопки [Редактировать нелинейность] или [▼] справа от доступного в диалоговом окне и списке таблицы.



Частичная работа

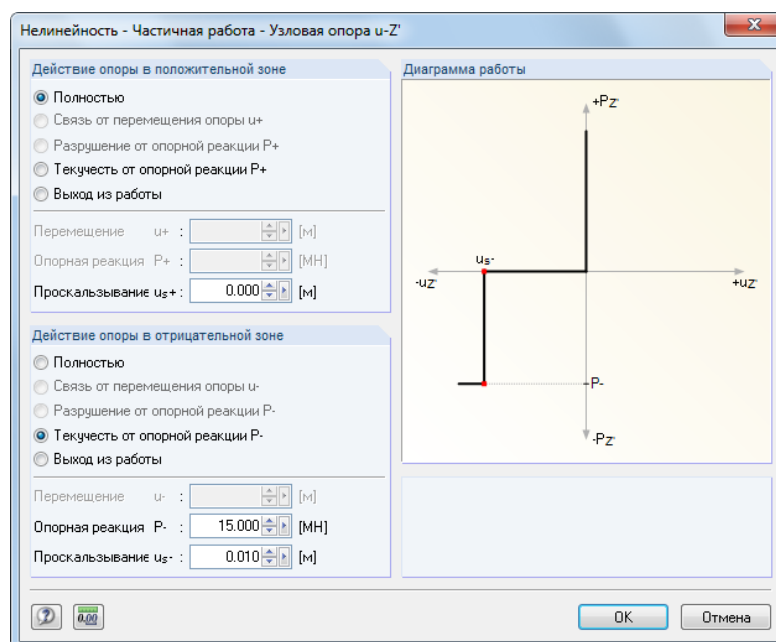


Рисунок 4.90: Диалоговое окно *Нелинейность - частичная работа*

Эффект опор может быть определен отдельно для *Положительной* и *Отрицательной* зоны. Правило знака описано в предыдущем абзаце. В дополнение к *полной* активности или

полному *отказу*, опора может быть установлена, чтобы быть эффективной только тогда, когда она смещается или поворачивается в определённой степени. В этом случае поступательная или вращательная пружина должна быть определена ранее.

Кроме того, *разрыв* (сбой опоры при превышении определённой силы или момента), также как и *Пригибание* (действует только пока достигнута сила или момент) может быть установлен в комбинации с *проскальзыванием*.

Посмотрите на динамический график диалога, называемый *Схема активности* для проверки условий опоры.

Диаграмма

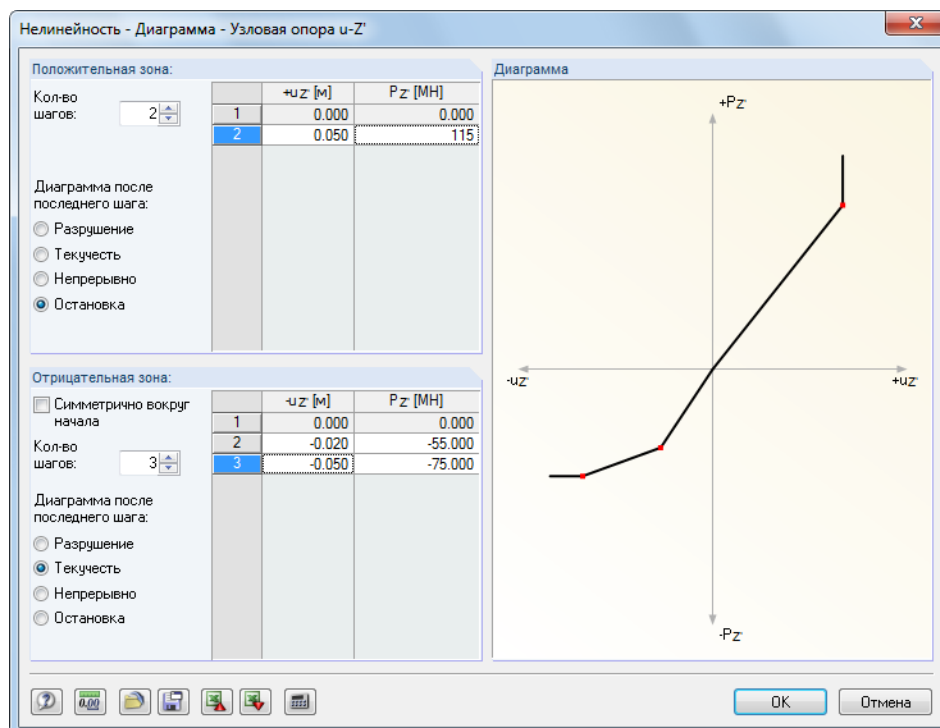


Рисунок 4.91: Диалоговое окно *Нелинейность - Диаграмма*

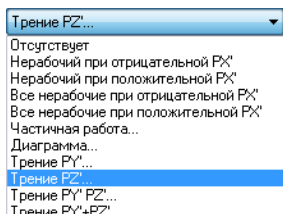
Эффект опор может быть определен отдельно для *Положительной* и *Отрицательной* зон. Прежде всего, определите *количество шагов* (что означает точек определений) для рабочей схемы. Затем введите величины абсциссы смещений или вращений с соответствующими силами опор или моментами в список справа.

После последнего шага имеются различные варианты *Диаграммы*: *Разрыв* для ошибки опоры при превышении, *пригибание* для ограничения перехода к максимуму допустимой силы опоры или моменту, *непрерывно* как в последнем шаге, или *Стоп* для ограничения на максимально допустимые смещения или вращение с последующей жесткой или сдержанной деятельностью опоры.

Трение в зависимости от опорной силы

Используйте четыре варианта трения, чтобы установить переданные опорные силы по отношению к сжимающим силам, действующим в другом направлении. В зависимости от вашего выбора, трение зависит только от одной силы или от общей силы двух опорных сил, действующих одновременно.

Нажмите кнопку диалога [Редактировать], чтобы открыть диалоговое окно, где можно определить *Коэффициент трения* μ .



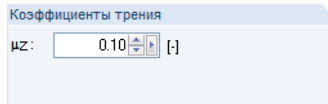


Рисунок 4.92: Диалоговое окно *Трение в ix'* (раздел диалога)

Следующее соотношение между осевой силой и силой трения опоры:

$$P_{\text{Support}} = \mu \cdot P_{\text{Axial force}}$$

Формула 4.11

4.8 Линейные опоры

Общее описание

Линейные опоры описывают граничные условия всех узлов КЭ, доступных вдоль линии. Перемещения и Вращение в данных внутренних узлах могут быть предотвращены или ограничены поступательными и вращательными пружинами.

Можно назначить нелинейные свойства смещениям линейным опорам так, что опоры не будут эффективны в случае растяжения или сжатия.

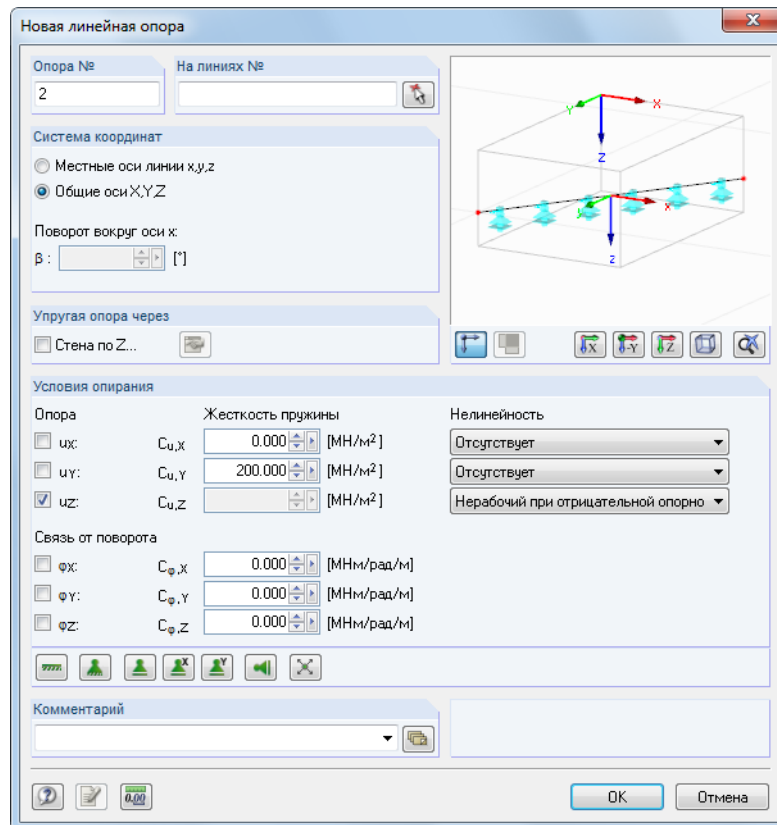


Рисунок 4.93: Диалоговое окно *Новая линейная опора*

1.8 Линейные опоры

Опора №	A		B	C	D	E		F	G	H		I	J	K
	На линиях №	Относительно система	Наклон β [°]	Стена по Z	Опора или пружина [МН/м²]	ux	uy	uz	φx	φy	φz	Комментарий		
1	6,9,15	Общие		<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
2	4	Местные	0.00	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	200.000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
3	3	Общие		<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
4									Да					
5									Нет					
6									Жесткость пружины					
7									Выход из работы...					
8														

Материалы | Поверхности | Тела | Отверстия | Узловые опоры | **Линейные опоры** | Опоры поверхностей | Линейные шарниры

Условие опирания от поступательного движения ('Да' / 'Нет' / Пружина / Выход из работы / F7 для выбора)

Рисунок 4.94: Таблица 1.8 Линейные опоры



Чтобы открыть следующее диалоговое окно, откройте меню **Вставки**, укажите на **Данные модели** и **Линейная опора**, и потом выберите **В графическом виде**, или используйте отображенную слева кнопку панели инструментов:

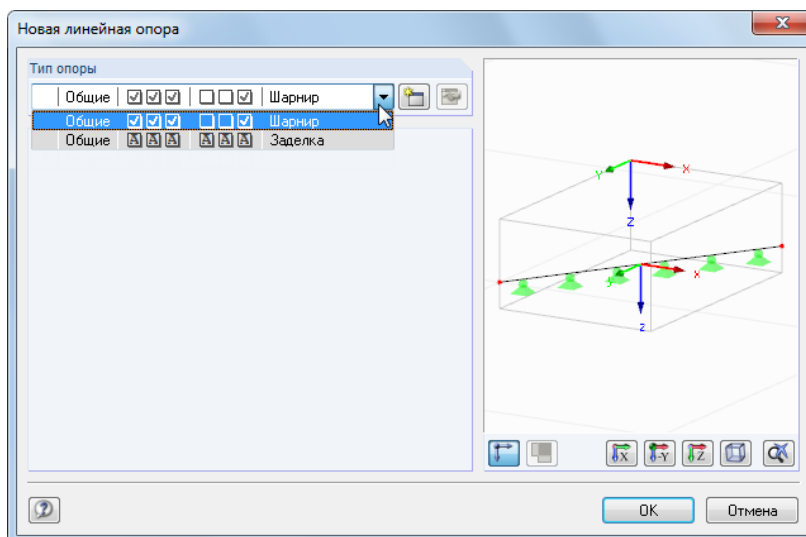


Рисунок 4.95: Диалоговое окно Новая линейная опора

Типы опор *закрепленные на шарнирах (YYY NNN)* и *жесткие (YYY YYY)* predeterminedены и могут быть выбраны из перечня. После нажатия на кнопку [OK], можно на графике назначить линиям выбранный тип опоры.



Используйте кнопку [Новая], чтобы создать другой тип опоры. Появляется диалоговое окно, показанное на Рисунок 4.93.



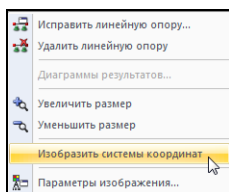
На линиях

Линейные опоры можно определить только на линиях, которые принадлежат к поверхности или телу. Введите номер линии в колонку таблицы или в поле ввода диалогового окна. Также ее можно выбрать в графическом виде.

Система отсчета

Параметры опоры могут быть связаны с *местными* линейными осями x, y, и z или *глобальными* осями X, Y и Z. Индексы в диалоговом разделе *Условия опоры*, а также заголовки колонок таблиц от E до J меняются в зависимости от выбранной настройки.

Отображение местной системы осей линий, включая нумерацию, можно установить в навигаторе *Отображение*. Можно также использовать контекстное меню линейной опоры.



Контекстное меню линейной опоры

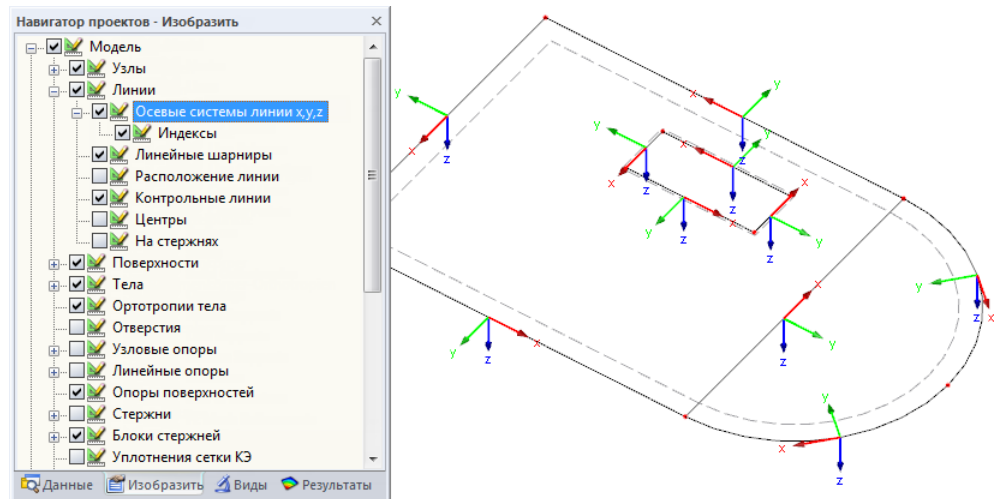


Рисунок 4.96: Активация местных линейных систем осей x,y,z в навигаторе Отображение

Вращение опоры

Систему осей локальной линейной опоры можно вращать. Вращение вокруг положительного угла β вращает опору по часовой стрелке вокруг положительной оси x.

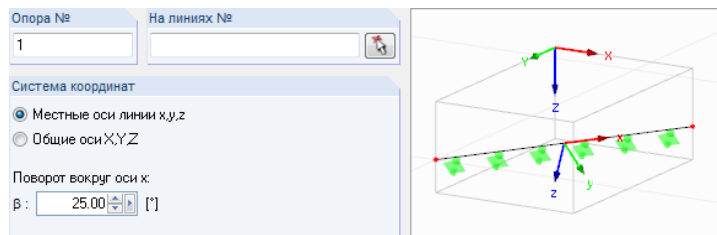


Рисунок 4.97: Вращение опоры

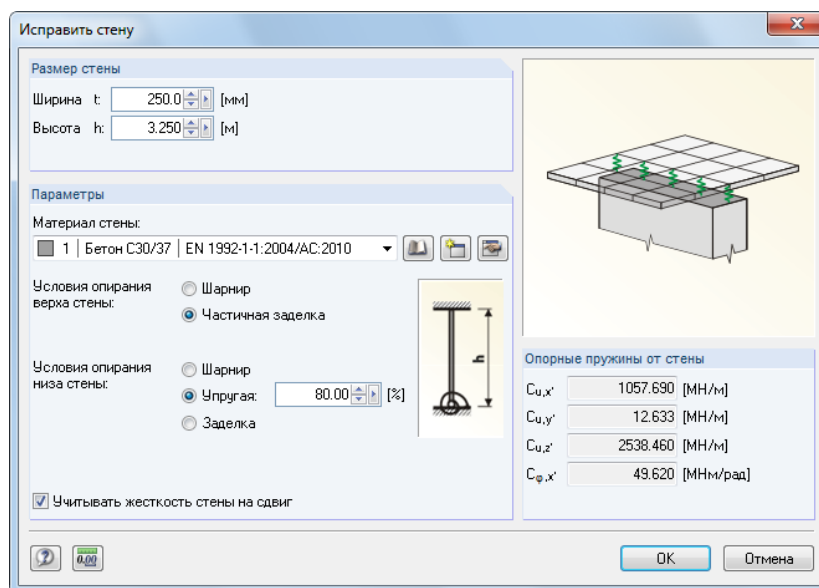
Введенное вращение опоры показано на динамических диалоговых графиках.



Когда вычисление завершено, можно оценить опорные реакции вращающейся линии опоры в отношении глобальной и локальной системы осей.

Стена по Z

Поверхность рассматривается в качестве упругой опоры при опоре на стену, и зависит от жесткости стены. Фиксированная линейная опора не будет представлять гибкость должным образом. Для такого типа опоры можно определить *стену*: RFEM будет вычислять постоянные поступательных и вращательных пружин от материала стены и геометрии. Эта опция особенно полезна для 2D пластины, чтобы избежать сингулярности, которые будут происходить у жесткой поддерживаемой линии.

Рисунок 4.98: Диалоговое окно *Редактировать стену*

В разделе диалога *Размер стены* определяется геометрия. В дополнение к *ширине t*, *высота h* влияет на постоянные поступательных и вращательных пружин.



В диалоговом разделе *Параметры* можно выбрать *Материал стены* из списка уже заданных материалов. Можно также создать новый материал стены (см. раздел 4.3, страница 63).

Для определения жесткости пружины, требуются спецификации *Условий опоры оголовка стены* и *основания стен*. Если отметить флажок *разрешить жесткость на сдвиг*, жесткость на сдвиг повлияет также на постоянные *опорных пружин благодаря стене*.

Пружинные постоянные, определяемые из введенных параметров, показаны в диалоговом разделе вправо.

Ширины стен отображаются на поддерживаемой линии на графике.

Опора или пружина

Для определения опоры, выберите соответствующую опцию в диалоговом окне или таблице. Флажок показывает, что соответствующая степень свободы блокируется, и смещение линии в соответствующем направлении невозможно.

Если определять опоры не требуется, снимите соответствующий флажок. Затем, программа RFEM устанавливает постоянную поступательной пружины на нулевое значение в диалоговом окне *Линейная опора*. Пружинную постоянную всегда можно изменить для представления упругой опоры линии. В таблице введите постоянную непосредственно в колонку таблицы.



Жесткости пружины рассматриваются как расчётные значения.

Назначение критерия разрушения описан ниже.

Сдержанность или пружина

Сдержанности определяются таким же путем как и опоры. Снова, флажок показывает, что соответствующая степень свободы блокируется, и смещение линии в соответствующем направлении невозможно. Постоянные для вращательных пружин могут быть определены, как только флажки будут удалены. В таблице, введите пружинную постоянную непосредственно в соответствующую колонку таблицы.



Диалоговое окно *Новая линейная опора* (см. Рисунок 4.93, страница 106) содержит кнопки для различных типов опор, что делает определение степени свободы легче.

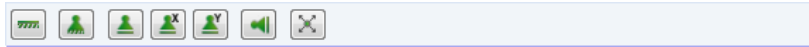


Рисунок 4.99: Кнопки в диалоговом окне *Новая линейная опора*

Кнопки имеют следующие функции, используемые для свойств опоры:








Кнопка	Тип опоры
	Жесткий
	Опора заделка с сдерживанием вращения вокруг Z'
	Подвижная вдоль X' и Y' с заделкой вращения вокруг Z'
	Подвижная вдоль X' с заделкой вращения вокруг Z'
	Подвижная вдоль Y' с заделкой вращения вокруг Z'
	Подвижная вдоль Z' и Y' с заделкой вращения вокруг Z'
	Свободный

Таблица 4.4: Кнопки в диалоговом окне *Линейная опора*

Нелинейности

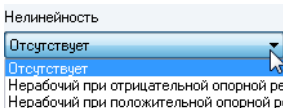
Можно назначить следующие нелинейные функции к опорам или к передвижным пружинам линейной опоры:

- Отказ, если опорная сила положительная
- Отказ, если опорная сила отрицательная

Нелинейные свойства могут быть доступны в диалоговом окне и таблице с помощью списка (см. Рисунок 4.93 и Рисунок 4.94). Используйте эти параметры, чтобы определить опоры для каждого из элементов, только положительные или отрицательные силы передающиеся на линии опоры.

Положительные или *отрицательные* относятся к силам, которые относятся к опорам в направлениях соответствующих осей (они не относятся к силам реакций линейной опоры). Таким образом, знаки исходят от направлений местной или общей осей. Например, если местная Z-ось линии направлена вниз, "Собственный вес" загрузка приводит к положительным опорным реакциям p_z .

Нелинейные эффективные опоры линий выделены другим цветом. В таблице можно распознать опорные элементы с синим флажком, критерия разрушения.



4.9 Опоры поверхности

Теоретические основы

Упругая поверхность оснований представляют собой эластичную опору всех 2D элементов поверхности.

В Винклеровском основании, грунт считается идеальной жидкости, на которой плавают плиты. Эта модель основана на значительных различиях между модулями упругости для бетонов и (линеаризованного) грунта, которые обычно представлены 1000:1 и выше.

Математические предположения Винклера заключается в следующем:

$$p_z = C_z \cdot w_z$$

Уравнение 4.12

В каждой точке, контактное давление p_z вводится в отношении перемещения w_z посредством постоянной основы C_z . Тем не менее, предположение подразумевает, что каждая точка смещается независимо от всех других узлов плана этажа. Таким образом, окружающий грунт не имеет отношения к деформации поверхности (Рисунок 4.100a).

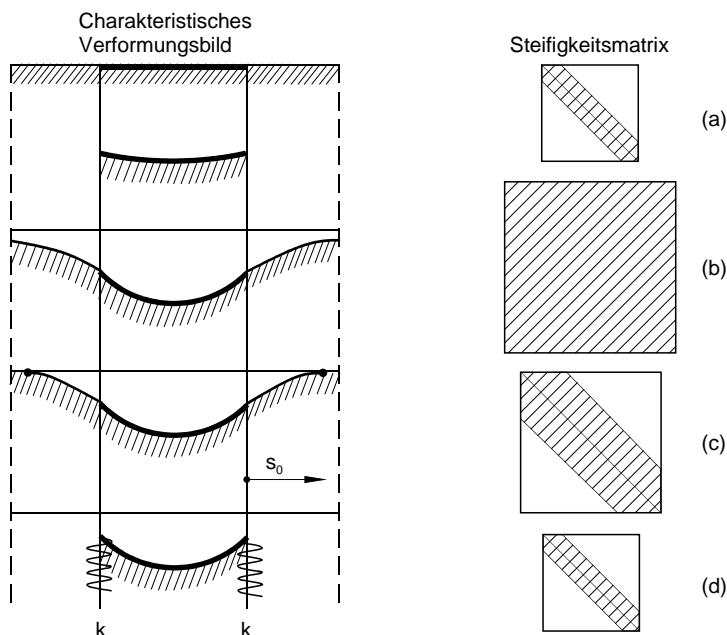


Рисунок 4.100: Корреляция между показателем деформации и пропускной способностью матрицы жесткости

Эта элементарная модель основы далее не соответствует современным требованиям.

Улучшенный тип моделирования упругих основ базируется на *модуле жёсткости*. В этой модели, грунт рассматривается как упругое полупространство со всеми его узлами соотносящихся математически и механически. Это приводит к "бесконечным" оседаниям котлована с эффектом затухания. Недостатком этой модели грунтового основания представляет собой огромную систему матриц (Рисунок 4.100 b).

RFEM алгоритм использует эффективную модель грунта в соответствии с КОЛАР / НЕМЕЦ, объединяющий в себе преимущества обеих моделей. Эта модель грунтового основания основана на теории ПАСТЕРНАКА [8]:

- Для плиты, которая находится в контакте с грунтом, имеют важное значение только механические свойства нелинейно-упругой или пластичной полупространств находящихся в промежутке контакта. Таким образом, эффекты трёхмерной основы сосредотачиваются в промежутке между контактами, это означает, что преобразуются в 2D проблему.

- Винклерова модель осуществляет 2D скопление (см. уравнение 5.4), хотя он неточен с точки зрения энергии. Вводя второй коэффициент C_v прочность почвы в сдвиге, устанавливается совместное действие почвы за краями плиты. Естественное оседание фундамента сформировано с ограниченными размерами, как это можно проверить в реальности.
- Создаются две параметрические системы (C_u, C_v). $C_{u,z}$ примерно соответствует постоянной фундамента Винклера и таким образом может применяться в практических расчётах. Для разъяснения, вся система состоит из пяти параметров: $C_{u,x}, C_{u,y}, C_{u,z}, C_{v,x}$, и $C_{v,y}$.

Рисунок 4.100с показывает в сравнении эту модель почвы. Численно, модель КЭ настолько стабильна, как модель Винклера. Однако, включив в него элементы почвы, оседание фундамента приводит к большой матрице системы.

Модель Колара/Немца была также усовершенствована. Опыт показал, что элементы почвы могут быть исключены из системы с помощью соответствующих мер. *Эффективная модель почвы* реализуется в RFEM, символически показана на Рисунок 4.100 d. Таким образом, устраняются недостатки системы большой матрицы. Найдите подробное описание эффективной модели почвы фундамент в [4].

Окружающая почва ("почва, клин") исключается из модели поверхности путем преобразования его жесткости в упругую границу линии и угловой узел опоры.

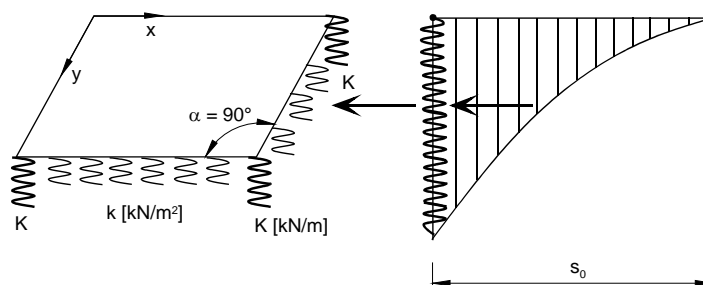


Рисунок 4.101: Преобразование окружающую почву в линию и угловые узловые опоры

В первом приближении, константы пружины k и K в угловом узлу и линии опоры рассчитываются в соответствии со следующими уравнениями:

$$k = \sqrt{C_{u,z} \cdot C_{v,perpendicular}}$$

Уравнение 4.13: Константа тугости пружины опоры линии

$$K = \frac{C_{v,x} + C_{v,y}}{4}$$

Уравнение 4.14: Константа тугости пружины углового узла опоры

В Уравнение 4.13 требуется вставить параметр C_v , который действует перпендикулярно линии границы.

Уравнение 4.14 используется для узлов с углом $\alpha = 90^\circ$ (см. [17] для других размеров углов). Углы больше, чем 90° ведут к меньшему значению K . Однако, если $\alpha = 0^\circ$, K также, $= 0$.

Пружины, определённые таким способом должны быть расположены, в дополнение к упругому основанию поверхности, как линейные и узловые опоры в модели.



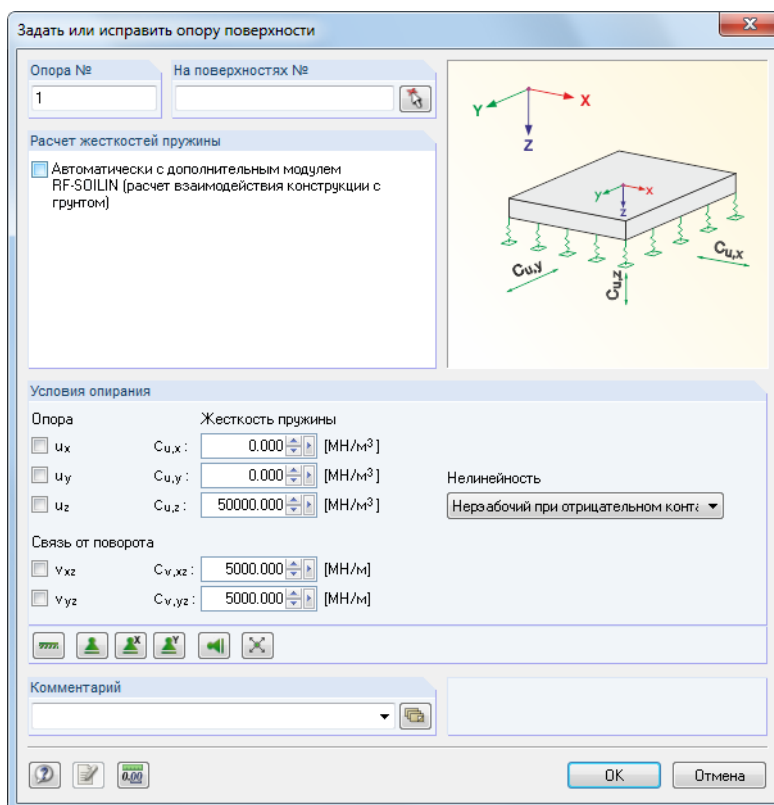


Рисунок 4.102: Диалоговое окно Новая опора Поверхности

1.9 Опоры поверхностей

Основан. №	A На поверхностях №	B Жесткости пружин в RF-SOILIN	C Подвижная опора или пружина [МН/м ³]			F Пружина сдвига [МН/м]		H Комментарий
			u _x	u _y	u _z	x	y	
1	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	50000.000	5000.000	5000.000	
2	2-4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	30000.000	3000.000	3000.000	
3					Да			
4					Нет			
5					Жесткость пружины			
6					Выход из работы...			

Константа продольной жесткости основания для местной оси z (перпендикулярно поверхности).

Рисунок 4.103: Таблица 1.9 Опоры поверхности

На поверхностях

Введите номер поверхностей для опор в колонку таблицы или в поле ввода диалогового окна. Можно также выбрать их в графическом виде.

Константы пружины с RF-Solin

Каждая почва имеет более или менее отличительные нелинейные упругие или пластические особенности. Для лёгкого определения коэффициентов фундамента, используйте дополнительный модуль Dlubal RF-SOILIN. Программа выполняет расчёты оседаний, которые основаны на действиях нагрузки и результатах испытаний. Потом он определяет коэффициенты пружин в каждом конечном элементе. В дополнительном модуле, разные слои почвы можно рассматривать в нескольких точках записи.

Если выбрана опция и никакие результаты RF-SOILIN недоступны, коэффициенты фундамента будут определяться перед осуществлением расчёта RFEM.

Опоры u_x / u_y / u_z или пружины $C_{u,x}$ / $C_{u,y}$ / $C_{u,z}$

Направления опор или пружин идентичны местным осям поверхности x , y и z . Используйте навигатор *Изобразить* или контекстное меню поверхности, чтобы показать их на графике (см. Рисунок 4.73, стр. 89).



Жесткости пружины должны быть введены как расчётные значения.

Если опора действует перпендикулярно к поверхности, введите опору или константу пружины в поле ввода $C_{u,z}$. Параметр практически идентичен модулю Винклера фундамента C_z . Он может быть взят из экспертизы почвы.

Параметры $C_{u,x}$ и $C_{u,y}$ представляют трансляционные пружины описывающие сопротивление фундамента против смещения в направлениях поверхности x или y . В случае перекрытия, они определяют (независимый от нагрузки) сопротивление в горизонтальных направлениях.



В графике, пружины всегда размещаются в направлении положительной оси поверхностных z . Если символы пружин на "неправильной" стороне поверхности, можно быстро изменить направление местной оси z : Щелкните правой кнопкой мыши на поверхность, чтобы открыть контекстное меню и выберите *Реверс местной оси системы*. Эта опция доступна только у 3D-моделей, не для плоских моделей. При изменении настроек, обратите внимание, что также критерий разрушения изменит направление действий.

Жесткие опоры дают такую возможность, например, у симметричных сплошных моделей, чтобы представить только одну часть модели. Таким образом, можно значительно увеличить скорость расчёта.

Поперечные пружины $C_{v,x}$ / $C_{v,y}$

Эти поля ввода используются для рассмотрения прочности почвы в сдвиге в направлении поверхностных осей x или y . В большинстве случаев, постоянная ПАСТЕРНАКА C_v находится между $0,1 \cdot C_z$ (малая прочность сдвига) и $0,5 \cdot C_z$ (средняя прочность сдвига). Как правило, могут быть применены $C_{v,x} = C_{v,y}$.

Главная идея эффективной модели является связать параметры $C_{y,z}$ и C_v с помощью коэффициента s в соответствии со следующими уравнениями.

$$C_{v,x} = C_{u,z} \cdot s_x^2$$

Уравнение 4.15: Константа сдвига пружины $C_{v,x}$

$$C_{v,y} = C_{u,z} \cdot s_y^2$$

Уравнение 4.16: Константа сдвига пружины $C_{v,y}$

Значение s является аналогом упругой длины для балок с упругим основанием. Это эмпирическое уравнение было выведено из расчётных измерений (см. Рисунок 4.100с, стр. 111):

$$s_0 = 4,0 \text{ s до } 5,0 \text{ s Средняя: } s_0 = 4.5 \text{ s}$$

Уравнение 4.17.: Оседание фундамента s_0

Оседание фундамента s_0 упомянутое в Уравнение 4.17 применяется скорее в смысле энергии, чем геометрическом смысле термина. В строительной практике, s_0 определяется как расстояние от основания плиты, где оседания опускаются ниже 1% от значений основания фундамента. Если значение индекса для s_0 , известно, s рассчитывается в соответствии с Уравнение 4.17. В результате, мы получаем значение C_v в соответствии с Уравнение 4.15 и Уравнение 4.16. Если нет доступных измерений, но определения или оценки величины C_v от типа почвы возможно, можно определить величину s следующим образом:

$$s_x = \sqrt{\frac{C_{v,x}}{C_{u,z}}} \quad \text{или} \quad s_y = \sqrt{\frac{C_{v,y}}{C_{u,z}}}$$

Уравнение 4.18

Определение C_v является основной проблемой при применении модели фундамента в соответствии с ПАСТЕРНАКОМ. Если C_v стремится к нулю, эта модель переходит в энергетически дефектную модель ВИНКЛЕРА. Если C_v стремится к бесконечности, достигнув оседания фундамента s_0 становится также бесконечным. Тогда энергия деформации почвы является бесконечным выражением, а также изменения оседаний, как и оседаний стремящихся к нулю. Поэтому нереально высокие значения C_v приведет к численным проблемам в алгоритме КЭ.

Для сыпучего песка например, C_v стремится к нулю. Для компактных типов пород, однако, можно предположить, около $1.0 \cdot C_{u,z}$.

КОЛАР [17] предоставляет общую таблицу со следующими направлениями значений. Пожалуйста, обратите внимание, что они не заменяют значения с экспертизы почвы.

Консистенция почвы	$C_{u,z}$	Прочность в сдвиге C_v		
		Ни один	Средний	Высокий
	[kN/m ³]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
очень мягкий	1,000	0	500	1,000
средне-плотный	10,000	0	5,000	10,000
плотный	100,000	0	50,000	100,000

Таблица 4.5: Ориентировочные величины для $C_{u,z}$ и C_v



Диалоговое окно *Новая Опора Поверхности* (см. Рисунок 4.102, стр. 113) предоставляет кнопки для различных типов опор, облегчая определение степеней свободы.

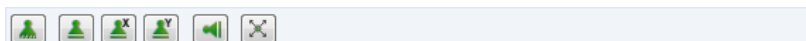


Рисунок 4.104: Кнопки в диалоговом окне *Новая Опора Поверхности*

Кнопки имеют следующие функции, используемые для свойств опор:







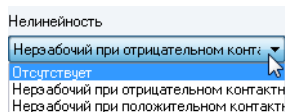
Кнопка	Тип опоры
	Заделка
	Подвижная в направлении x и y
	Подвижная в направлении x
	Подвижная в направлении y
	Подвижная в направлении z
	Свободный

Таблица 4.6: Кнопки в диалоговом окне *Опора Поверхности*



Нелинейность

Опора может быть исключена для положительных или отрицательных контактных напряжений объявляющихся в направлении смещения u_z : Фундамент разрушиться, например, в случае увеличения сил. Введите параметры с помощью списка доступных в диалоговом окне или таблице (см. Рисунок 4.103, стр. 113).

Положительный или *отрицательный* относятся к напряжениям, действующих в направлении (или обратном направлении) местной

z -оси поверхности: Положительные контактные напряжения возникают у плиты перекрытия от нарузки собственного веса, а общая ось Z , а также местная ось Z обе направлены вниз.

Если ось поверхности z была направлена вверх, контактное напряжение будет отрицательным.

Опция изображения местных осей поверхности показана на Рисунок 4.73, стр. 89.

Нелинейные эффективные опоры поверхностей отображаются другим цветом в графическом окне. В таблице, характерные величины u_z таких опор показаны синим цветом.

Когда нелинейность существует, RFEM рассчитывает деформации и напряжения от нескольких итераций. Программа обнаруживает которые конечные элементы становятся освобожденными от стрессов, в случаи, если фундамент больше не является активным из-за разрушения.



Обратите внимание, что это может произойти у результатов комбинаций с нелинейным действием опор, эти результаты в сочетании с локально-различным разрушением опоры. В тех случаях, рекомендуется использовать комбинации нагрузок (см. пример в Рисунок 5.28, стр. 209).

4.10 Линейные шарниры

Общее описание

Поверхности соприкасаются друг с другом на одной линии жестко соединены на ней. Линейным шарниром вы сможете исключить определённые степени свободы от передачи сил и напряжений.

Линейные шарниры могут быть организованы по граничным линиям поверхности. Кроме того, они могут быть отнесены к линиям присоединенных к поверхности, как показано на лево.

Линейный шарнир является атрибутом поверхности, а не линии. Таким образом, должен быть назначен на поверхности. Чтобы назначить линейный шарнир в графическом виде,

выберите **Данные Модели** на **Вставить** Выберите пункт **Линейные шарниры** и нажмите **Обозначить Линии В графическом виде**.

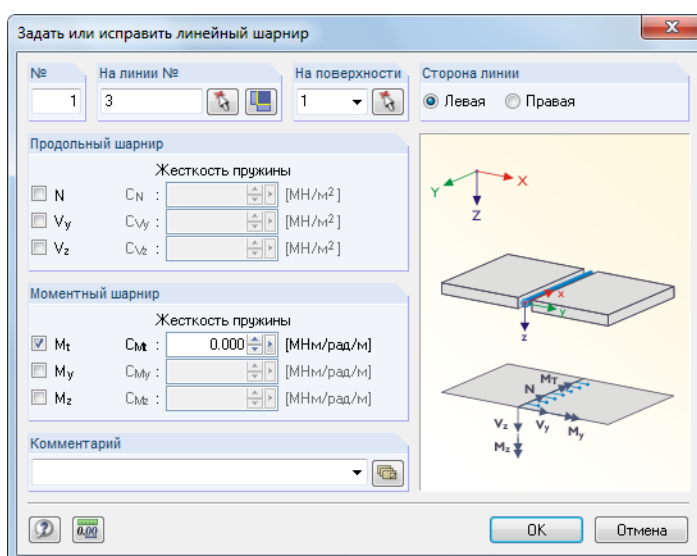
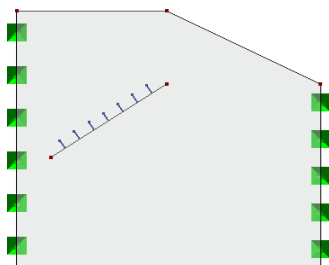


Рисунок 4.105: Диалоговое окно *Новый Линейный шарнир*

1.10 Линейные шарниры

Шарнир №	А Линия №	В Поверхно №	С Сторона	Д Прод./Попер. шарнир или пружина	Е N	F V _y	F V _z	G Момент. шарнир/пружина [МНм/рад/м]	H M _T	I M _y	I M _z	J Комментарий
1	3	1	Слева	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	22	2		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3								Да				
4								Нет				
5								Жесткость пружины				
6												

Условие опирания ('Да' / 'Нет' / Пружина / F7 для выбора)

Рисунок 4.106: Таблица 1.10 *Линейные шарниры*

На линии

Введите номер линии, на которой вы хотите определить шарнир. Можно также использовать список или выберите линию в графическом виде. При выборе поверхности, прежде чем определить параметры в диалоговом окне, можно импортировать все граничные линии поверхности, нажав кнопку [Все ограничительные линии].

На поверхности

Назначьте линейный шарнир на поверхности. Шарнир является частью поверхности, можно настроить его впоследствии в диалоговом окне *Изменить поверхность*.



Стена

Параметры в диалоговом окне, соответственно столбец в таблице, доступны, только если линия является интегрированным объектом поверхности. Расположение шарнира определяет способ, каким конечные элементы по бокам линии учитываются в жесткости.



Степени свободы относятся к оси системы линии (ср. Рисунок 4.96, страница 108), а не к системе поверхности. Ось поверхность z , однако, влияет на определение *слева* или *справа* в соответствии со следующим написанным правилом: "Точка зрения на линии, местная z -ось поверхности в направлении ног, вид в направлении линии, влево / вправо, как руки".

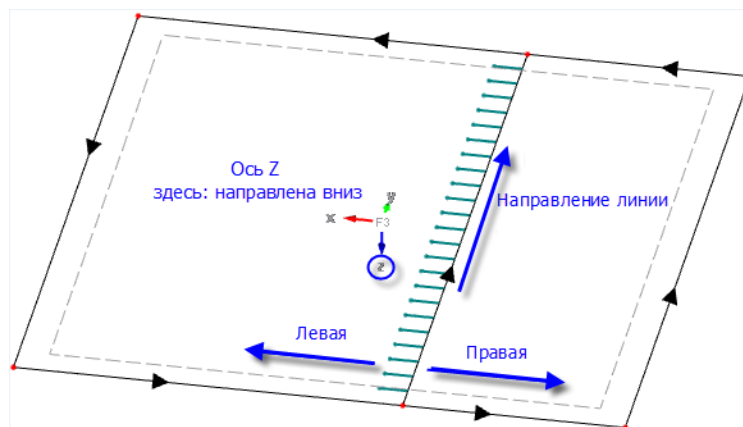


Рисунок 4.107: Определение сторон линий

Опция сторона блокируется на линии границы поверхности, потому что сторона линии, на которой шарнир эффективен, четко определена по заданию на поверхности.

Освобождение осевое / сдвига или пружина

Диалоговые поля ввода и столбцы таблицы контролируют степень свободы для осевых и поперечных сил. Если в окне флажок установлен флажок, это означает, что смещение в соответствующем направлении возможно, и таким образом сила не будет передана. Кроме того, можно ввести константу передающей пружины.

Степени свободы, относятся к местной системе осей линий в x, y, z . Используйте *Изобразить* Навигатор (см. Рисунок 4.96, страница 108) или контекстного меню линии для изображения осей линий.

Моментный шарнир или пружина

Степени свободы моментов относятся к местной системе оси линий в x, y, z . Галочка означает, что кручение является свободным, и внутренняя сила не будет передана. Кроме того, можно ввести константу ротационной пружины.



Небольшая графика в диалоговом окне *Новая Линейная опора* показывает направление моментов. Как правило, линейный шарнир используется в качестве "шарнирного соединения" между двумя поверхностями. В этом случае применяется тип шарнира ϕ_x , это означает шарнир вращения по продольной оси линии.

4.11 Переменная толщина

Общее описание

Переменная толщина описывает линейное уменьшение или увеличение толщины поверхности. Используйте переменные толщины для моделирования конических поверхностей. Переменная толщина должна быть определена по трем точкам для линейной интерполяции между ними.

Переменная толщина не введена непосредственно, но установлена в качестве параметра при определении поверхности. При создании поверхности, определите *Толщина*, как **Переменная** (см. главу 4.4, стр. 86). Потом, кнопка [Изменить] показанная слева становится активной в диалоговом окне и на рабочем столе.

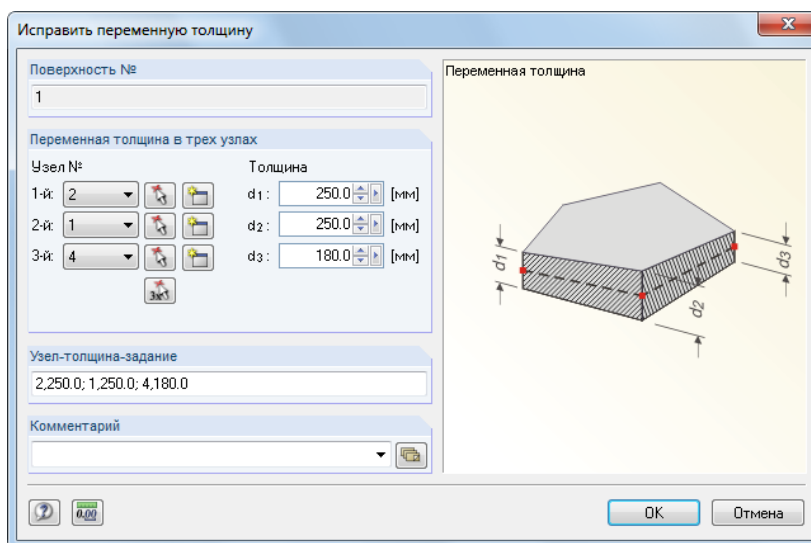


Рисунок 4.108: Диалоговое окно *Исправить переменную толщину*

Поверхность №	1-й узел			2-й узел			3-й узел			Комментарий
	№	d1 [мм]	№	d2 [мм]	№	d3 [мм]				
1	2	25.0	1	25.0	4	18.0	Балконная плита			
2	22	22.0	21	22.0	23	18.0				

Рисунок 4.109: Таблица 1.11 *Переменная Толщина*

Поверхность

Переменные толщины могут быть использованы только для плоских поверхностей. Они не могут быть применены, например, у криволинейных поверхностей.

Переменная толщина в трех узлах

Чтобы определить переменную толщину, укажите три узла, так чтобы RFEM мог интерполировать линейную между ними. Можно выбрать любые узлы в плоскости поверхности для определения её толщины. Они не должны относиться к поверхности, но необходимо, чтобы узлы КЭ могли быть сгенерированы по положению определённых точек.

Выберите три узла из списка, или используйте [^] функцию, чтобы выбрать их в графическом виде. Кроме того, можно создать [Новый] узел. Потом, обозначить соответствующую *Толщину d*.

Диалоговое отделение *Узел-Толщина-Обозначение* представляет короткий вид ввода. Номера узлов и толщины разделены запятой, индивидуальные пары узлов толщины точкой с запятой.

Можно изобразить распределение толщины поверхности в режиме воспроизведения, чтобы проверить данные: Выберите пункт *Заполненные вкл. Толщина* в навигаторе *Изобразить*.

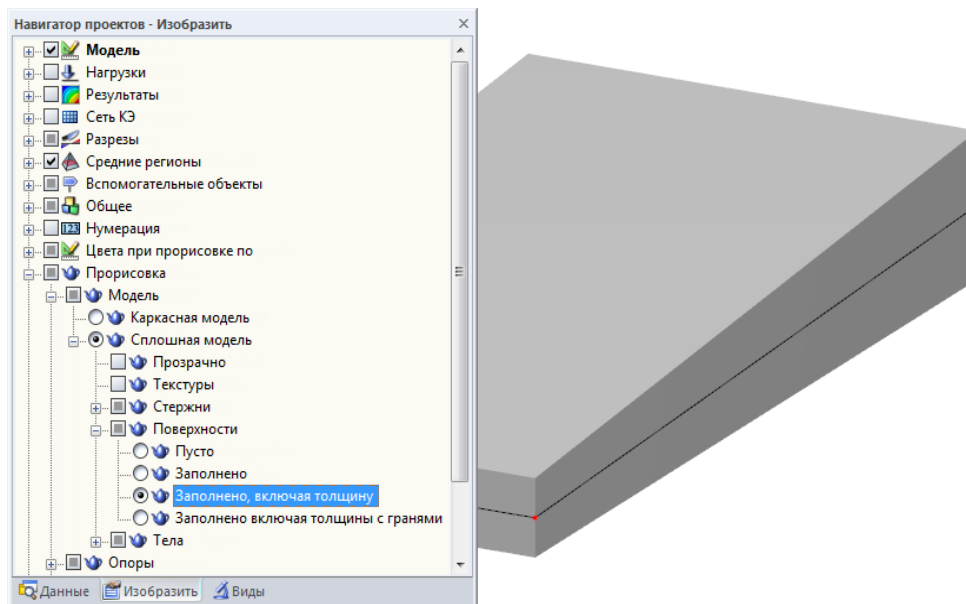


Рисунок 4.110: Навигатор *Изобразить*: *Воспроизведение* → *Модель* → *Полная модель* → *Плоскость* → *Заполненные вкл. Толщина*

4.12 Ортотропные поверхности

Общее описание

Ортотропные поверхности имеют различные жесткости в направлении местных осей поверхности x и y . Используйте свойства ортотропных поверхностей для моделирования, например клеёного бруса или ребристых перекрытий. Ортотропные свойства могут быть определены для плоских и четырехугольных поверхностей.

Можно определить ортотропные свойства у материала (материал с ортотропной неизменной геометрией), в геометрии (нерегулярная форма поверхности из изотропного материала) или в комбинации того и другого.

На данном рисунке показана общая матрица жесткости ортотропной поверхности в

$$\begin{pmatrix} m_x \\ m_y \\ m_{xy} \\ v_x \\ v_y \\ n_x \\ n_y \\ n_{xy} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} D_{11} & D_{12} & D_{13} & 0 & 0 & D_{16} & D_{17} & D_{18} \\ & D_{22} & D_{23} & 0 & 0 & D_{26} & D_{27} & D_{28} \\ & & D_{33} & 0 & 0 & D_{36} & D_{37} & D_{38} \\ & & & D_{44} & D_{45} & 0 & 0 & 0 \\ & & & & D_{55} & 0 & 0 & 0 \\ & & \text{sym.} & & & D_{66} & D_{67} & D_{68} \\ & & & & & & D_{77} & D_{78} \\ & & & & & & & D_{88} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \kappa_x \\ \kappa_y \\ \kappa_{xy} \\ \gamma_{xz} \\ \gamma_{yz} \\ \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \gamma_{xy} \end{pmatrix}$$

Элементы гибкости и жесткости при кручении

Элементы прочности в сдвиге

Мембранные элементы

RFEM.

Рисунок 4.111: Матрица с коэффициентами жесткости

Ортотропные поверхности могут быть вычислены согласно линейному статическому анализу, анализу второго порядка или большого анализа деформации. В случае матриц с коэффициентами чистых мембран, возможен только большой анализ деформации.



Можно найти подробную информацию о *Ортотропном* в английском документе, который можете потребовать от DLUBAL SOFTWARE GMBH.



Ортотропный не введена непосредственно, а установлена в качестве параметра при определении поверхности. При создании новой поверхности, определите *Жесткость*, как **Ортотропную** или **Ортотропную мембрану** (см. главу 4.4, стр. 85). Потом, кнопка [Изменить] показанная слева становится активной в диалоговом окне и на рабочем столе.

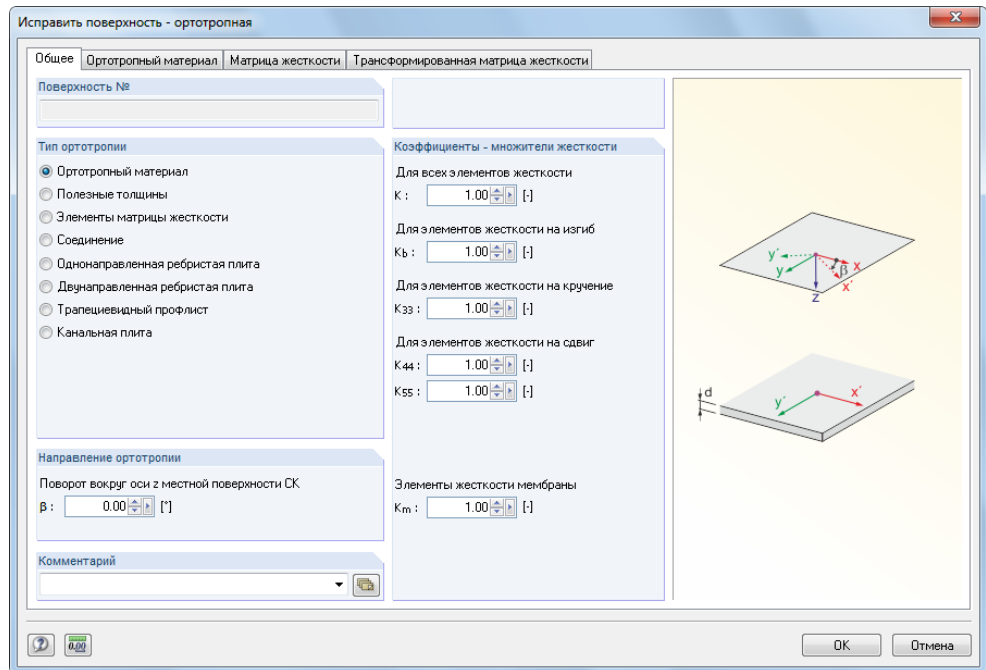


Рисунок 4.112: Диалоговое окно Редактировать Жесткость поверхности - Ортотропный

1.12 Ортотропные поверхности

Поверхность №	A Тип ортотропии	B Ортотропный направление β [°]	C, D, E, F, G, H Множители жесткости						I Комментарий
			K [-]	K _b [-]	K ₃₃ [-]	K ₄₄ [-]	K ₅₅ [-]	K _m [-]	
1	Соединение	90.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
2	Полезные толщин	20.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
3	Канальная плита	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
4	Полезные толщин	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	

Узловые опоры | Линейные опоры | Опоры поверхностей | Линейные шарниры | Ортотропные поверхности

Тип заданной ортотропии (F7 для выбора)

Рисунок 4.113: Таблица 1.12 Ортотропные Поверхности

Диалоговое окно подразделяется на несколько вкладок, которые зависят от выбранной *Тип ортотропный*.

В диалоговом разделе *Увеличение Факторов Жесткости*, можно уменьшить жесткости либо глобально, используя фактор *K* или по отдельности у гибкости, жёсткости кручения, прочности сдвига и жесткости мембранных элементов (см. страница 125).

В вкладке *Матрица жесткости*, соответствующие элементы матрицы показаны (см. Рисунок 4.114).



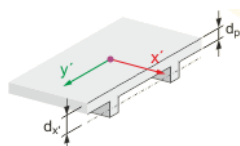
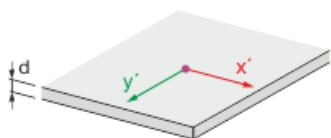
Элементы матрицы жесткости будут скорректированы в соответствии с Уравнение 4.1 во время импорта RFEM 4.

Определение

Можно определить ортотропные поверхности материальными и геометрическими параметрами или непосредственно коэффициентами местной матрицы жесткости. В зависимости от настроек, вкладки в диалоговом окне меняются.

Ортотропные типы описаны на следующих страницах. Для определения каждого типа необходимо указать *Толщина*, которую вы хотите применить для определения собственного веса.

- Постоянная толщина
- Постоянная толщина
- Полезные толщин
- Задано матрицей жесткости
- Соединение
- Однонаправленная ребристая плита
- Двухнаправленная ребристая плита
- Трапециевидный профлист
- Многопустотная плита
- Решетка
- Однонаправленное коробчатое перекрытие



Постоянная толщина

RFEM использует свойства ортотропных материалов, которые были определены в диалоговом окне *Материал Модели - Ортотропный Эластичный 2D* (см. Рисунок 4.47, стр. 69). Этот тип подходит только для однородных поверхностей одинаковой толщины, материал имеет свои отличительные ортотропные свойства.

Эффективные толщины

В диалоговой вкладке *Эффективные Толщины*, можно определить различные толщины в направлении x' и y' , чтобы воспроизвести неравные условия жесткости.

Собственный вес определяется не от толщины, введенной в этом диалоговом окне, но RFEM использует толщину поверхности, введенной в диалоговом окне *Изменить поверхность* или в таблице 1.4 *Поверхности*.

RFEM показывает вам модули упругости и прочности сдвига материала, который используется (см. главу 4.3, стр. 69), так чтобы вы могли проверить соответствующие данные. В качестве альтернативы, можно было бы контролировать ортотропные свойства с помощью настроек материала и определить одинаковые толщины в направлениях x' и y' .



Кроме того, RFEM не рассчитывает любые воздействия у ортотропных поверхностей: Различные коэффициенты жесткости вызывают "размытые" результаты, потому что они относятся к средней величине толщины. Эти напряжения не соответствуют ортотропной модели.

Матрица жесткости

Коэффициенты местной матрицы жесткости могут быть определены вручную.



С помощью этой опции можно настроить также сгенерированные коэффициенты (например, муфты или ребристые перекрытия) пользовательскими настройками.

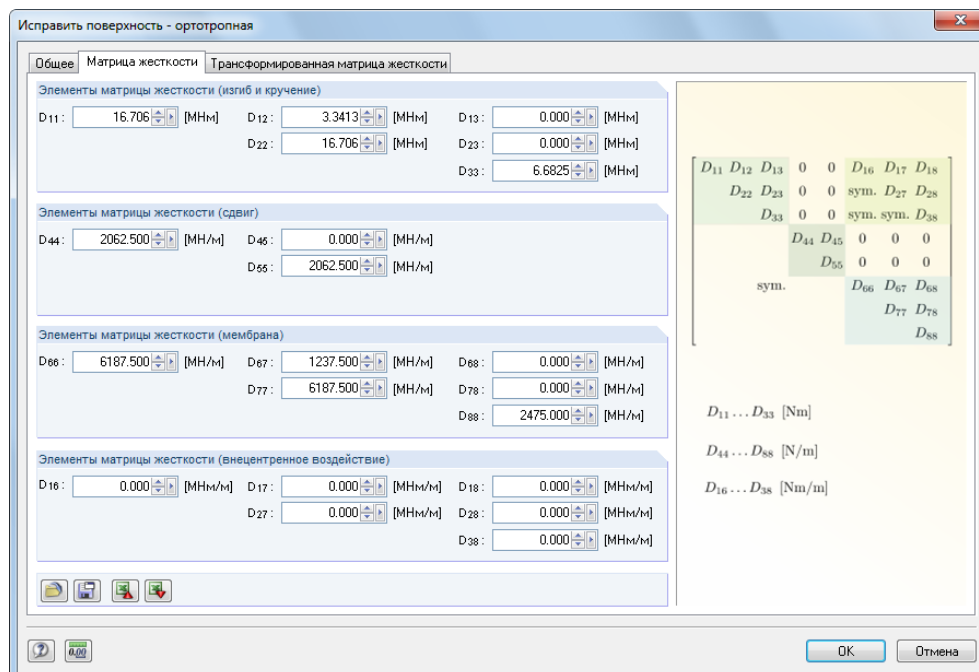


Рисунок 4.114: Диалоговое окно *Исправить Жесткость поверхности - Ортотропный*, вкладка *Матрица Жесткости*

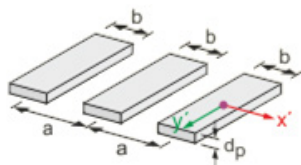


Кнопка [Info] информирует вас об актуальности коэффициентов в матрице жесткости.

Если оси ортотропии не согласуются с осями системы координат элементов, вы должны преобразить матрицы (см. [16], стр. 305-313).

Кроме того, соответствующие корректировки коэффициентов необходимы, если вы узнаете, при проверке данных перед выполнением расчётов, что матрица жесткости не определена положительно.

Соединения



Используйте эту установку для моделирования соединений между поверхностями или стержнями, которые представлены соединительными элементами, состоящих из изотропного материала.

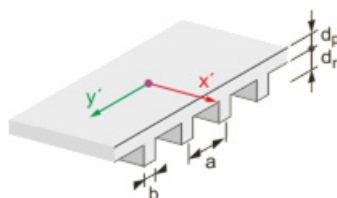
В диалоговой вкладке *Соединение*, введите параметры толщины соединения d_p , интервал соединения a и ширину соединения b в соответствии со схемой. Реальная модель соединений определена, когда расстояние a больше, чем ширина элементов соединений b .

Эффективная толщина d^* определяется в соответствии со следующим уравнением:

$$d^* = d_p \cdot \frac{b}{a}$$

Уравнение 4.19

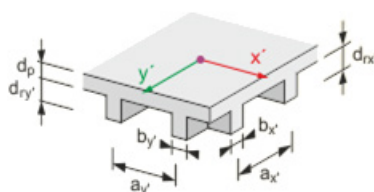
Однонаправленная рифленая плита



Свойства ортотропии и ребристых плит основаны на принципе одноосно напряженной Т-балки. RFEM определяет жесткости от геометрических параметров от толщины плиты d_p , высоты ребра d_r , шага ребра a и шириной ребра b , которую вы должны указать в соответствии со схемой, показанной в диалоговой вкладке *Однонаправленная рифленая плита*.

Обратите внимание, что развитие трещины (например, состояния II у бетона) не учитывается при определении жесткости. Только изотропные материалы разрешены.

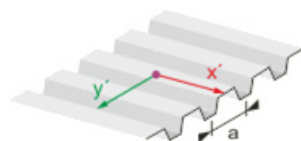
Двухнаправленные ребристые плиты



Этот тип потолка характеризуется перемычками, пересекающихся перпендикулярно в равномерной сетке, подразделяя плиту в кессоны. Ортотропные свойства могут быть описаны как у ребристых плит по геометрии (см. выше). Вам нужно указать параметры жесткости в двух направлениях.

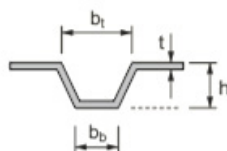
В диалоговой вкладке *Двухнаправленные ребристые плиты*, вы указываете параметры толщины плиты d_p , высоты ребра d_r , шага ребра a и ширины ребра b в направлениях x' и y' по схеме.

Профлист



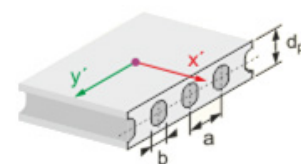
Возможность воспроизвести трапециевидные листы как поверхности с ортотропными свойствами значительно облегчает моделирования поверхностей. RFEM определяет коэффициенты жесткости от параметров геометрии поперечного сечения. Только изотропные материалы разрешены.

В диалоговой вкладке *Профлист*, вы указываете параметры толщины листа t , общая высота профиля h , шаг ребра a , ширина верхней полки b_t и ширина нижней полки b_b в соответствии со схемой.



Только изотропные материалы разрешено использовать для всех других геометрических свойств ортотропии (эффективная толщина, ребристая плита, кессонный потолок, бетонные пустотелые перекрытия).

Пустотелые плиты



Полые элементы, встроенные в потолок уменьшают собственный вес, но производят ортотропное поведение конструкции. RFEM определяет жесткости от геометрических параметров от толщины плиты d_p , расстояния пустот a и диаметра пустот b , которые вы должны указать в соответствии с схемой, изображенной в диалоговой вкладке *Пустотелые плиты*.

Можно найти подробную информацию о компонентах жесткости определённых от геометрических спецификаций в английском документе который можно запросить от DLUBAL SOFTWARE GMBH.

Направление ортотропии β

Направление ортотропии относится к местной оси поверхности в x и y . Угол β описывает Вращение x' оси к местной поверхности оси x . Он отвечает за преобразование матрицы в диалоговой вкладке *Преобразованная Матрица Жесткости*.

Используйте навигатор *Изобразить* или контекстное меню поверхности для изображения системы координат на поверхности в графическом окне.

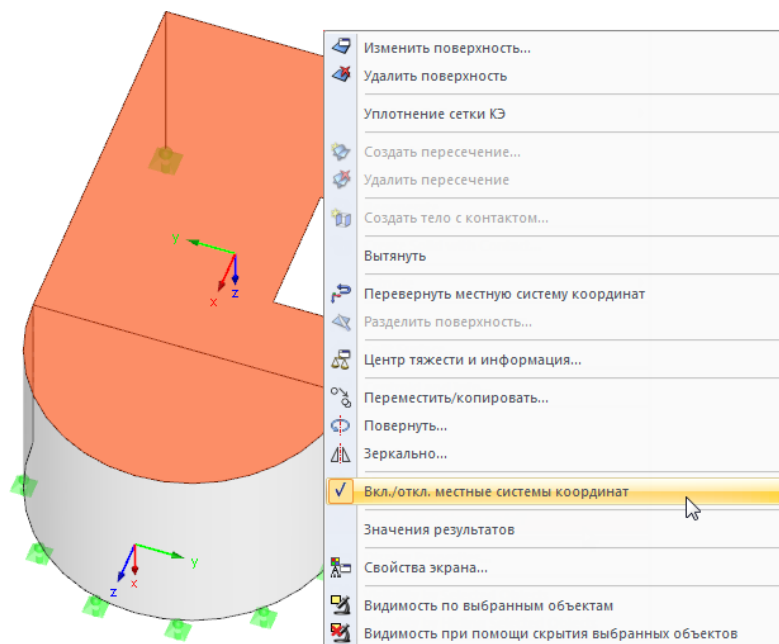
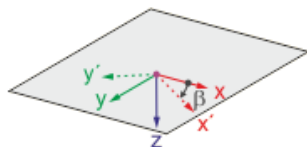


Рисунок 4.115: Контекстное меню поверхности используется для изображения местной системы осей поверхности с xyz

Положительный угол β определен по часовой стрелке вокруг положительной местной оси поверхности.

Факторы Увеличения Жесткости

Можно уменьшить жесткость либо глобально, либо используя фактор K , или по отдельности для гибкости, кручения, сдвига и мембранных элементов матрицы (см. Рисунок 4.111, страница 121).

Все элементы жесткости

Все коэффициенты матрицы жесткости глобально умножаются коэффициентом.

Жесткость элементов гибкости

Используйте фактор K_b , чтобы настроить коэффициенты D_{11} , D_{12} , D_{22} и D_{33} из матрицы жесткости, они представляют компоненты гибкости. Допускается вводить факторы от 0 (нет сопротивления изгиба) и 1 (полное сопротивление изгиба).

Элементы жесткости при кручении

С введением величины в поле ввода K_{33} , вы контролируете фактор жесткости при кручении D_{33} вокруг осей x и y . Ввод колеблется от 0 (нет жесткости при кручении) до 1 (полная жесткость при кручении). Например, для композитных конструкций с полужесткими соединениями рекомендуется малое значение.

Элементы жесткости сдвига

Факторы K_{44} и K_{55} влияют на коэффициенты матрицы D_{44} и D_{55} (компоненты жесткости сдвига).

Элементы жесткости мембран

Использовать фактор K_m , чтобы настроить коэффициенты матрицы жесткости D_{66} , D_{77} , D_{67} и D_{88} ; они представляют собой компоненты осевого усиления. Допускается вводить факторы от 0 (нет жесткости мембран) и 1 (полная величина жесткости мембран).

4.13 Сечения

Общее описание

Перед тем, как ввести стержень, должно быть определено поперечное сечение. Свойства поперечного сечения и характеристики материала, которые назначены определяют жесткость элемента.

Каждое поперечное сечение имеет свой собственный *Цвет*, который может быть использован в модели для представления различных сечений. Цвета контролируются в навигаторе *Изобразить* с опцией *Цвета в воспроизведении согласно* (см. главу 11.1.9, стр. 459).

Вы не должны использовать все определённые сечения при вводе в модель. Таким образом, при моделировании конструкции, можно проводить эксперименты без удаления поперечных сечений. Пожалуйста, обратите внимание, что поперечные сечения не могут быть перенумерованы.

Чтобы представить коническую балку, вы должны определить разные начало и конец сечения стержня. RFEM автоматически определяет переменную жесткость вдоль стержня.

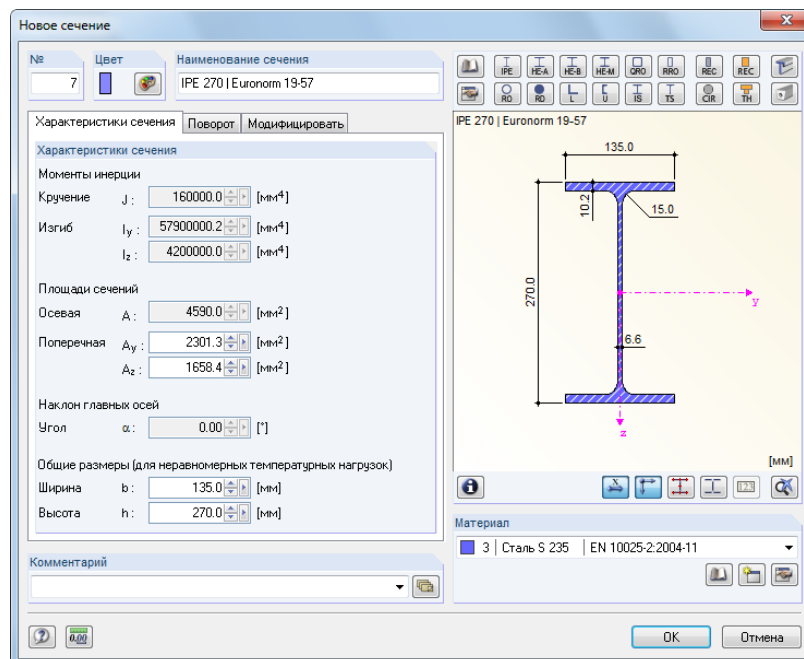


Рисунок 4.116: Диалоговое окно *Новое Сечение*, вкладка *Свойства Сечения*

1.13 Сечения

Сечение №	Сечение Наименование	Материал №	Моменты инерции [мм ⁴]			Площади сечений [мм ²]			Главные оси α [°]	Наклон α [°]
			Кручение J	Изгибающий I _y	Изгибающий I _z	Осевая A _x	Сдвиг A _y	Сдвиг A _z		
1	Круг 300	1	795215615.3	397607807.7	397607807.7	70685.8	59903.3	59903.3	0.00	0.00
2	Прямоугольное 250/400	1	1273352305.1	1333333376.0	520833312.0	100000.0	83333.3	83333.3	0.00	0.00
3	HE A 300 I DIN 1025-3:1994	2	856000.0	182600000.0	63100000.0	11300.0	6988.8	2183.5	0.00	0.00
4	HE B 250 I DIN 1025-2:1995	2	1240000.0	149200000.0	51300000.0	11800.0	7579.7	2253.0	0.00	0.00
5	L 80x80x8	2	25081.2	1148000.0	297200.0	1230.0	518.3	505.6	45.00	0.00
6	FB 800/950/200/200	1	4109572359.1	16001075200.0	14689585152.0	310000.0	177228.1	130293.9	0.00	0.00
7										

Узловые опоры | Линейные опоры | Опоры поверхностей | Линейные шарниры | Ортогональные поверхности | Сечения | Шарниры на концах стержней

Рисунок 4.117: Таблица 1.13 Сечения

Вам не нужно вручную вводить свойства поперечного сечения. RFEM предоставляет широкую и расширяемую библиотеку сечений, а также импорт опций.

Описание Сечения

Описание Сечения может быть свободно выбрано. Если ввод названия сечения соответствует с записью в библиотеке сечений, RFEM будет импортировать параметры поперечного сечения. В этом случае, невозможно изменить значения Моментов инерции и области Осевая A. Для определения пользователем введённых описаний поперечных сечений можно вручную ввести константы и площади поперечного сечения.

Характерные значения параметризованных сечений также импортируются автоматически. Например, когда вы вводите "Прямоугольник 80/140", появятся параметры поперечного сечения этого сечения. Выбор сечений из библиотеки, описано далее.



Кроме того, можно использовать жесткое фиктивное поперечное сечение для моделирования соединения. RFEM применяет жесткость на этом типе сечения как у соединительного элемента. Введите имя **Нулевая Жесткость** как описано у поперечного сечения без определения величины поперечного сечения в подробностях. Таким образом, можно использовать стержни с высокой степенью жесткости, с учетом шарнира или других свойств стержня. Новым вариантом RFEM 5 является тип стержня *жесткий стержень* (см. стр. 151), так что определение *Жесткий Макет* больше не нужно.

Материал

Материал поперечного сечения может быть выбран из списка уже определённых материалов. Обозначение облегчено цветами материалов, которые используются по умолчанию для воспроизведения графического представления.



В диалоговом окне *Новое Сечение*, можете увидеть три кнопки под перечном материалов. Используйте кнопки для доступа в библиотеку материалов, чтобы создать новый материал или редактировать материалы.

Для получения более подробной информации о материалах, см. главу 4.3, стр. 63.

Опция *Гибридный* доступная в диалоговом окне для прямоугольных деревянных сечений может быть доступна только для параметризованных сечений из древесины. Используйте эту опцию, чтобы назначить конкретные свойства материалов поперечных сечений элементов, если предоставляются различные сорта материалов (например, древесины низкого класса для стенки).



Одним щелчком мыши на кнопку [Изменить] можно открыть диалоговое окно *Изменить Гибридный Материал*.

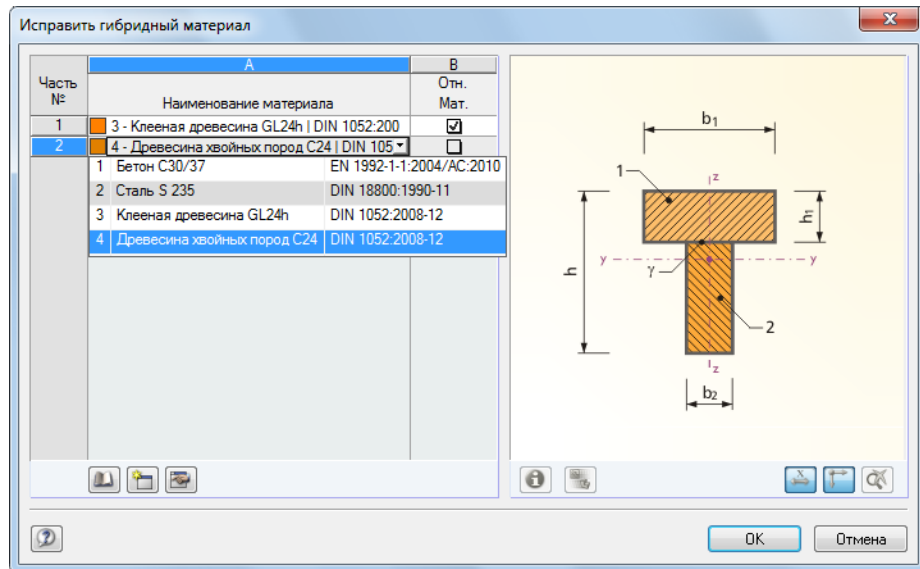


Рисунок 4.118: Диалоговое окно Изменить Гибридный Материал

Связать материалы с отдельными поперечными сечениями в соответствии с графической схемой. Они могут быть выбраны из списка. Один из материалов, должен быть определен как *Эталонный материал* используемый для определения свойств идеального поперечного сечения .

Моменты инерции

Моменты инерции необходимы для жесткости поперечного сечения: Константа кручения J описывает жесткость против вращения вокруг продольной оси. Вторые моменты площади I_y и I_z описывают жесткости на изгиб вдоль местных осей y и z . Ось y считается "сильной" осью. Местные оси поперечного сечения изображаются в графическом окне диалогового окна *Новое Сечение*.

Моменты инерции Несимметричных сечений изображаются вдоль Главных осей *Поперечного сечения* u и v .

Моменты инерции, а также площади поперечного сечения могут регулироваться с помощью факторов в диалоговой вкладке *Модифицировать*. В таблице, можно получить доступ к вкладке с помощью кнопки [...], которая появляется при нажатии на ячейку таблицы.

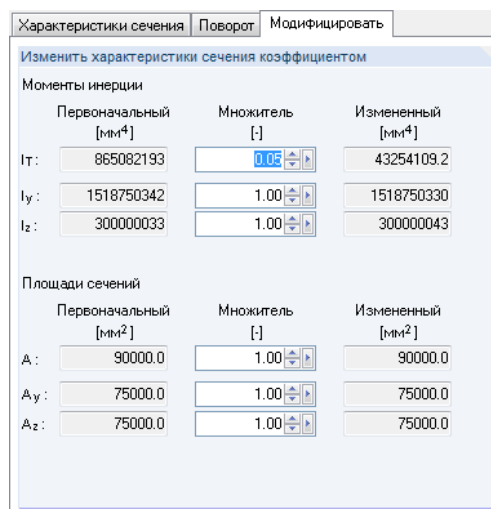
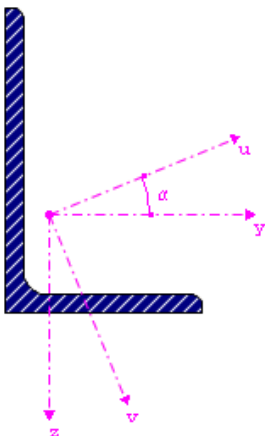


Рисунок 4.119: Диалоговое окно Новое поперечное сечение, таблица Модифицировать

Со спецификацией, установленной в Рисунок 4.119, RFEM использует момент инерции при кручении только с 5%.

Площади поперечного сечения

Параметры поперечного сечения площади поперечного сечения подразделяются на общую площадь *Осевая A* и площадь сдвига *Сдвиг A_y и A_z*.

Площадь сдвига *A_y* относится к моменту инерции *I_z*, площадь сдвига *A_z* относится к *I_y*. Используя коэффициент коррекции *k* мы видим следующее соотношение, существующее между площадью сдвига *A_y* и *A_z*, а также с общей площадью *A*.

$$A_y = \frac{A}{k_y}; \quad A_z = \frac{A}{k_z}$$

Уравнение 4.20

$$k_{y/z} = \frac{A}{I_{z/y}^2} \cdot \iint_A \frac{S_{z/y(x)}^2}{t(x)} dA$$

Уравнение 4.21

где *A* целая площадь поперечного сечения

$I_{z/y}$	Моменты инерции поперечного сечения
$Q_{z/y(x)}$	Статические моменты сечения в месте <i>x</i>
$t(x)$	Ширина сечения в месте <i>x</i>

Площадь сдвига *A_y* и *A_z* влияет на деформацию сдвига которая должна быть принята во внимание особенно у коротких, массивных стержней. Когда сдвиговые площади устанавливаются на ноль, влияние сдвига не будет рассматриваться. Эти параметры Можно также управлять в диалоговой вкладке *Параметры Общего расчёта* в диалоговом окне *Параметры расчёта* (см. Рисунок 7.22, стр. 293). Если устанавливаются крайне низкие значения сдвиговых площадей, могут возникать численные проблемы из-за площади сдвига содержащихся в знаменателе уравнения.



Реалистично выбирайте значения для площадей сечений. Экстремальные различия в площадях поперечных сечений ведут к значительным различиям в жесткости, которые могут привести к численным проблемам при решении системы уравнений.

Угол главных осей α

Главные оси пописаны с *u* и *z* у симметричных секций, а также с *u* и *v* у несимметричных сечений (см. выше). Угол вращения главных осей α описывает положение главных осей по отношению к стандартной системе координат для симметричных секций. Для несимметричных сечений это угол между осью **y** и осью **u** (см. рисунок выше показанном в левом поле). Этот угол определяется по часовой стрелке, как положительный угол. Когда устанавливаются симметричные сечения, угол α равен 0. Наклон главных осей у сечений из библиотеки не могут быть изменены.

Угол вращения для главных осей определяется следующим уравнением:

$$\tan 2\alpha = \frac{2 \cdot I_{yz}}{I_z - I_y}$$

Уравнение 4.22



Когда вы работаете с 2D моделью, возможно, настроить угол вращения сечения только 0° и 180°.

Вращение сечения α'

Угол вращения сечения α' описывает угол, о который повернуты все стержни использующие это сечение. Таким образом, угол представляет собой общий угол вращения поперечного сечения. Кроме того, каждый стержень может быть повернут отдельно от угла вращения стержня β .

Кроме того, диалоговая вкладка *Вращение* предоставляет возможность *Зеркально* несимметричных сечений. Используйте эту опцию, например, чтобы положить L-сечение в правильном положении.

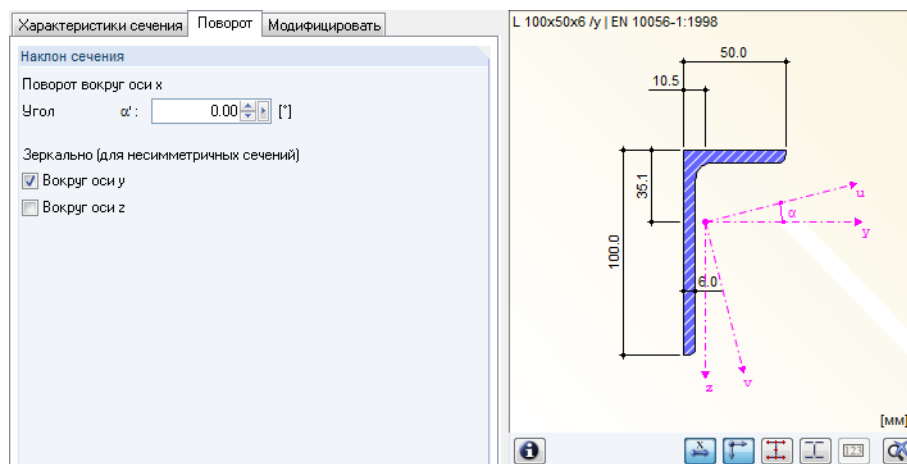


Рисунок 4.120: Диалоговое окно *Новое поперечное сечение*, таблица *Вращение*

При импорте поперечного сечения из библиотеки сечений или дополнительного модуля SHAPE-THIN, вам не нужно заботиться об угле α . RFEM импортирует этот угол так же, как и другие величины поперечного сечения. У пользовательских сечений, однако, вы должны сами определить угол главных осей и настроить его вручную с помощью вращения поперечного сечения.

Габаритные размеры

Поперечные сечения *Ширины b* и *Глубины h* имеют большое значение у нагрузок температурой.

База данных сечений

Многие сечения уже доступны в базе данных поперечных сечений.

Откройте библиотеку

В диалоговом окне *Новое сечение* и в таблице 1.13 *Сечения*, у вас есть прямой доступ к таблице часто используемых поперечных сечений:

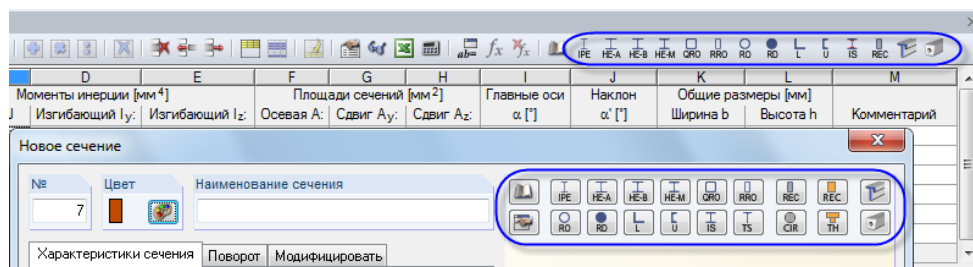


Рисунок 4.121: Кнопки часто используемых сечений в таблице (см. выше) и в диалоговом окне (ниже)

Используйте кнопку [Импорт сечения из библиотеки] для доступа к полной базе данных поперечных сечений. Когда вы работаете в таблице, поместите курсор в колонку таблицы



А чтобы активировать кнопку [...], которую можно использовать как клавишу функции [F7], чтобы открыть библиотеку сечений.

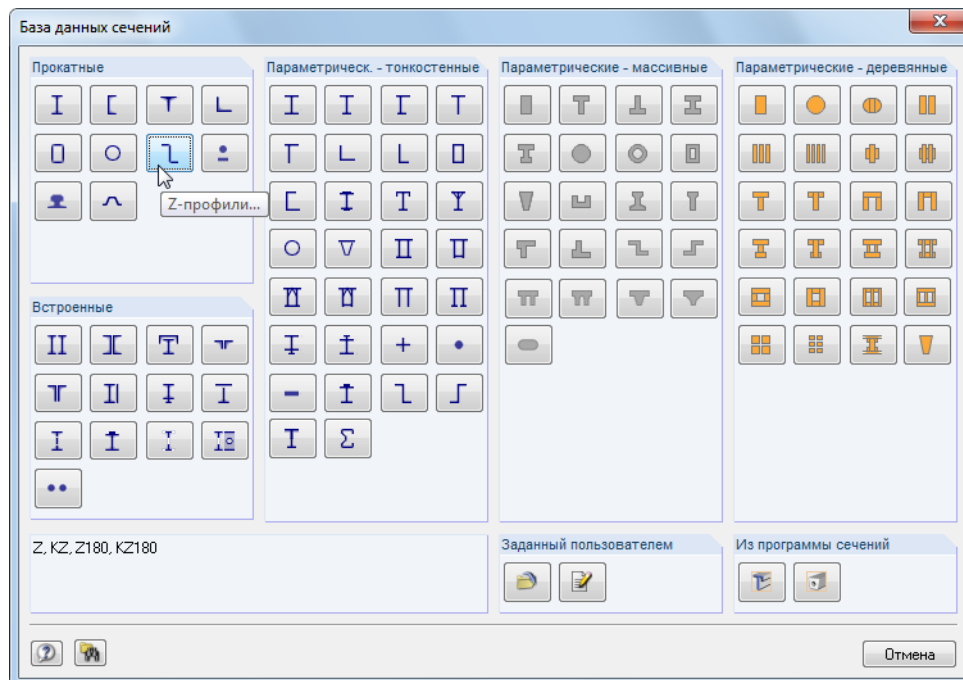
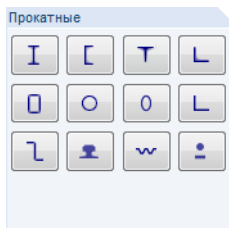


Рисунок 4.122: Библиотека сечений

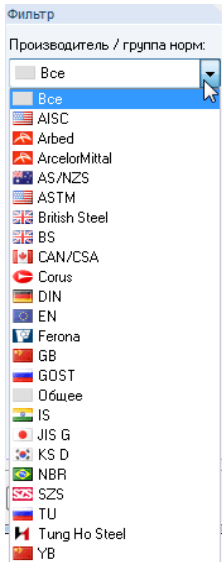
Библиотека сечений разделена на несколько разделов, которые описаны на следующих страницах.



Сечения горячего проката

Таблицы величин сечений горячего проката сохранены в базе данных.

Во-первых, нажмите на одну из десяти кнопок чтобы определить *Тип Сечения*. Открывается следующее диалоговое окно, в котором вы выбираете *Таблица*. Потом выберите соответствующее *Сечение*.



Фильтр
Производитель / Норманная группа

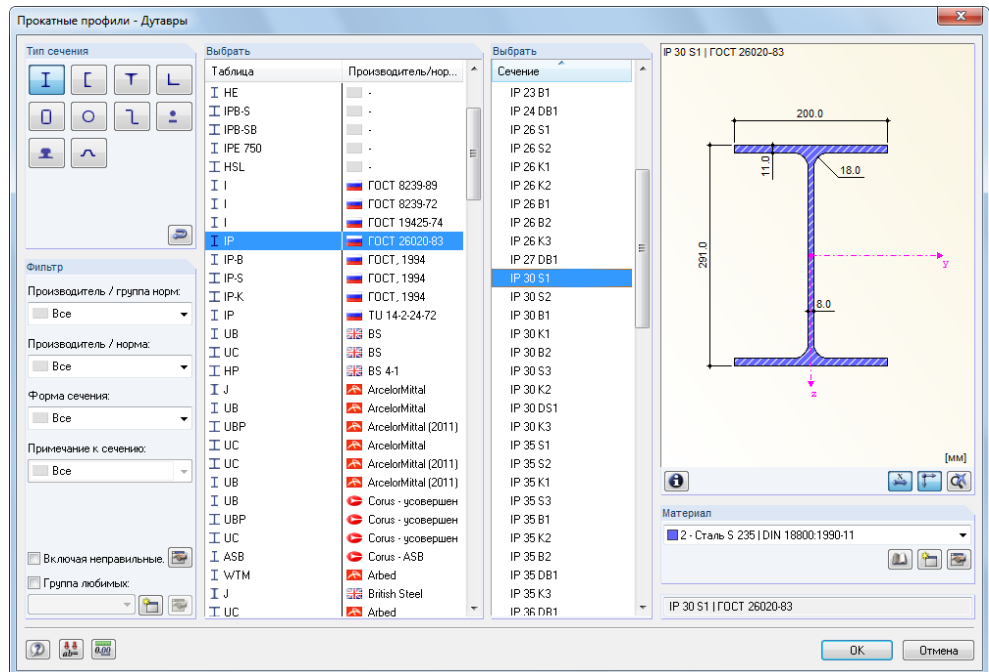


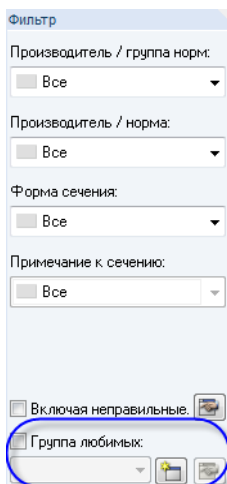
Рисунок 4.123: Выбор сечения горячего проката

В диалоговом разделе *Фильтр*, можно отфильтровать элементы библиотеки по различным критериям: *Производитель / Стандартная группа*, *Производитель / Стандартный*, *Форма Сечения* и *Заметки Сечения*. Таким образом, легче просмотреть предложенные таблицы и сечения. Указанные данные могут быть отсортированы, нажатием на заголовок столбцов таблицы.

Если необходимы сечения старых стандартов, поставьте галочку у *Включая неправильные* в диалоговом разделе *Фильтр* для изображения таких разделов.

Создайте избранные

Избранные сечения могут быть установлены в качестве любимых. Чтобы открыть диалоговое окно для создания любимых сечений, используйте кнопку [Создать Новую Группу Любимых] в нижней части *Фильтр* в диалоговом разделе. Когда имя для новой группы было определено, появляется следующее диалоговое окно:



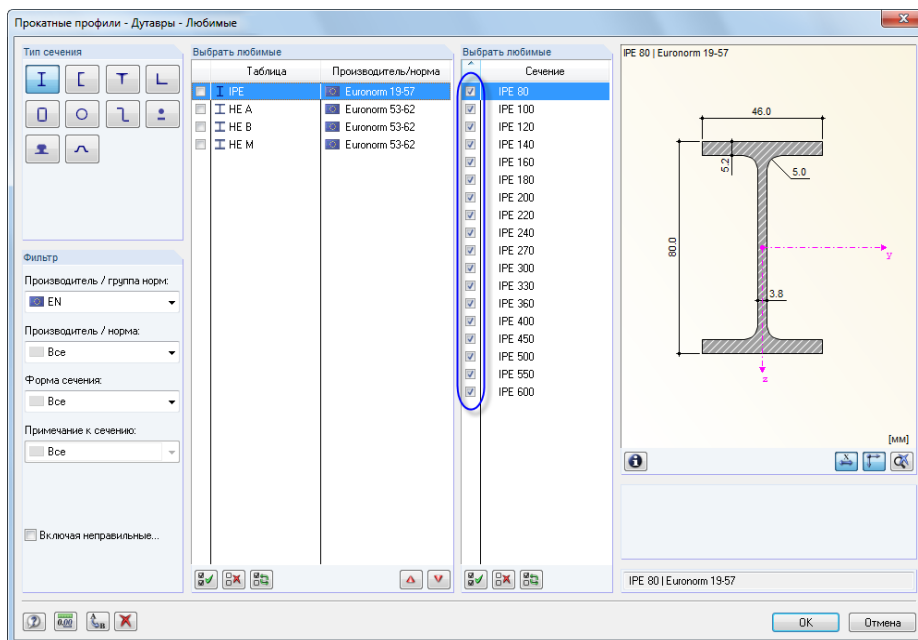
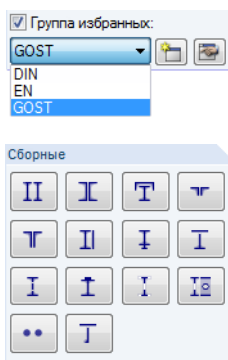


Рисунок 4.124: Диалоговое окно *Сечения горячего проката - I-сечение - Любимые*

Диалоговое окно выглядит как библиотека сечений. Можно использовать опции фильтра, описанные выше. В диалоговом разделе *Выбрать Любимые*, можно выбрать любимые таблицы и сечения при помощи галочки.

После закрытия диалогового окна, библиотека сечений представляет четкий вид любимых, как только вы активируете опцию *Группа любимых*.

Таким образом, можно создавать различные группы любимых, которые доступны для выбора в списке в нижней части диалогового раздела *Фильтр*.



Созданные сечения

Сечения горячего проката могут быть комбинированы по специфическим параметрам.

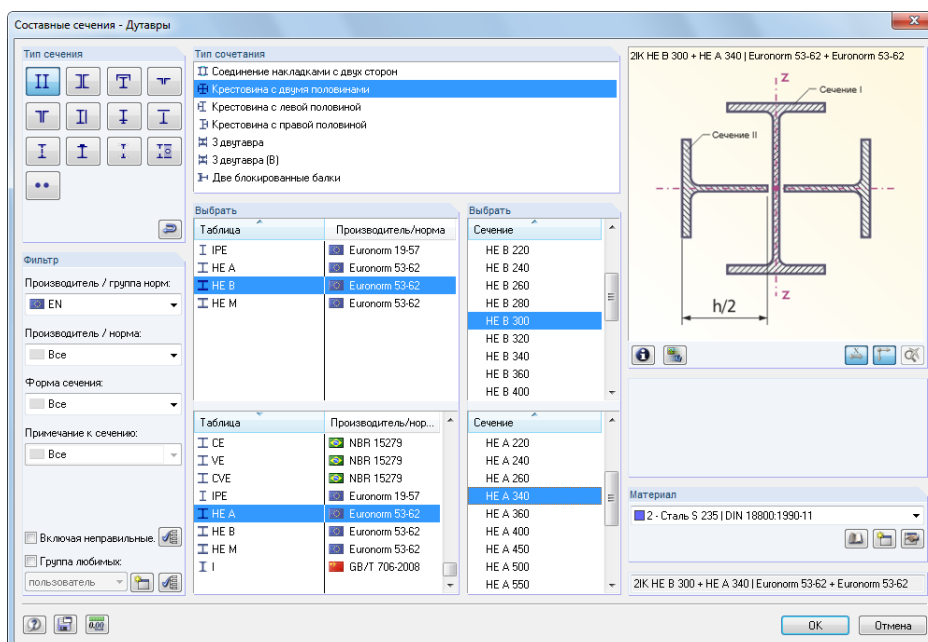


Рисунок 4.125: Диалоговое окно *Сборное Сечение - двутавровое-сечение*



Используйте кнопку [Сохранить], чтобы сохранить сборное поперечное сечение. RFEM сохраняет его с его точным описанием (например, *2IK HE B 300 + HE A 340* на рисунке выше) в рубрике *Заданное пользователем*, откуда можно повторно импортировать его позже.

Параметрические сечения - тонкостенные

При помощи предлагаемых вводных полей можно свободно определять параметры сечения состоящих из листов. Величины поперечного сечения будут рассчитываться согласно теории тонкостенных сечений. Эта теория применима только к сечениям, с элементами толщины явно меньше, чем соответствующая длина элемента. Если это условие не выполнено, определите поперечное сечение в категории *Массивные* (см. Рисунок 4.127), если это возможно.

Параметр *a* представляет корень шва, а не радиус округления (см. рисунок ниже).

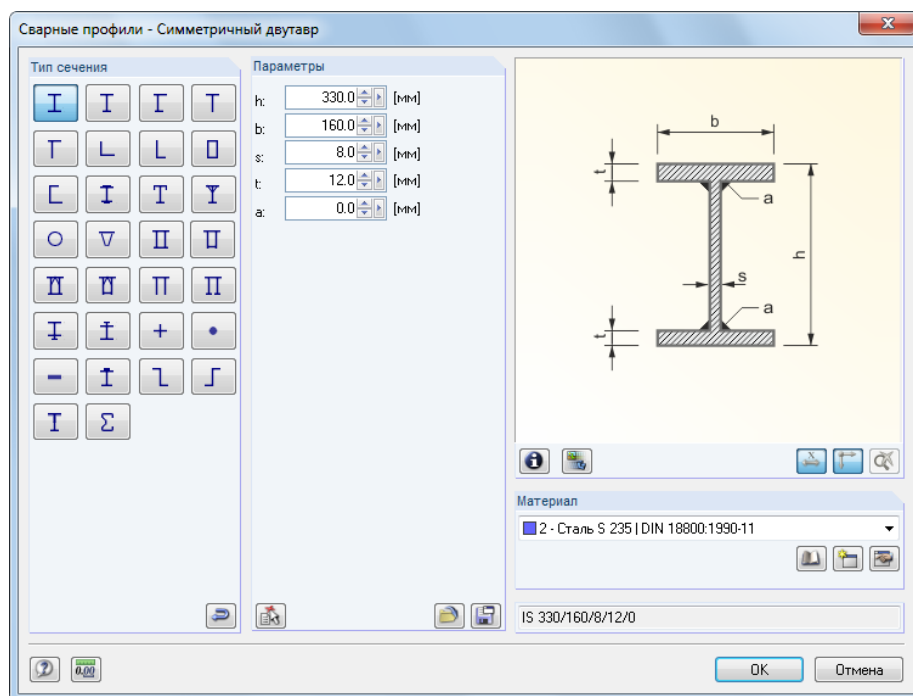


Рисунок 4.126: Диалоговое окно ввода параметризованного, тонкостенного сечения

Используйте кнопки на экране слева, чтобы импортировать параметры сечения проката. С помощью функции выбора можно не вводить много параметров.

Используйте [Сохранить] для сохранения параметрического поперечного сечения с его точным названием, например *IS 330/160/8/12/0* на рисунке выше. Нажмите кнопку [Загрузить], показанную слева, чтобы его импортировать.

Параметрические сечения - массивные

При помощи предлагаемых вводных полей можно свободно определять параметры массивных сечений (например, железобетонных сечений). Величины поперечного сечения будут рассчитываться согласно теории массивных сечений, предусмотренных у элементов со стенами с разной толщиной.



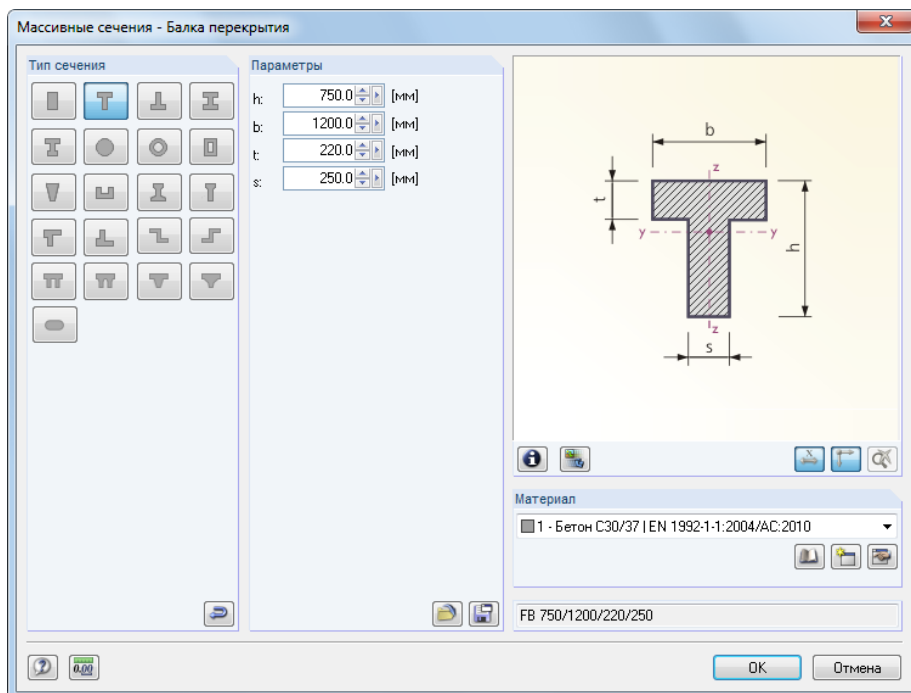


Рисунок 4.127: Вводное диалоговое окно массивных сечений

Параметрические сечения - древесина

При помощи предлагаемых вводных полей можно свободно определять параметры древесных сечений. Величины сечений обоих массивных и сборных сечений будут рассчитываться согласно теории массивных сечений.

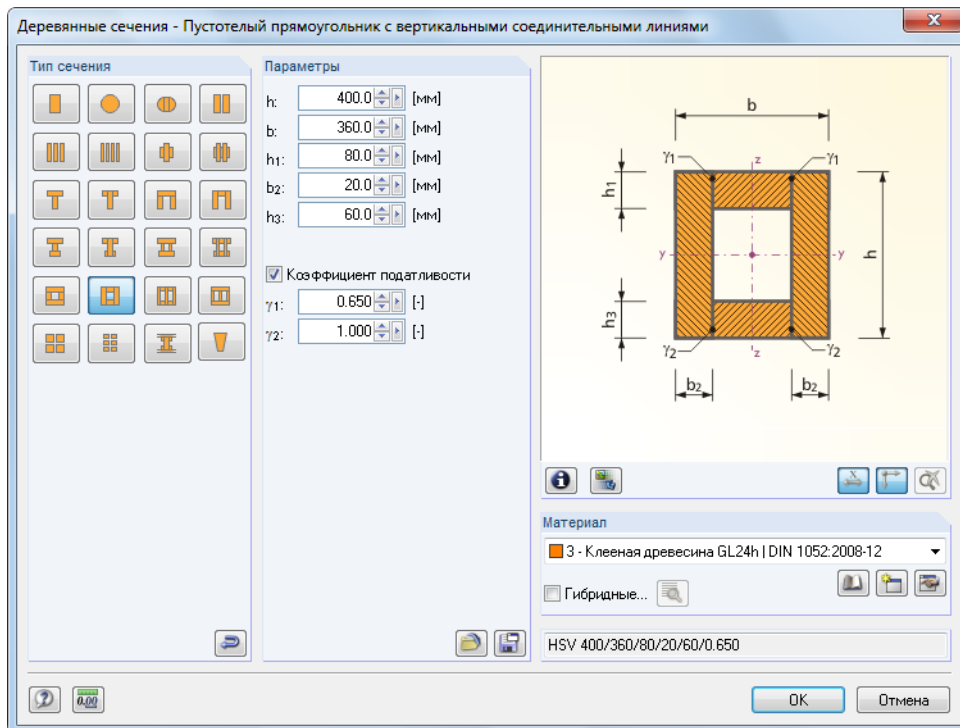


Рисунок 4.128: Вводное диалоговое окно древесных сечений

Щелкните на опцию *Коэффициент соответствия* позволяющего определить эффективную жесткость композитных конструктивных компонентов из полужестко соединенных

элементов поперечного сечения, например в соответствии с DIN 1052:2008-12, 8.6.2 (3). В этом случае укажите факторы редукции γ .

При работе с материалом типа *Гибридный*, с помощью кнопки [Изменить] назначить свойства частей сечений (см. Рисунок 4.118, стр. 128).

Сечения заданные пользователем

Импорт сохраненных сечений

Нажмите кнопку [Загрузить] показанную на рисунке слева, чтобы открыть диалоговое окно, где отображаются все сечения, созданные с помощью функции **Сохранить**.

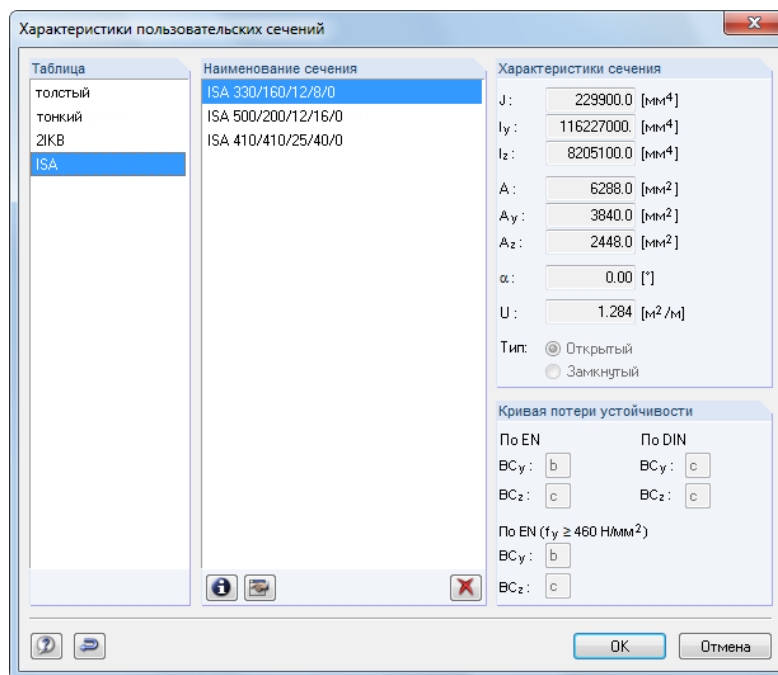
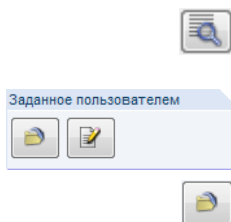


Рисунок 4.129: Диалоговое окно *Свойства пользовательских сечений*

Создайте пользовательское сечение

Нажмите кнопку [Создать], показанную слева, чтобы создать пользовательское сечение.



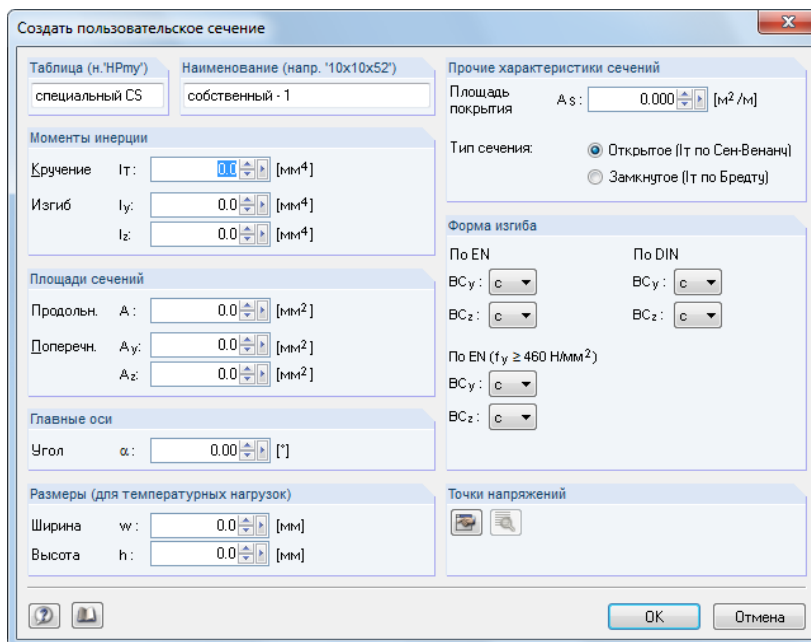
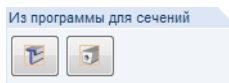


Рисунок 4.130: Диалоговое окно *Создать пользовательское сечение*

Введите в *Таблицу*, чтобы определить место, где определяется сечение. Укажите также *Имя*, чтобы описать новое поперечное сечение. Потом введите параметры поперечного сечения и определите кривые изгиба.



Сечения из дополнительного модуля создания сечений

Кроме того, можно импортировать сечения из программ создания сечений Dlubal **SHAPE-THIN** и **SHAPE-MASSIVE**.

Обратите внимание, что сечения должны быть рассчитаны и сохранены в виде модулей SHAPE перед импортом величин поперечного сечения.

Импорт таблицы из ASCII (текстового) файла

С помощью кнопки в левом нижнем углу библиотеки импортируйте из файла целую таблицу сечения. Файл должен быть файлом значений разделенных запятыми (CSV). В данном формате можно сохранить любой Excel файл. Убедитесь в том, что синтаксис таблицы ASCII соответствует параметрам определения соответствующей RFEM таблицы сечения.

Пример: Импорт двое симметричных двутавровых сечений

Поперечные сечения определяются в **IS** таблице (см. Рисунок 4.126). Для IS сечений, необходимы следующие параметры: h, b, s, t, a. Таблица в Excel структурирована, как показано ниже:

	A	B	C	D	E	F
1	Обознач	h	b	s	t	a
2	Профиль	400,00	200,00	10,00	10,00	0,00
3						
4						
5						

Рисунок 4.131: Excel таблицы с параметрами поперечного сечения

В диалоговом окне импорта укажите каталог файла CSV. Потом, используйте для выбора таблицу сечения, где вы хотите управлять импортированными сечениями.

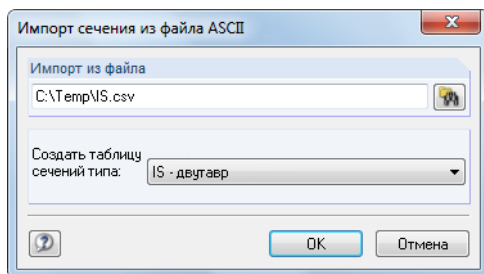


Рисунок 4.132: Диалоговое окно *Импорт сечений из ASCII файла*

Наконец, вы найдете импортированные сечения доступные в рубрике сечения *Определённые пользователем* (см. Рисунок 4.129).

При импорте сечения, RFEM вычисляет величины сечения и точек напряжения ссылки, так, что максимально допустимые напряжения могут быть также выполнены.

4.14 Шарниры на конце стержня

Общее описание

Шарниры стержней ограничивают внутренние силы, передаваемые от одного стержня другому. Шарниры назначаются только на концах стержней (в узлах). Они не могут быть назначены в других местах, например в середине стержня.

Некоторые типы стержней уже обеспечены шарнирами. Ферма, например, не переносит моменты. Кабель не передает ни моменты, ни поперечные силы. При вводе данных, имейте в виду, что назначение шарниров заблокировано у стержней таких типов.

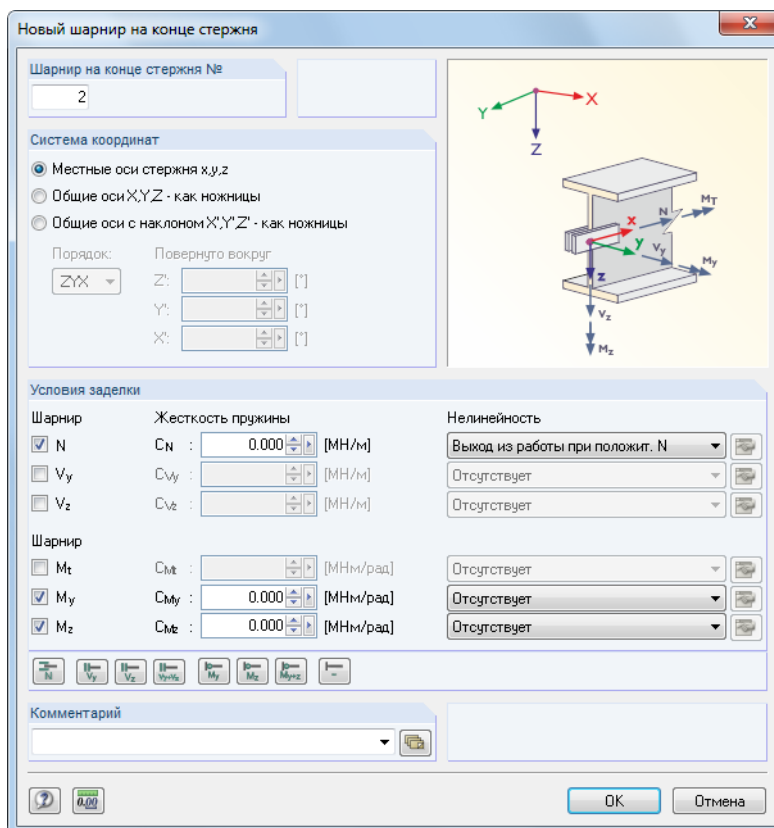


Рисунок 4.133: Диалоговое окно *Новый Шарнир на конце стержня*

1.14 Шарниры на концах стержней

Шарнир №	A Относительно системы	B Прод./Попер. N	C шарнир или пружина [МН/м] V _y	D V _z	E Момент. шарнир/пружина [МНм/рад] M _T	F M _y	G M _z	H Комментарий
1	<input type="checkbox"/> Местные x,y,z	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	50.000	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	<input checked="" type="checkbox"/> Местные x,y,z	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	<input checked="" type="checkbox"/> Общие X,Y,Z	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Да			ицы	Ножницы
4				Нет				
5				Жесткость пружины				
6				Нерабочий при отрицательной Vz				
7				Нерабочий при положительной Vz				
8				Частичная работа...				
9				Диаграмма...				

Узловые опоры | Линейные опоры | Опоры поверхностей | Линейные шарниры | Ортоτροпные поверхности | Сечения

Рисунок 4.134: Таблица 1.14 Шарниры на конце стержня

Система ссылок

Шарнирный элемент может быть связан с одной из следующих систем осей:

- Местной системой осей x,y,z
- Общая система координат X, Y, Z (только шарниры-ножницы)
- Общая повернутая система координат X', Y', Z' (только шарниры-ножницы)

Используйте навигатор Изобразить или контекстное меню стержня, показанное на рисунке слева, чтобы изобразить местные оси стержней (см. Рисунок 4.158, стр. 158).

Более подробную информацию о направлении местных осей стержней в общей системе координат X, Y, Z, см. главу 4.17 на странице 158.

Обычно, шарниры связаны с местной системой координат x,y,z. Шарниры ножницы (см. Рисунок 4.136) могут быть связаны только с общей системой координат. Константы пружины и нелинейности должны быть определены по отношению к местной системе координат стержня.

Освобождение осевое / сдвига или пружина

Чтобы определить осевые шарниры или шарниры поперечных сил, свободно установите соответствующие смещение, отметив соответствующий флажок в диалоговом окне или таблице. Галочка означает, что осевая сила соответственно сила сдвига не может быть передана на конце стержня, потому что был установлен шарнир. Посмотрите на диалоговое окно *Шарнир на конце стержня*: Нулевая величина отображается у константы поступательной пружины в поле ввода справа от галочки.

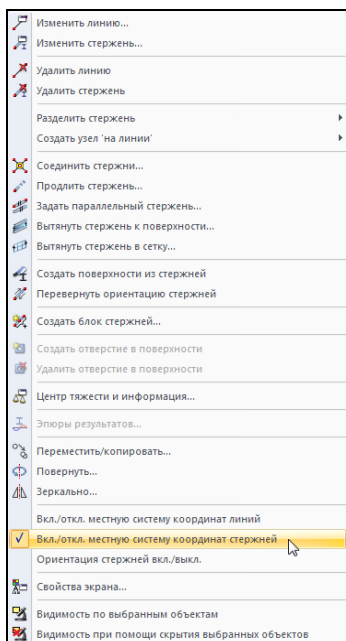
Вы всегда можете изменить жесткость пружины представляя, например, полу-жесткое соединение. В таблицу, введите константу непосредственно в столбец таблицы. Жесткости пружин считаются расчётными величинами.

Моментный шарнир или пружина

Определите шарниры момента кручения и момента изгиба как шарниры для сил. Опять же, галочка означает, что кручения являются свободными, и внутренняя сила не будет передана.

Эластичные соединения могут быть смоделированы с помощью пружинных констант, которые можно непосредственно ввести. Обратите внимание, не используйте крайне экстремальные величины жесткости, потому что в противном случае могут привести к численным проблемам при расчёте. Вместо очень больших или малых констант, примените жесткие соединения (галочка отсутствует) или шарниры (с галочкой).

Опция для определения нелинейных свойств шарниров описано в конце этой главы.



Контекстное меню стержня

Назначить шарниры в графическом виде

Чтобы в графическом виде назначить шарниры в рабочем окне.

выберите **Данные модели** во вкладке **Вставить** выберите пункт **Шарниры на конце стержня** и выберите **Назначить стержень В графическом виде** или
открыть меню **Изменить** выберите **Данные модели** и **Шарниры на конце стержня**, а потом выберите **Назначить В графическом виде на Стержнях**.

Во-первых, выберите тип шарнира из списка или создайте новый. После нажатия [OK], стержни делятся в графическом виде в точке одной трети деления.

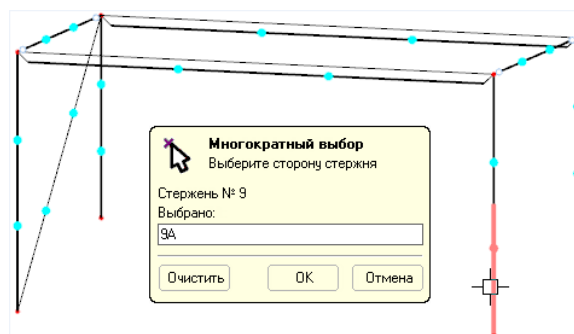


Рисунок 4.135: Назначить стержень и шарнир в графическом виде

Теперь, можно нажать на стороны стержней, к которым вы хотите применить выбранный шарнир. Чтобы назначить шарниры на обоих концах стержней, щелкните на элемент в его центральной области.

Шарнир ножницы

Шарнирами ножницами можно моделировать пересечение балок. На пример: У вас есть четыре стержня, соединенных в одном узле. Каждый из двух пар стержней передает моменты в его "непрерывном" направлении, но они не передают никакие моменты другой паре. Только осевые и поперечные силы передаются в узле.

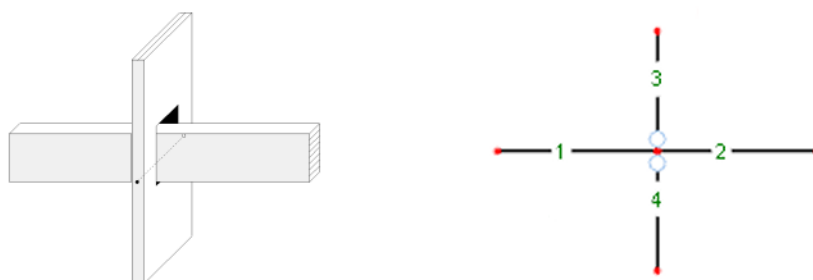


Рисунок 4.136: Пересечение балок

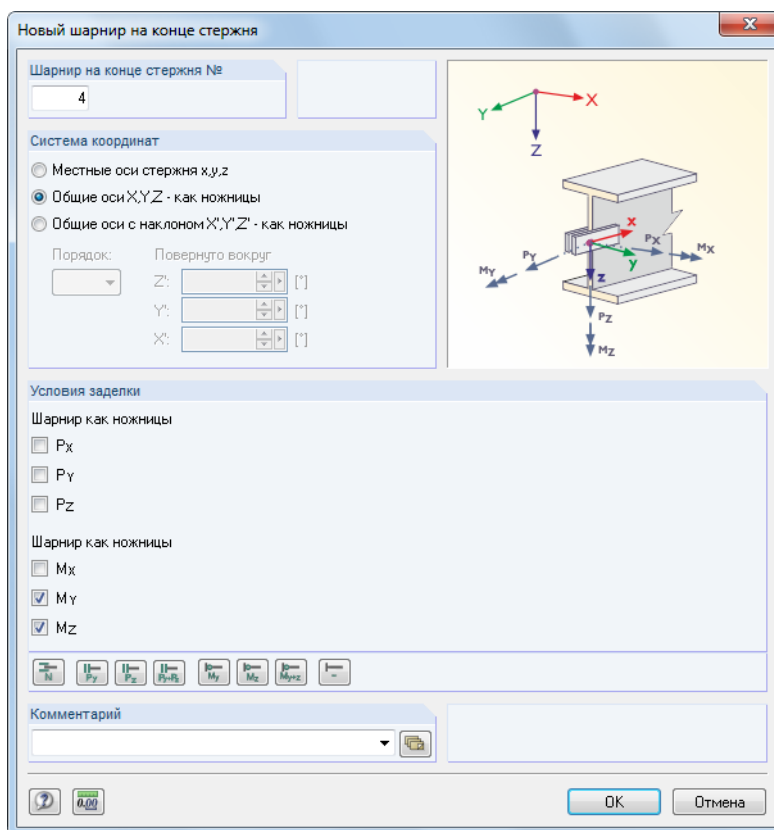


Рисунок 4.137: Диалоговое окно *Новый Шарнир на конце стержня*

В этом случае шарнир должен быть назначен либо на стержнях 1 и 2 или на стержнях 3 и 4. Другое пересечение пары стержней будет смоделировано как устойчивое на изгиб без шарнира.

Нелинейности

Нелинейные свойства могут быть назначены на шарнирах на концах стержня. Таким образом можно контролировать перенос внутренних сил в детали. Список нелинейностей предлагает следующие варианты:

- Исправлена, если внутренняя сила отрицательная
- Исправлена, если внутренняя сила положительная
- Частичное действие
- Диаграмм

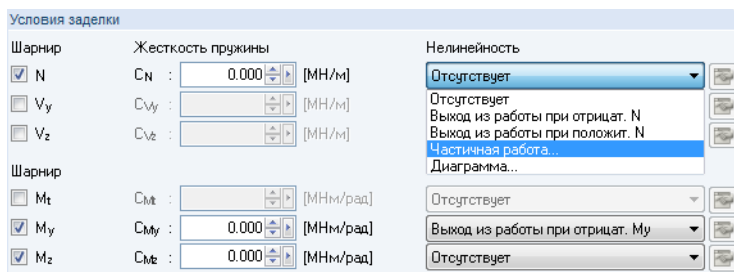


Рисунок 4.138: Список нелинейных свойств

В таблице шарниры с нелинейными свойствами выделены синим цветом.

Исправлена, если внутренняя сила отрицательная или положительная

При помощи двух опций можно контролировать активность шарнира в зависимости на направлении каждой внутренней силы. На пример: Осевая сила шарнира определённого с нелинейностью *Исправлена, если N положительная* способствует, что растягивающая сила (положительная) может быть передана на конце стержня, но не сжимающие силы (отрицательные). В случае отрицательных осевых сил шарнир будет эффективным.

Внутренние силы связаны с местными осями стержня хуз.

Остальные записи о списке *Нелинейность* предлагают подробные опции моделирования свойств шарнира. Для доступа к параметрам, использовать диалоговые кнопки [Изменить] справа от списка или кнопку [▼] в таблице (см. Рисунок 4.134, стр. 139).

Частичное действие

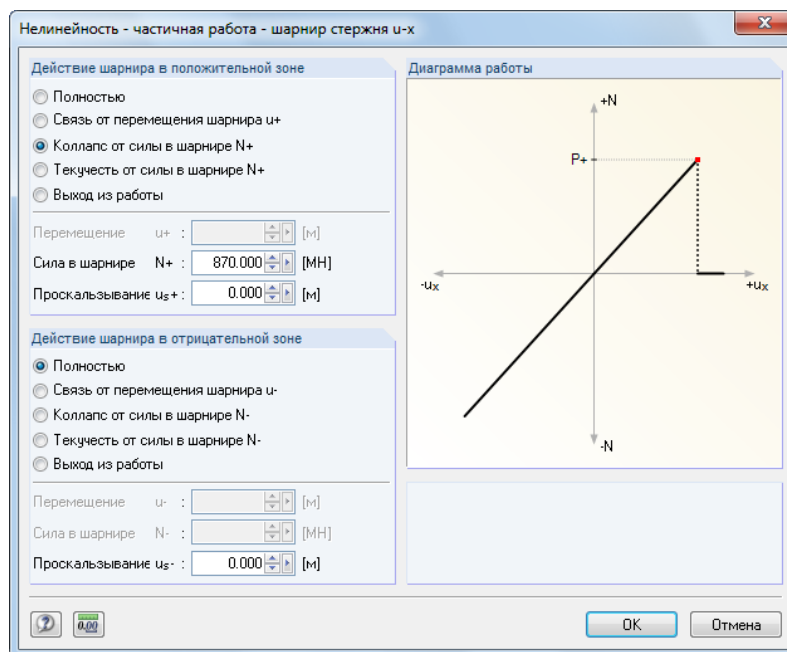


Рисунок 4.139: Диалоговое окно *Нелинейности - Частичное действие*

Активность шарнира может быть определена отдельно от *положительной* и *отрицательной* зоны. В дополнение к полной эффективности или колапсу, шарнир может потерять свою эффективность, когда достигается определённое перемещение или Вращение. Тогда, он начинает действовать как фиксированное или жесткое соединение. Также *Разрыв* (ни одна внутренняя сила не будет больше передаваться после превышения определённой величины) и *Текучесть* (внутренние силы будут переданы только до определённой величины также в случае больших деформаций) являются возможными сочетаниями с *Проскальзывание*.

Предельные величины могут быть определены в поле ввода ниже. В диалоговом разделе *Диаграмма Активности*, свойства шарниров показаны в динамической графике.

Диаграмма

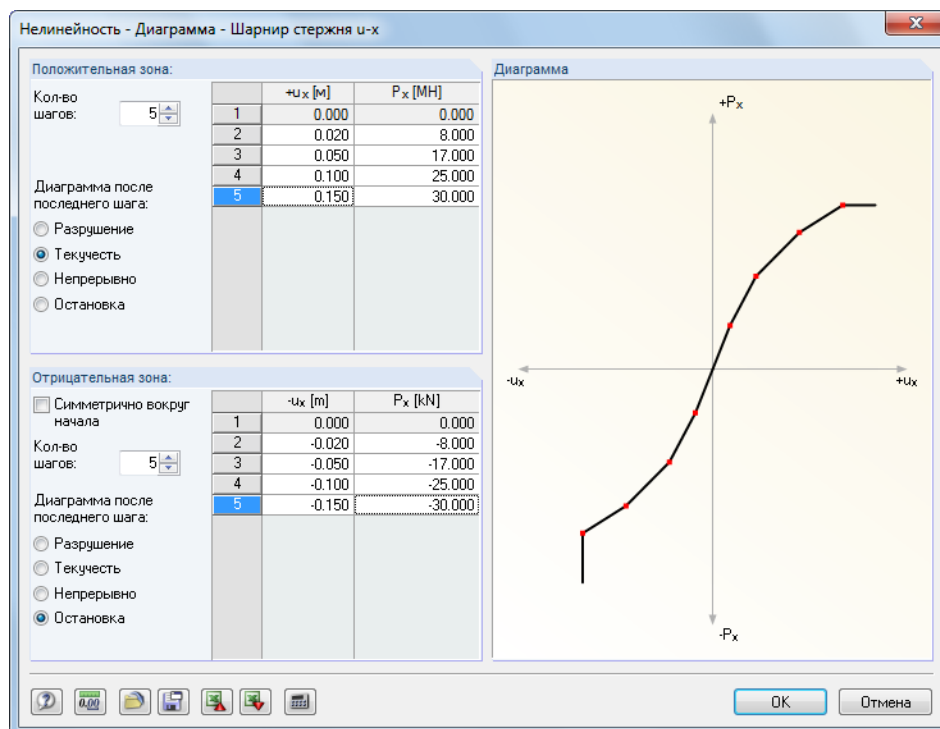


Рисунок 4.140: Диалоговое окно *Нелинейности - Диаграмм*

Активность шарнира может быть определена отдельно от *Положительный* и *Отрицательная зона*. Во-первых, введите *Число ступеней* (это означает, точки четкости) представленные на диаграмме. Потом, можно ввести величину абсцисса внутренних сил с назначенными смещениями или вращениями в списке справа.

Вы найдете различные возможности ввода в соответствии *Диаграмма после последнего шага*: *Разрыв* при разрушение шарнира (ни одна внутренняя сила не будет больше передана), *Упругий* у ограниченных передач максимально допустимых внутренних сил, *Непрерывный* в качестве последнего шага или *Остановка* для ограничения максимально допустимого смещение или вращения с последующей фиксированной или жесткой активностью шарнира.

В диалоговом разделе *Диаграмма*, свойства шарнира показаны в динамическом графике.

Пример: стропила кровли

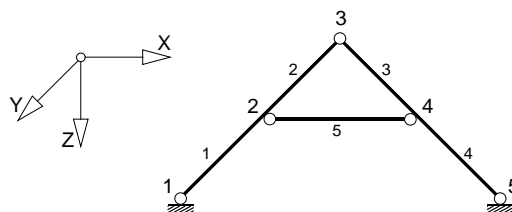


Рисунок 4.141: Стропила кровли

Используется плоская система. Шарниры должны быть определены следующим образом:

1.14 Шарниры на концах стержней

Шарнир №	A Относительно системы	B Прод./Попер. шарнир или пружина N	C шарнир или пружина Vy Vz	D [МН/м]	E Момент. шарнир/пружина Mт	F My	G Mz	H Комментарий
1	<input checked="" type="checkbox"/> Местные x,y,z	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2								
3								

Сечения Шарниры на концах стержней Экцентриситеты стержня Дробление стержня Стержни Ребра

Условие опирания ('Да' / 'Нет' / Пружина / F7 для выбора). Тип шарнира будет придан стержню в таблице 1.17.

Рисунок 4.142: Таблица 1.14 Шарниры на конце стержня

Теперь, тип шарнира может быть назначен на стержне.

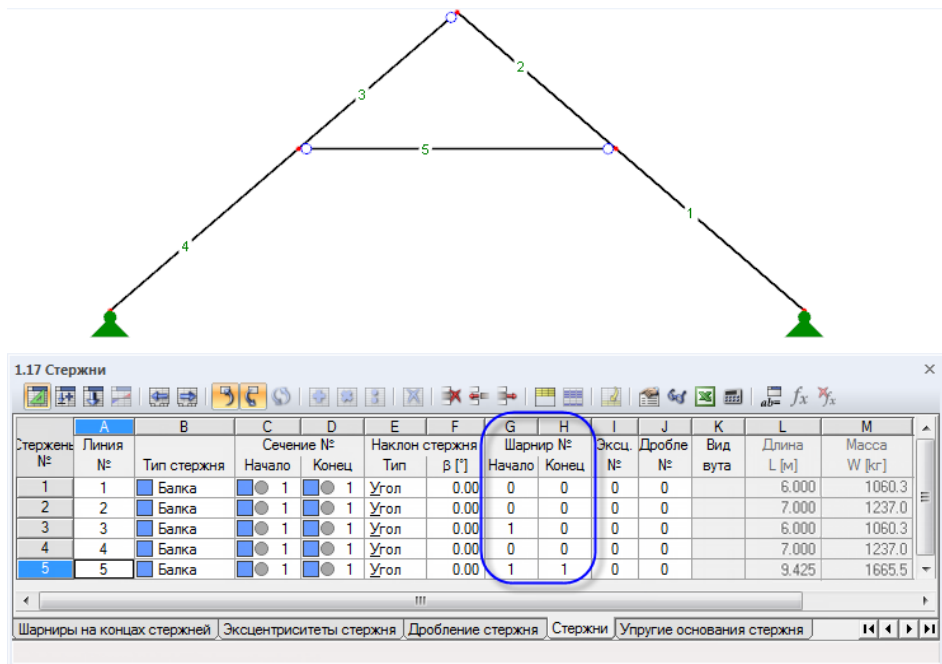


Рисунок 4.143: Графика и таблица 1.17 Стержни

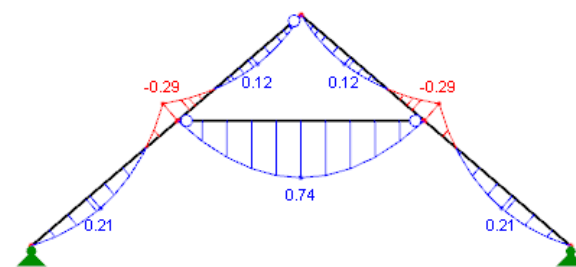


Рисунок 4.144: Диаграмма моментов при сочетании нагрузок 'Собственный вес'

4.15 Эксцентриситет стержня

Общее описание

Длина стержня соответствует расстоянию между двумя узлами, определёнными линией стержня. Тем не менее, в некоторых модельных ситуациях (соединения сечений или ниже расположенных балок), действительность представлена только в определённой степени. С эксцентриситетами стержней можно подсоединить стержни эксцентрично к определённым концам стержней и сечениям. Таким образом, можно уменьшить например моменты расчёта на горизонтальных балках у рам с колоннами больших сечений. Эксцентриситеты стержней учитываются преобразованием степеней свободы в местной матрице жесткости стержня.

Для проверки введенных эксцентриситетов, используйте фотореалистичную визуализацию 3D воспроизведения.

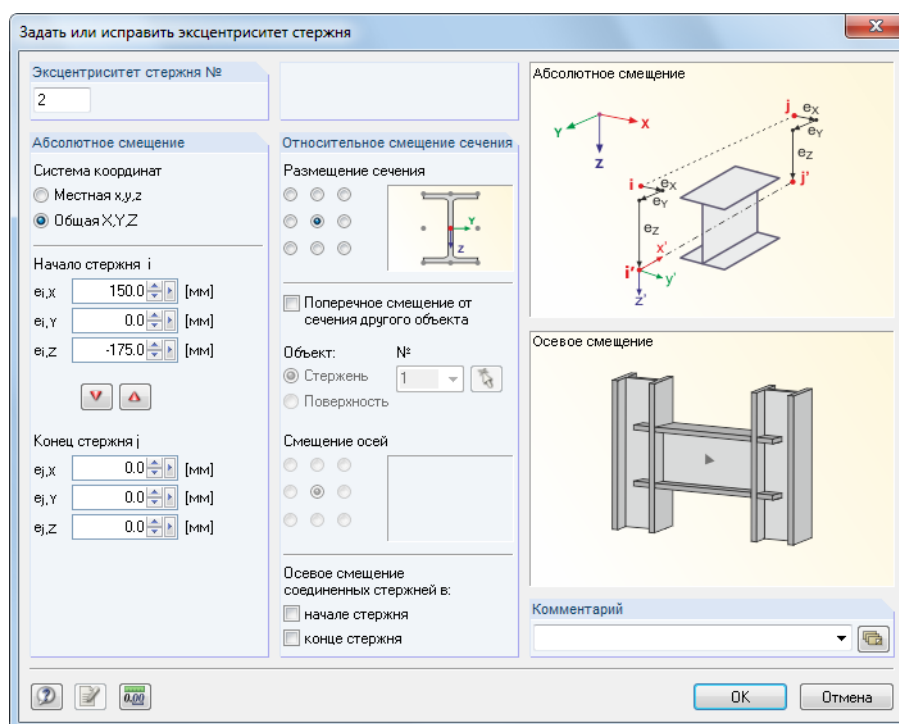
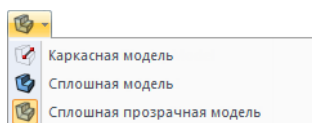


Рисунок 4.145: Диалоговое окно *Новый Эксцентриситет Стержня*

1.15 Эксцентриситеты стержня

Экц. №	Относительная система	Эксцентриситет в начале стержня			Эксцентриситет в конце стержня			Расположение сечения		Поперечное смещение от сечения другого объекта		Осевое смещение		
		$e_{i,x}$	$e_{i,y}$	$e_{i,z}$	$e_{j,x}$	$e_{j,y}$	$e_{j,z}$	ось y	ось z	Тип объекта	Объект №		ось y	ось z
1	Общие	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Центр	Центр	Стержень	6	Центр	Нижняя (+z)	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Общие	150.0	0.0	-175.0	0.0	0.0	0.0	Центр	Центр	Отсутствует	0	Центр	Центр	<input type="checkbox"/>
3														
4														
5														

Рисунок 4.146: Таблица 1.15 *Эксцентриситет Стержня*

Система ссылок

Эксцентриситет может быть связан с одной из следующих систем осей:

- Местной системой осей x,y,z
- Общей системой осей X,Y,Z

Используйте навигатор *Изобразить* или контекстное меню стержня для изображения местных осей стержня x , y , z (см. Рисунок 4.158, страница 158).

Эксцентриситет на начале стержня / конце стержня

В диалоговом разделе *Абсолютное смещение*, соответственно в столбцах таблицы от В до G, вы определяете эксцентриситет у *Начало стержня* и *Конец стержня*. Расстояния относятся к выбранной системе координат, определяемой верхним и нижним индексами, которые также показаны в графике диалогового окна.

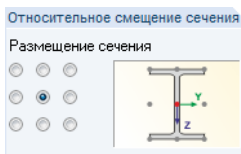


В диалоговом окне, можно использовать кнопки [▲] и [▼], чтобы перевести величины с одной стороны на другую.

Регулировка сечения

В диалоговом разделе *Автоматическое относительное смещение*, используйте девять параметров выбора для определения точки сечения уместный к определению эксцентриситета. В таблице, укажите положение точки в столбцах H и I. Точка определяет расстояние, на которое сечение сдвигается в начальном или конечном узле.

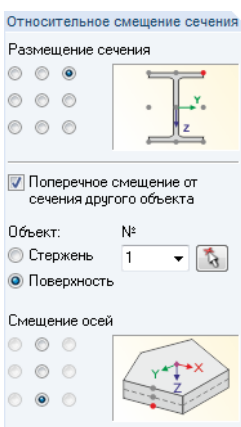
Определяя точку в середине верхней полки, как показано на рисунке слева, можно прикрепить, например, горизонтальную балку с её верхнем краем к колонне заподлицо (без расширения).



Поперечное смещение в отношении к поперечному сечению других объектов

Поперечное смещение можно расположить стержень в конкретном расстоянии параллельно к объекту (поверхности, стержня в том же направлении). Выберите число соответствующего объекта, и *Стержня* или *Поверхность*, из списка. Можно также использовать [↖] функцию, чтобы выбрать его в рабочем окне. Эксцентриситет определяется из *Регулировка сечения*, определённой выше, и *Осевое смещение* (геометрия поперечного сечения или толщины поверхности), которое вы определяете, выбрав одну из девять или трёх доступных флажков. В таблице, определите смещение по оси в столбцах L и M.

Определяя точки на краю верхней полки и на нижней стороне поверхности, как показано на рисунке слева, можно расположить, например, стальное сечение на краю под пластиной заподлицо.



Осевое смещение от соседних стержней

Последний вариант в диалоговом разделе *Автоматическое относительное смещение* позволяет легко подсоединять к примеру стержень эксцентрично к полке колонны. Смещение может быть организовано отдельно для *Начало стержня* и *Конец стержня*. Эксцентриситет определяется автоматически от геометрии поперечного сечения соседних стержней. В таблице, назначьте осевое смещения в колонках N и O.

Диалоговое окно *Осевое Смещение* синхронизируется с вводом, иллюстрирующее эффективность выбранных флажков.

Можно предпочесть ввод в диалоговом разделе *Автоматическое относительное смещение*, потому что можно непосредственно регулировать смещения, когда меняются сечения. RFEM автоматически учитывает изменение поверхности или размеров поперечного сечения.

Назначить эксцентриситет в графическом виде

Кроме того, эксцентриситеты могут быть назначены стержнями в рабочем окне в графическом виде. Чтобы открыть соответствующее диалоговое окно,

выберите **Данные модели** на **Вставить** Выберите пункт **Эксцентриситеты члена** и выберите **Присвоить к Стержню В графическом виде** или



открыть **Исправить** меню пункт **Данные модели** и **Эксцентриситеты члена**, а потом выберите **Присвоить к Стержню В графическом виде**.

Во-первых, определите систему координат и эксцентриситеты.

После нажатия [OK], стержни делятся в графическом виде в точке одной трети деления. Теперь, можно щелкнуть на стороны стержней, к которым вы хотите применить эксцентриситет (см. Рисунок 4.135, стр. 140). Чтобы назначить эксцентричное подсоединение к обоим концам стержней, щелкните на стержень в его центральной области.

4.16 Деление Стержня

Общее описание

Деление стержня используются для определения точек на стержне, у которых внутренние силы и деформации отображаются позже в таблицах результатов и численной распечатки. Деление Стержня не имеет ни влияния на определение экстремальных величин, ни на диаграмму графического результата (RFEM внутри использует более изысканное разделение). Таким образом, в большинстве случаев, деление стержня не обязательно.



Не путайте деление стержней с делением КЭ стержня. Узлы КЭ на "свободные" (не принадлежащие к поверхности) линии с свойствами стержней будет генерироваться только если линии имеют определение сетки КЭ. (см. главу 4.23, стр. 177).

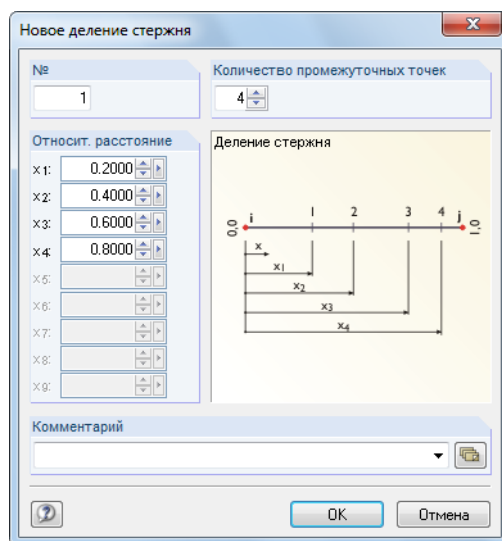
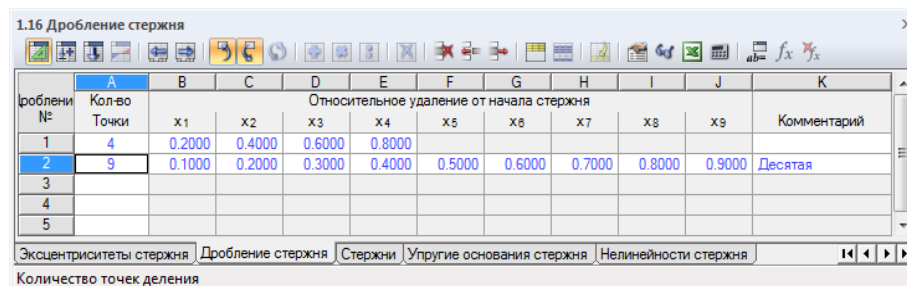


Рисунок 4.147: Диалоговое окно *Новое деление стержня*



Дробления №	Кол-во Точки	Относительное удаление от начала стержня									Комментарий
		x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	
1	4	0.2000	0.4000	0.6000	0.8000						
2	9	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.6000	0.7000	0.8000	0.9000	Десятая
3											
4											
5											

Рисунок 4.148: Таблица 1.16 *Деление стержня*

Количество точек

Можно ввести максимальное количество 99 точек деления в диалоговом окне. Ввод делит стержень в желаемое количество равно отдалённых точек.

Относительное расстояние точки от начала стержня

При создании нового дробления в диалоговом окне, предусмотрено расстояние из трех промежуточных точек. Они представляют собой относительные расстояния в интервале от 0 (Начало стержня) до 1 (Конец стержня).

Кроме того, можно определить нерегулярные деления для заданных точек, как можно свободно ввести относительные расстояния. Только убедитесь, что вы будете следовать правильному порядку интервалов: $x_1 < x_2 < x_3 \dots$

Более того, любое x -место на стержне может специально в графическом виде оценено (см. главу 9.5, страница 383). Таким образом, в большинстве случаев ввода деления вручную с нежелательным определением относительных расстояний является ненужным.



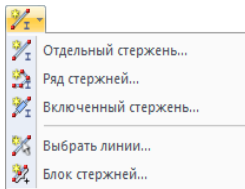
4.17 Стержни

Общее описание

Стержни являются атрибутами линий. При назначении поперечного сечения (с помощью которого определяется также материал), стержень получает жесткость. При создании сетки КЭ, 1D элементы создаются на стержнях.

Стержни могут быть соединены друг с другом только в узлах. Когда стержни пересекаются друг с другом, без общего узла, никакого соединения не существует. Никакие внутренние силы не передаются на таких пересечениях.

В графическом виде можно применить стержни как *Одиночный*, *Непрерывный* или к уже существующим *Линии*. Опция *Вставленный стержень* описана в главе 11.4.13 на странице 513.



Кнопка Стержень

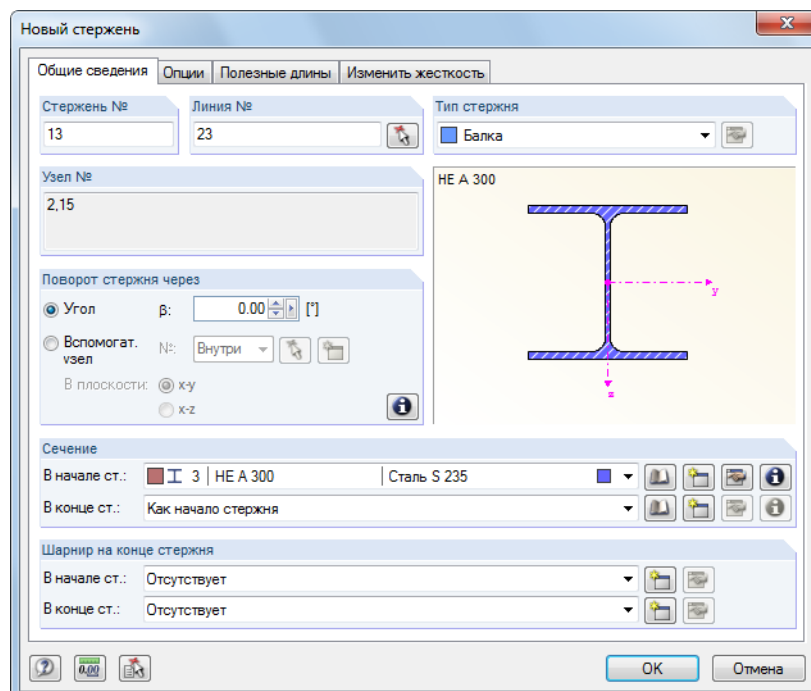


Рисунок 4.149: Диалоговое окно *Новый стержень*, раздел *Основное*

1.17 Стержни

Стержень №	Линия №	Тип стержня	Сечение №		Наклон стержня β [°]	Шарнир №		Экск. №	Дробле №	Вид вута	Длина L [м]	Масса W [кг]	N
			Начало	Конец		Начало	Конец						
1	13	Балка	1	1	Угол	0.00	0	0	1	0	3.984	704.0	Z
2	14	Балка	1	1	Угол	0.00	0	0	0	0	4.000	706.9	Z
3	3	Ребро	2	2	Угол	0.00	1	0	0	0	6.000	1500.0	Y
4	15	Растяжение	L 5	L 5	Угол	90.00			1		3.000	29.0	Z
5	16	Балка	I 3	I 3	Угол	0.00	1	1	0	0	6.059	537.5	YZ
6	17	Элемент фермы	I 3	I 3	Угол	0.00			0		3.843	340.9	Z
7	19	Балка	I 3	I 4	Угол	0.00	0	0	0	0	3.000	272.0	Z
8	20	Потеря устойчивости	L 5	L 5	Угол	45.00			0		6.059	58.5	YZ
9	21	Балка	I 3	I 3	Угол	0.00	0	0	0	0	3.843	340.9	Z

Экцентриситеты стержня | Дробление стержня | Стержни | Ребра | Упругие основания стержня | Нелинейности стержня | Блоки стержней | Пересечения | И | Для выбора (F7)

Рисунок 4.150: Таблица 1.17 Стержни

Новый стержень

Общие сведения | Опции | Полезные длины | Изменить жесткость

Стержень №: 12

Экцентриситет стержня: 2 | G | 150.0;0.0;-175.0 | 0.0;0.0;0.0 | -

Деление стержня: 1 | 4 | 0.2; 0.4; 0.6; 0.8

Упругое основание стержня: Отсутствует

Нелинейность стержня: 1 - Проскальзывание

Форма вута: Линейная

Комментарий:

OK Отмена

Рисунок 4.151: Диалоговое окно *Новый стержень*, раздел *Опции*

Линия

Введите номер линии со свойствами стержня в поле ввода диалогового окна, соответственно в столбце в таблице. В диалоговом окне *Новый стержень*, можно выбрать линию также в графическом виде.

Начальный и конечный узлы линии определяют направление стержня, которые также влияют на позицию местной системы координат стержня (см. "Вращение члена" в этой главе). Направление стержня может быть быстро изменена в графике: Щелкните правой кнопкой мыши на стержень и выберите *Перевернуть направление стержня* в контекстном меню.

Тип стержня

Вместе с типом стержня вы определяете способ каким поглощаются внутренние силы, а также предполагаемые свойства стержня.

Различные варианты доступны для выбора в списке *Тип стержня*. Каждый тип стержня имеет свой собственный *Цвет*, который может быть использован в модели для представления различных видов стержней. Цвета контролируются в *Изобразить* навигатор с опцией *Цвета при прорисовке* (см. главу 11.1.9, страница 459).

- Тип стержня
- Балка
 - Балка
 - Жесткость
 - Ребро...
 - Элемент фермы
 - Элемент фермы (только N)
 - Растяжение
 - Сжатие
 - Потеря устойчивости
 - Канат
 - Канат на блоках
 - Результ. балка...
 - Определяемая жесткость...
 - Соединение заделка-заделка
 - Соединение заделка-шарнир
 - Соединение шарнир-шарнир
 - Соединение шарнир-заделка
 - Пружина...
 - Нулевой

Тип стержня	Короткое описание
Балка	Стержень устойчивый на изгиб, способный передавать все внутренние силы.
Жесткий стержень	Соединительный стержень с жесткостью заделки
Ребро	Ниже расположенная балка с учетом эффективной ширины плиты
Ферма	Балка с моментными шарнирами на обоих концах
Ферма (только осевые Силы)	Только стержни с жесткостью $E \cdot A$
Растяжение	Ферма (только осевые Силы) с разрушением в случае сдвигающих сил
Сжатие	Ферма (только осевые Силы) с колапсом в случае растягивающих сил
Потеря устойчивости	Ферма (только осевые Силы) с колапсом в случае сдвигающих сил $> N_{cr}$
Кабель	Стержень передающий только растягивающие силы. Расчёт производится в соответствии с большим анализом деформаций.
Кабель на шкивах	Стержень на ломаной, могут быть смещены только в продольном направлении, поглощая только растягивающие силы (шкив).
Результатная балка	Стержень для интеграции поверхности, массивный или стержень результатов
Жесткость	Стержень с жесткостью заданной пользователем
Соединение заделка-заделка	Жесткое соединение с устойчивостью в изгибе на обоих концах
Соединение заделка-шарнир	Жесткое соединение с устойчивостью в изгибе на начале стержня и шарнирным соединением на конце стержня
Соединение шарнир-шарнир	Соединение заделка с шарнирным соединением на обоих концах (передаются только осевые силы и силы смещения, но не моменты).
Соединение шарнир-заделка	Соединение заделка с шарнирным соединением на начале стержня и соединение на конце стержня устойчивое на изгиб
Пружина	Стержень с жесткостью пружины, настраиваемыми зонами деятельности и коэффициентами амортизации
Нулевой (нулевой стержень)	Стержень который будет игнорирован при расчёте.

Таблица 4.7: Типы стержней

Балка

На концах стержня балки не определены никакие шарниры. Когда две балки соединены друг с другом и у общего узла шарнир не был определен, соединение устойчивое на изгиб. Балки могут быть нагружены любыми видами нагрузок.

Жесткий стержень

Он соединяет смещения двух узлов при помощи жесткого соединения. Таким образом, он в принципе соответствует с соединительным стержнем (см. стр. 155). Используйте жесткий стержень для определения стержней с высокой жесткостью учитывая шарниры, которые также могут иметь значения жесткости пружины и нелинейности. Наврядли objevяются любые числовые проблемы так как жесткости приспособлены к системе. RFEM также отображает внутренние силы для жестких стержней.

нулевой жесткости. Предполагаются следующие типы жесткости (относится также к соединениям и к *Нулевой жесткости*):

- Продольная жесткость и жесткость при кручении $E \cdot A = G \cdot I_T = 10^{13} \cdot I$ (I = длина стержня)
- Соппротивление изгибу $E \cdot I = 10^{13} \cdot I^3$
- Жесткость сдвига (если активирована) $G_{Ay} = G_{Az} = 10^{16} \cdot I^3$

У данного типа стержня больше не требуется определять *Нулевую жесткость* (см. страницу 127), которая определена как сечение.

Ребро

Ребра описаны в разделе 4.18, страница 163.

Ферма (только N)

Данный тип элемента фермы поглощает осевые силы в виде растяжения и сжатия. У элемента фермы на концах имеются внутренние моментные шарниры. Таким образом дополнительное

определение шарнира не допускается. RFEM показывает только узловые внутренние силы (которые передаются соединительным стержням). Сам стержень показывает линейное распределение внутренних сил. Исключением является сосредоточенная нагрузка на стержень, которая означает, что не будет видна ни одна эпюра моментов как результат собственного веса или линейной нагрузки. Из-за шарнира граничные моменты равны нулю. Предполагается линейное распределение вдоль стержня. Узловые силы, однако, рассчитываются исходя из нагрузок стержня, что гарантирует правильную передачу.

Причина особого поведения заключается в том, что раскосная балка, в обычном понимании, передает только осевые силы. Моменты не представляют интереса. Таким образом, они преднамеренно не будут отображаться в результатах и рассчитываться как часть конструкции. Чтобы получить и увидеть моменты от нагрузок стержня, используйте тип стержня *Ферма*.

Растяжение / Сжатие

Стержень, работающий на растяжение, может поглотить только растягивающие силы, а стержень, работающий на сжатие - только сжимающие силы. Расчет Каркасной конструкции с данными типами стержней осуществляется итерационно. В первой итерации, RFEM определяет внутренние силы всех стержней. Если у растягиваемых стержней отрицательные осевые силы (сжатие), или если у сжимаемых стержней положительные осевые силы (растяжение), запускается дополнительный шаг итерации, в котором жесткость этих стержней далее рассматриваться не будет - стержни дали сбой. Данный процесс итерации продолжается, пока растягиваемые или сжимаемые стержни дают сбой. В зависимости от моделирования и загрузки, система может стать нестабильной из-за отказа растягиваемых или сжимаемых стержней.



Неудавшийся растяжимый или сжимаемый стержень может быть вновь рассмотрен в матрице жесткости, если он активируется на более позднем этапе итерации, благодаря перераспределениям в системе. В меню **Рассчитать**, выберите **Параметры расчёта** чтобы открыть диалоговое окно *Параметры расчёта*, в котором вы сможете задать *Общие параметры расчёта*. В диалоговом разделе *Восстановление вышедших из строя стерж-*

ней можно установить *Особая операция* неудавшихся стержней. Подробности можно найти в разделе 7.3 на странице 293.

Потеря устойчивости

Изогнутый стержень поглощает неограниченное количество растягивающих усилий. Сжимающие силы, однако, могут поглощаться только пока не будет достигнута критическая нагрузка Эйлера.

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{l_{cr}^2} \quad \text{где } l_{cr} = l$$

Формула 4.23

С данным типом стержня можно избежать неустойчивостей, происходящих в расчётах с использованием теории второго порядка или анализа больших деформаций из-за потери устойчивости элементов фермы. Если вы заменяете фермы – близкие к реальности – на стержни фермы, то во многих случаях увеличивается критическая нагрузка.

Канат

Канатные стержни поглощают только растягивающие силы. Они используются для анализа кабельных цепей с продольными и поперечными силами с помощью итерационных расчётов, учитывающих теорию кабеля (анализ больших деформаций - см. раздел 7.3.1, страница 285). Требуется задавать целый канат как цепной канат, состоящий из нескольких канатных стержней.

Для создания линии провеса каната, укажите на **Создать модель - стержни** в меню **Инструменты** и выберите **Дуга** (раздел 11.7.2, страница 559). Чем точнее исходная форма линии провеса каната соответствует реальному цепному канату, тем стабильнее и быстрее можно выполнить расчёт.

Рекомендуется предварительное напряжение канатных стержней, чтобы предотвратить сжимающие силы, которые ведут к сбою. Кроме того, канаты должны использоваться только тогда, когда деформации имеют значительную роль в изменении внутренних сил, то есть при больших деформациях. Для простых прямых такелажей как поперечные распорки (выступ крыши), наличия элементов натяжения вполне достаточно.



При оценке деформаций канатных элементов, установите коэффициент масштабирования в панели управления (см. Рисунок 3.20, страница 34) на "1", и что эффекты натяжения будут представлены реалистично.

Канат на блоках

Канат на блоках поглощает только растягивающие усилия и рассчитывается в соответствии с Вантовой теорией (Нелинейный расчёт по методу больших деформаций). В отличие от каната, он может быть применен только к ломаной линии с минимально тремя узлами. Этот тип стержня подходит для системы шкивов, где осевые силы передаются посредством пучков.

По сравнению с обычным канатным элементом, возможно перемещение только в пределах внутренних узлов в продольном направлении u_x . Таким образом, стержень не должен находиться под воздействием нагрузок, действующих в локальных направлениях u или z .

Смещение в продольном направлении недопустимо для сохранения свободы на концах каната.

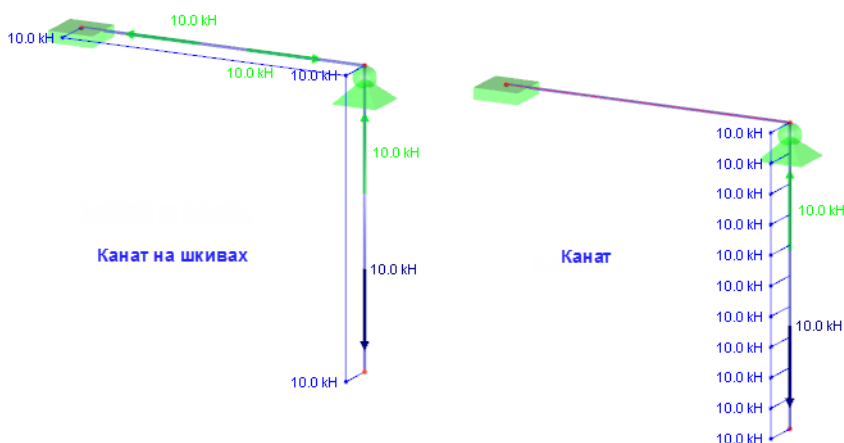


Рисунок 4.152: Система с канатами на блоках и канатными элементами - осевые силы и опорные реакции

У внутренних узлов ломаной линии не имеет значение доступность узловой опоры или присоединение стержня к другой конструкции. RFEM анализирует общую модель канатного элемента по длине ломаной линии.

RFEM учитывает только перемещения u_x и осевые силы N для стержней типа *Канат на блоках*.

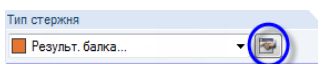
Результирующая балка

Как разрез на модели, результирующая балка может быть размещена в любом месте модели как виртуальный стержень. Используйте ее, чтобы показать внутренние силы поверхностей, стержней и тел в виде интегрированных результатов. Таким образом, можно прочесть на дисплее, например, итоговые поперечные силы поверхности, используемые для расчёта кладки.

Результирующая балка не требует ни опоры, ни соединения с моделью. Кроме того, к ней невозможно применить нагрузки.

Параметры интеграции должны быть установлены в диалоговом окне (см. Рисунок 4.153), которые открывается с помощью кнопки [Редактировать].

В разделе диалога *Интегрировать напряжения и силы*, определите зону влияния результирующей балки. В графике диалога показаны имеющие значение для отдельных вариантов параметры.



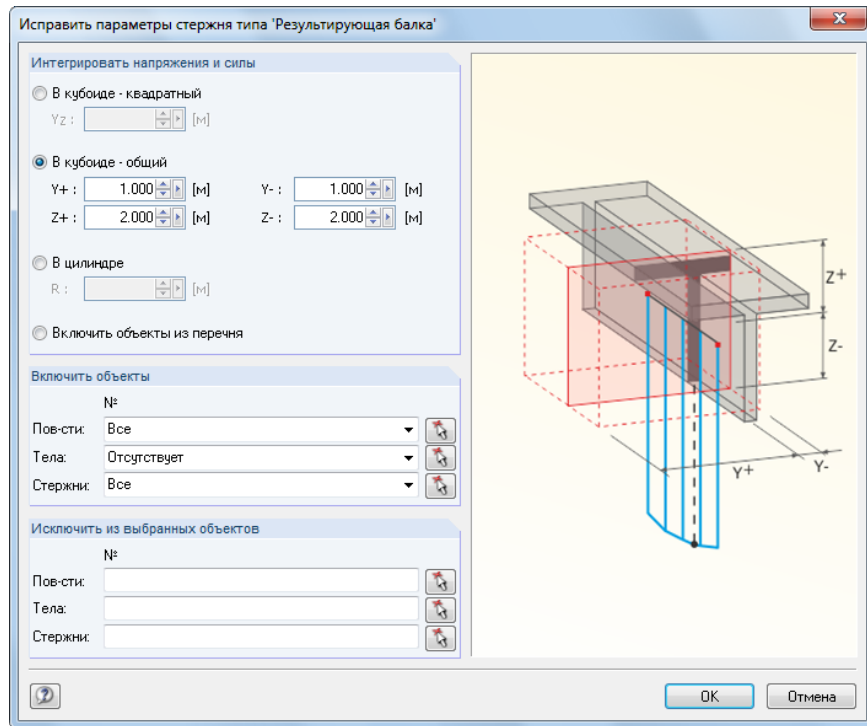
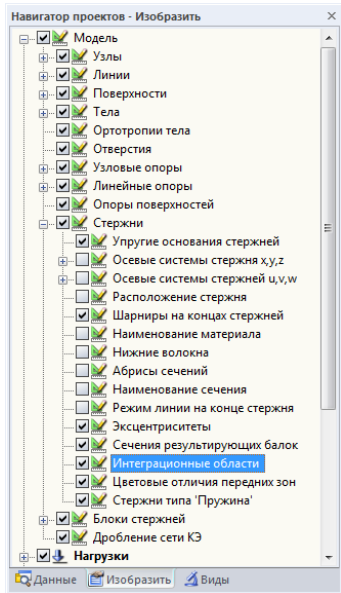


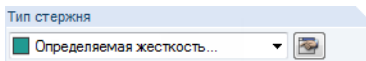
Рисунок 4.153: Диалоговое окно *Редактировать параметры для стержней типа 'Результирующая балка'*

Раздел диалога *Включить объекты* позволяет включать объекты для конкретного выбора элементов модели, результаты которых должны быть приняты во внимание при интеграции: поверхности, твёрдые тела, стержни.

Когда результирующая балка определена, можно активировать и деактивировать отображение интеграционных областей в навигаторе *Изобразить* (см. на слева отображенный рисунок).

Жесткости

Жесткости стержней могут быть непосредственно указаны в диалоговом окне, открываемом с помощью кнопки [Редактировать]. Таким образом, определение сечений не является необходимым.



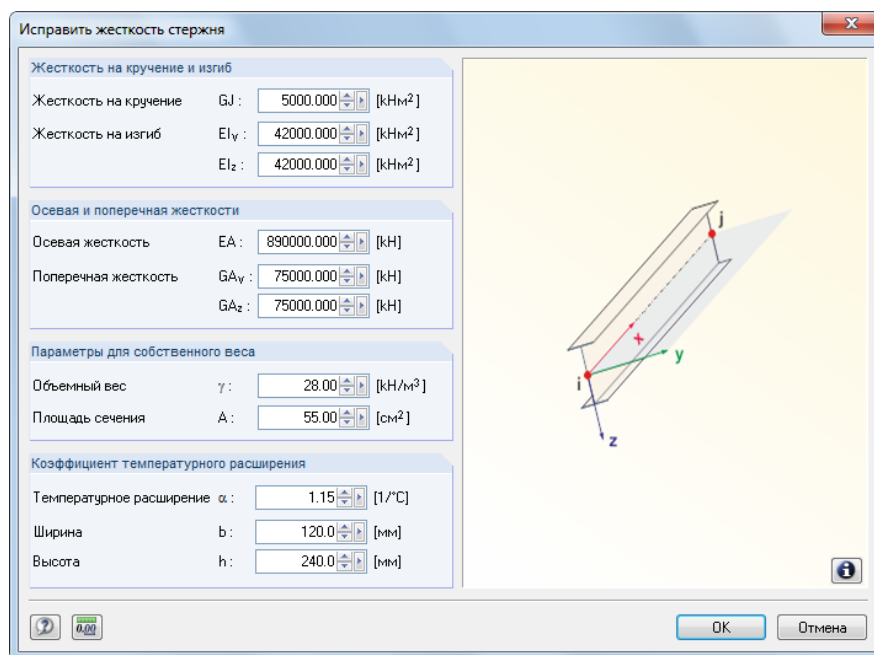


Рисунок 4.154: Диалоговое окно Редактировать жесткости стержней



Чтобы посмотреть на определение матрицы жесткости, используйте кнопку [Информация].

Соединение

Соединительный стержень представляет собой виртуальный, очень жесткий стержень с определёнными свойствами жесткости или свойствами шарнира. Можно соединить степени свободы начального и конечного узлов в четырьмя различными способами. Осевые и поперечные силы, соответственно изгибающие моменты и моменты вращения, передаются непосредственно от одного узла к другому. Соединения могут быть использованы для моделирования особых ситуаций для передачи сил и моментов.

RFEM рассчитывает жесткости соединений в зависимости от модели, чтобы исключить численные задачи.



С альтернативным жестким стержнем (см. страницу 151) можно определить соединительные элементы учитывая также пружины и нелинейности шарниров.

Чтобы управлять изображением результатов соединений, используйте навигатор *Изобразить*.

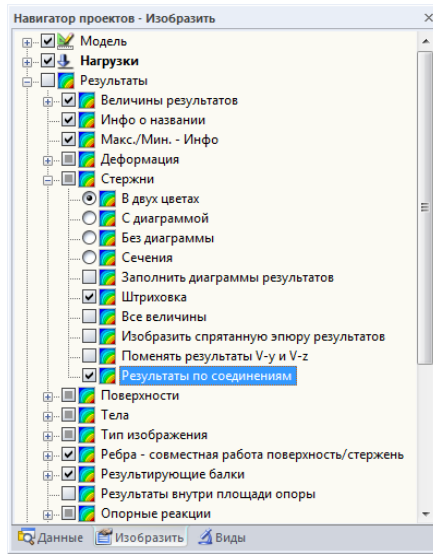


Рисунок 4.155: Активация изображения результатов соединительных элементов в навигаторе *Изобразить*.

Пружина

Если установлены нелинейности *Пружины*, то можно открыть новое диалоговое окно с помощью кнопки диалогового окна [Редактировать] или кнопки [...] в таблице.

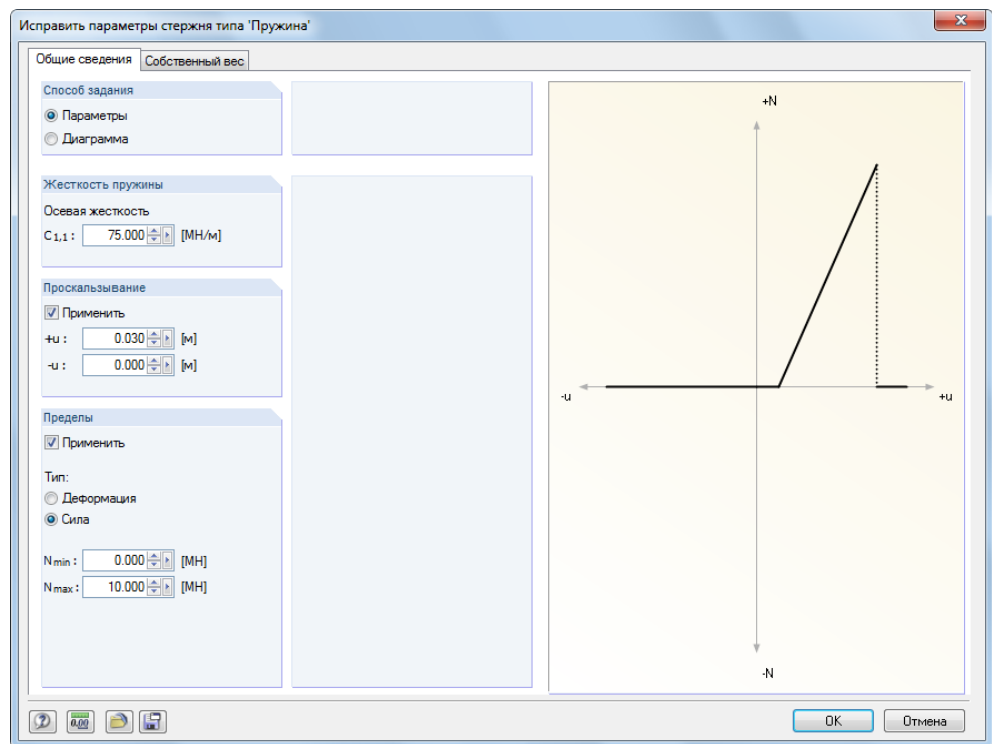


Рисунок 4.156: Диалоговое окно *Редактировать параметры стержня типа 'Пружина'*

Определение свойств пружины с помощью *Параметров* или в *Диаграмме*. Константа пружины $C_{1,1}$ описывает жесткость стержня в его местном x-направлении в соответствии со следующим соотношением:

$$k = \frac{E \cdot A}{l}$$

Формула 4.24

Проскальзывание определяет зону деформации, где жесткость не поглощает какие-либо силы.

Кроме того, имеется две возможности определения *Пределов* пружины:

- *Деформация*: Величины u_{\min} и u_{\max} определяют геометрическую зону активности пружины. Пружина будет действовать в качестве жесткого стержня (опора) для деформаций за пределами указанной зоны.
- *Сила*: Величины N_{\min} и N_{\max} определяют зону активности для сил, которые могут быть поглощены пружиной. Если осевая сила находится вне заданных пределов, пружина не работает.

Когда опция *Диаграмма* установлена, можно еще более точно определить свойства пружины. Эти параметры в значительной степени совпадают с возможностями, доступными для нелинейных шарниров стержней (см. главу 4.14, страница 143).

Нулевой

Ни нулевой стержень, ни его нагрузки не будут учитываться в расчёте. Используйте нулевые стержни для оценки, например, изменений в поведении конструкции, если некоторые стержни не являются эффективными. Вам не нужно удалять эти стержни, их нагрузка будет также сохранена.

Сечение в начале и в конце стержня

Два поля ввода или столбцы таблицы используются для определения сечений начала и конца стержня. Номера сечений относятся к записям в Таблице 1.13 *Сечения* (см. главу 4.13, страница 126). Задание облегчается за счёт цветов, относящихся к различным сечениям.



Стержни с вутами

При вводе различных номеров для начальных и конечных сечений, создается вут. RFEM интерполирует переменные жесткости вдоль стержня согласно полиномам более высокого порядка. Ввод глупости, как вута, состоящего из двутавра и круглой стали, будет определен с помощью проверки достоверности до начала расчёта.

Величина внутренней деформации сечения с вутом контролируется *Формой вута*, заданной в вкладке *Возможности* диалогового окна *Новый стержень*, соответственно в столбце таблицы (см. страница 160).

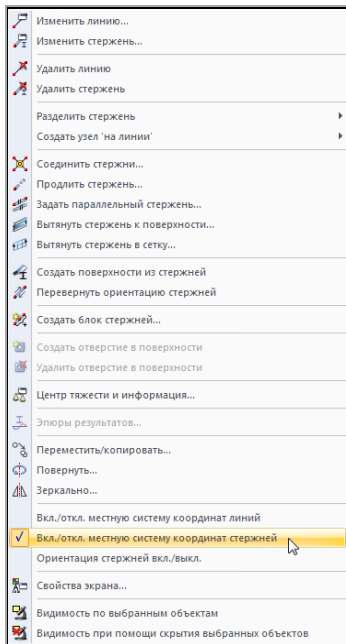
Вращение стержня

К стержню относящаяся система координат x, y, z определяется по часовой стрелке с помощью прямых углов. Местные оси x всегда представляют центральные оси стержня, соединяя начальный узел с конечным узлом линии (положительное направление). Оси стержня y и z , соответственно u и v для несимметричных сечений, представляют главные оси стержня.



Рисунок 4.157: Вращение стержня и местные оси стержня x, y, z (любое пространственное положение)

Положение локальных осей y и z устанавливается автоматически. Оси y направлены перпендикулярно к продольной оси x и параллельно глобальной плоскости XY . Положение оси z определяется правилом правой руки. Компонент z Z -оси всегда показывает вниз



Контекстное меню стержня

(что означает в направлении гравитации) - независимо от того, если глобальная ось Z направлена вниз или вверх.

Чтобы проверить положение стержня, используйте 3D-прорисовку. Можно также использовать навигатор *Изобразить* или контекстное меню стержня, чтобы изобразить *Осевые системы стержня x,y,z*.

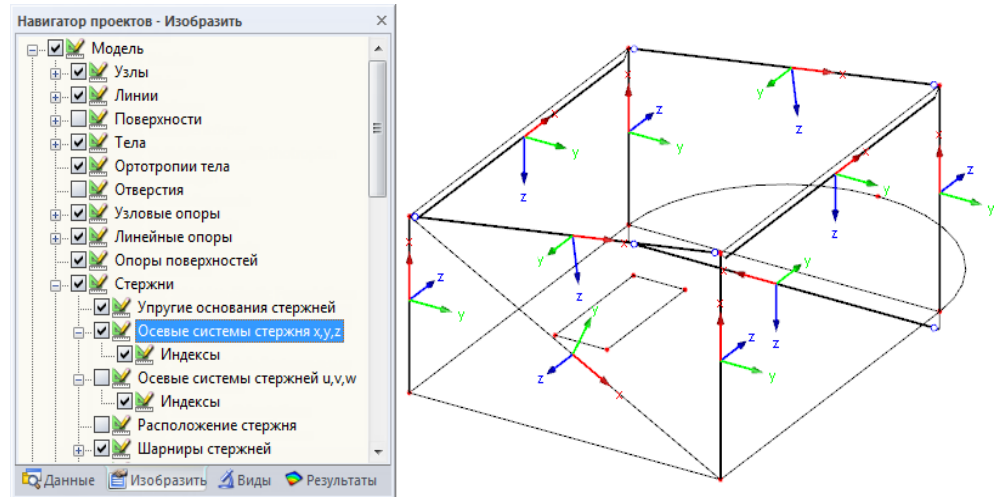


Рисунок 4.158: Выбор местных систем координат стержня в навигаторе Изобразить

Колонка таблицы **N** информирует о глобальных осях, проходящих параллельно стержню или указывает на плоскость, стянутую глобальными осями, где лежит стержень. Если здесь нет записей, то этот стержень находится в произвольном пространственном положении.

Если стержень расположен параллельно к глобальной оси Z, что означает вертикальное положение, локальная ось **z**, конечно, не имеет Z-компонента. В этом случае применяется следующее правило: Локальная ось **y** будет выровнена параллельно глобальной оси Y. Затем положение оси **z** определяется правилом правой руки.

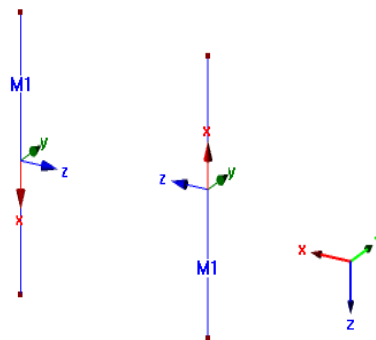


Рисунок 4.159: Вертикальное положение стержня с различными направлениями стержня ($\beta = 0^\circ$)

Когда стержень, находящийся в непрерывном наборе элементов столбцов, не совсем в вертикальном положении (из-за незначительных отклонений узловых координат X или Y), оси стержня могут изменить свою направление: RFEM классифицирует положение стержня, который слегка наклонен, как "общее". Если требуется классифицировать стержни в общем положении все равно как *вертикальные*, выберите **Восстановить модель** в меню **Инструменты** (см. раздел 7.1.3, страница 275).

Вращение стержня можно применить в двух направлениях:

Вращение стержня с помощью угла β

Вы определяете Угол β вокруг которого будет вращаться стержень. Если угол вращения β является положительным, оси y и z повернуты по часовой стрелке вокруг продольной оси x стержня.



Пожалуйста, обратите внимание, что угол вращения стержня β у угол вращения сечения α' (см. раздел 4.13, страница 130) суммируются.

У 2D моделей, допускаются только углы вращения стержня 0° и 180° .

Вращение стержня с помощью вспомогательного узла

Осевая система стержня направлена к определённому узлу. Во-первых, выберите ось (y или z), которая будет подвергаться влиянию вспомогательного узла. Соответственно, вспомогательный узел определяет плоскость $x-y$ или плоскость $x-z$ стержня. Затем введите вспомогательный узел. Его Можно также выбрать в графическом виде или создать новый. Однако убедитесь, что узел не лежит на прямой, которая определяется осью x стержня.

Следующий пример показывает столбцы, которые расположены по направлению к центрам.

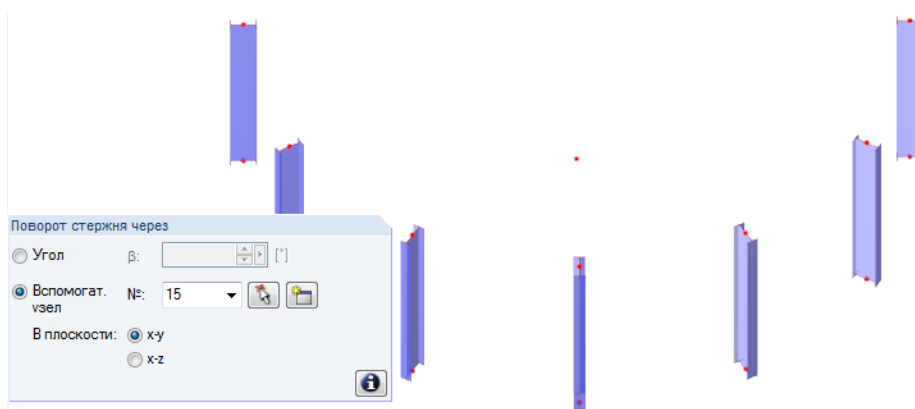


Рисунок 4.160: Вращение стержня с помощью вспомогательного узла

Изменения локальной системы осей стержня может повлиять на знаки внутренних сил. На следующем рисунке показано общее правило знаков.

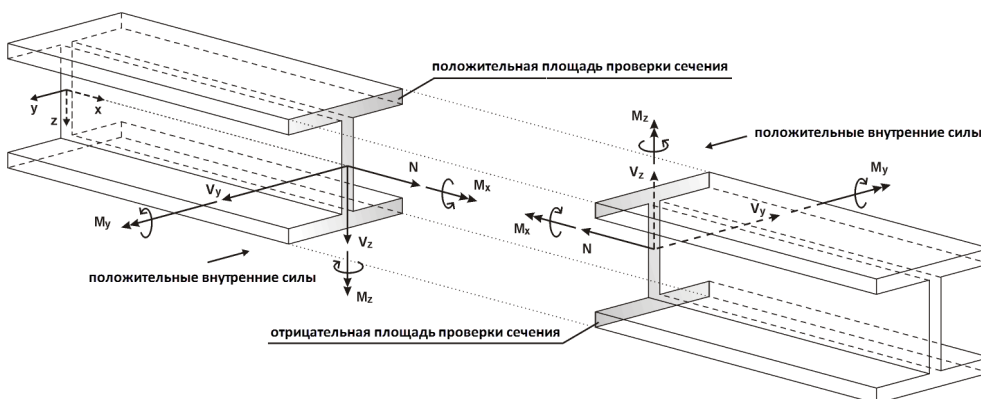


Рисунок 4.161: Положительное определение внутренних сил



Изгибающий момент M_y является положительным когда растягивающие напряжения возникают на положительной стороне стержня (в направлении z -оси). M_z является положительным если сжимающие напряжения возникают на положительной стороне стержня (в направлении оси y). Определение знаков для крутящих моментов, осевых сил и попе-

речных сил соответствует обычными правилам. Данные внутренние силы являются положительными, если они действуют в положительном направлении.

Шарнир в начале и на конце стержня

В данных двух столбцах таблицы или полях ввода в диалогового окна *Новый стержень* можно определить шарниры путем контроля передачи внутренних сил на узлах. Номера шарниров относятся к записям в таблице 1.14 *Шарниры на концах стержня* (см. раздел 4.14, страница 138).

Для некоторых типов стержней, записи не возможны, потому что внутренние шарниры уже существуют.

Эксцентриситет стержня

В данной колонке таблицы или поле ввода вкладки диалога *возможности* (см. Рисунок 4.151), можно установить эксцентриситетное соединение к стержню. Номера эксцентриситетов относятся к таблице 1.15 *Эксцентриситеты стержня* (см. раздел 0, страница 144). Тип соединения определяет эксцентриситеты в начале и на конце стержня.

Деление стержня

Деление стержня контролирует численный ввод внутренних сил и деформаций вдоль стержня (см. раздел 4.16, страница 147). Используйте параметры из столбца таблицы или поля ввода вкладки диалога *Возможности* чтобы задать дробление или создать новые. Количество дроблений относится к записям в таблице 1.16 *Дробления стержня*.

Дробление стержня не имеет влияния ни на определение экстремальных значений, ни диаграмм в графическом виде результатов (программа RFEM сама использует более детальное разделение). Дробления стержня не требуется в большинстве случаев, по умолчанию настроено 'Нулевой' или '0'.

Упругое основание стержня

С помощью поля ввода вкладки *Возможности* (см. Рисунок 4.151) можно установить у стержня упругое основание. Номера упругих оснований приведены в таблице 1.19 *Упругие основания стержня* (см. раздел 4.19, страница 166).

Нелинейность стержня

Данное поле вода вкладки диалога *Возможности* (см. Рисунок 4.151, страница 149) дает возможность обеспечить стержню нелинейные свойства. Номера нелинейностей относятся к записям в таблице 1.20 *Нелинейности стержня* (см. раздел 4.20, страница 168).

Форма вута

Когда в начале и на конце стержня определены разные сечения, этот столбец таблицы или поле ввода вкладки *Возможности* предлагает Вам выбор между *Линейным* и *Квадратичным* вутом. Таким образом, можно описать геометрию вута для определения интерполированных значений сечения.

В большинстве случаев, существует линейный вут: Высота сечения меняется равномерно от начала к концу сечения, ширина остается более или менее постоянной. Однако если также ширина сечения меняется отчетливо вдоль стержня (например, вут, изготовленный из сплошных секций), рекомендуется использовать квадратную функцию для интерполяции значений сечения.

Длина

Данный столбец таблицы показывает абсолютную длину стержня, как расстояние между начальным и конечным узлами. Эксцентриситеты также учитываются.

Можно также найти значение длины стержня в рабочем окне: Наведите указатель мыши на стержень и подождите, пока не появится всплывающая подсказка стержня.

Вес

Масса стержня определяется из продукта, полученного из зоны сечения A и объемного веса материала. За гравитационное ускорение RFEM применяет $g = 10 \text{ m/s}^2$.

Положение

Колонка таблицы **N** информирует о глобальных осях, проходящих параллельно стержню или указывает на плоскость, стянутую глобальными осями, где лежит стержень. Если здесь нет записей, то этот стержень находится в произвольном пространственном положении.



Когда стержень, находящийся в непрерывном наборе элементов столбцов, не совсем в вертикальном положении (из-за незначительных отклонений узловых координат X или Y), оси стержня могут изменить свою направление: RFEM классифицирует положение стержня, который слегка наклонен, как "общее". Если вам нужно классифицировать стержни в общем положении все равно как вертикальные, выберите **Восстановить модель** в меню **Инструменты** (см. раздел 7.1.3, страница 275).

Полезные длины

Вкладка диалога *Полезные длины* управляет *Коэффициентами полезной длины* $k_{cr,y}$ и $k_{cr,z}$.

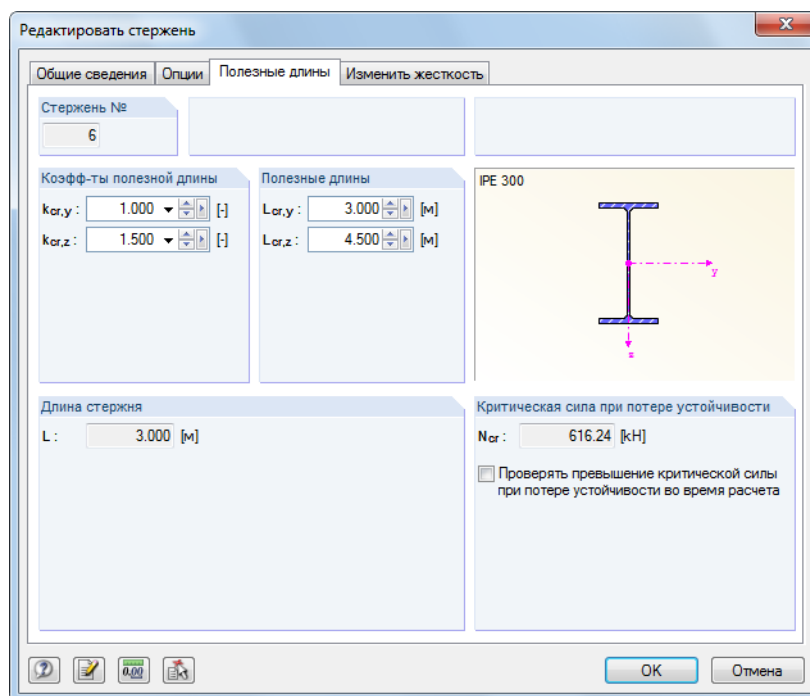


Рисунок 4.162: Диалоговое окно *Редактировать стержень*, вкладка *Эффективная длина*

Коэффициенты полезной длины можно настроить отдельно для обеих осей стержня. Диалоговые поля, расположенные справа показывают *Полезные длины* в результате введенных коэффициентов и длины стержня.

Коэффициенты полезной длины имеют большое значение для дополнительных модулей, таких как RF-STEEL EC3, в которых выполняются расчёты на стабильность, но они играют второстепенную роль для RFEM, например, полезные длины при потере устойчивости изогнутых стержней определяются внутри из граничных условий, а затем они точно применяются.

В разделе диалога *Критическая сила при потере устойчивости*, можно решить, если нагрузка потери устойчивости при изгибе стержня будет проверяться во время расчёта. Окно флажка по умолчанию отмечено для фермы, сжатия и потери устойчивости стерж-

ней. Вкладка диалога *Общие расчётные параметры* диалогового окна *Параметры расчёта* (см. Рисунок 7.22, страница 293) предлагает общие возможности настроек для данного типа проверки.



Стержень как модель поверхности

Функция контекстного меню *Создать поверхности из стержней* может быть использована для преобразования стержней (1D элементы) в адекватных элементы поверхности (2D элементы) для детальных расчётов. Данная функция описана в разделе 11.7.1.5 на странице 546.



Двойные стержни

Как правило, в модели не требуются перекрывающиеся стержни. Поэтому, когда вы определяете новый стержень на узлах уже существующего стержня, RFEM удалит старый стержень автоматически.

Чтобы предотвратить удаление программой RFEM уже заданных стержней, выберите *Позволить двойные стержни* в меню *Редактировать*. При расчёте RFEM рассматривает жесткости обоих стержней.

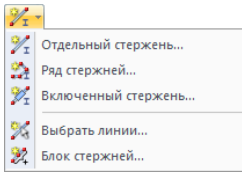
4.18 Ребра

Общее описание

Ребра представляют собой особый тип стержней. Чтобы создать ребро, стержень должен уже существовать. Ребра могут быть использованы для представления тавровых балок в модели FEA путем определения эксцентриситетов и полезной ширины.

Ребра, в первую очередь, подходят для моделей с железобетонными элементами: Можно использовать внутренние силы ребра и сечения для расчёта в дополнительном модуле **RF-CHNCRETE Members**. Однако когда вы хотите моделировать стальную пластину с приваренным "ребром", используйте поверхность с эксцентрично подсоединенным стержнем.

Можно определить ребро непосредственно из контекстного меню навигатора *Ребра* или во вводном окне диалога. При создании нового стержня и выборе *Тип стержня Ребро* (см. раздел 4.17, страница 149), можно использовать включенную кнопку [редактировать] для определения параметров. Также можно открыть диалоговое окно ниже с помощью меню или контекстного меню в навигаторе.



Кнопка списка *Стержень*

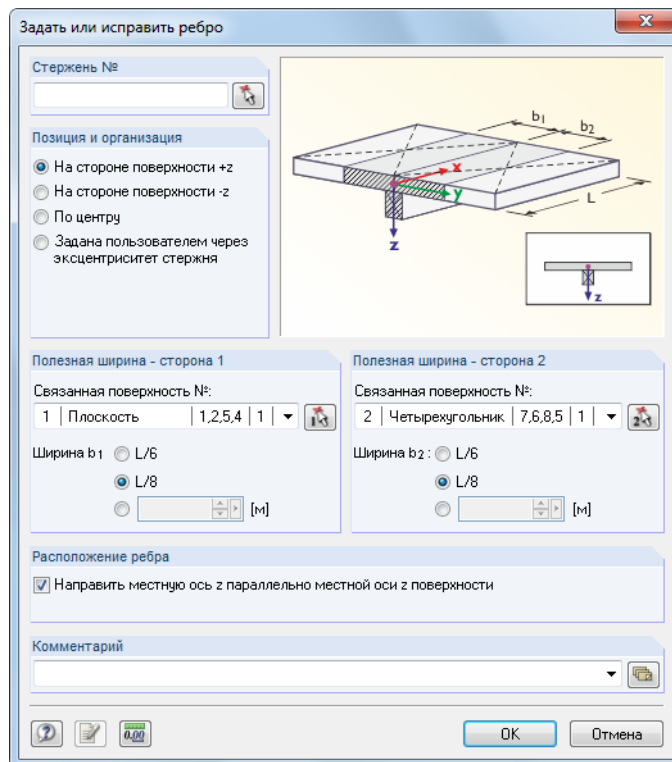
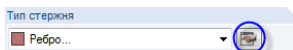


Рисунок 4.163: Диалоговое окно *Новое ребро* (для модели типа 2D - XY)

1.18 Ребра						
Стержень №	А Положение Ребра	В Полезная ширина - сторона 1 Поверхность № b ₁ [m]	С Полезная ширина - сторона 2 Поверхность № b ₂ [m]	Д	Е	Ф
1	На грани -z	1	3.000	1	3.000	Комментарий
2	На грани +z	1	0.704		0.000	
3	Центральный	2	0.375		0.000	

Рисунок 4.164: Таблица 1.18 *Ребра*

Положение ребра

Как правило, ребро является стержнем, который расположен эксцентрично. Эксцентриситет определяется автоматически из половины толщины поверхности и половины высоты стержня (таблица 1.15 *Эксцентриситеты стержней* не имеет значения). Можно также определить его вручную. Из-за эксцентриситета ребра жесткость модели увеличивается.

Доступны следующие параметры расположения:

На +/-z-стороне поверхности

Эксцентриситет как сумма от половины толщины поверхности и половине высоты ребра применяется автоматически в направлении положительной или отрицательной **z** оси поверхности. Для изображения и проверки осей поверхности **x, y, z** на графике, используйте навигатор *Изобразить* (см. Рисунок 4.115, страница 125).

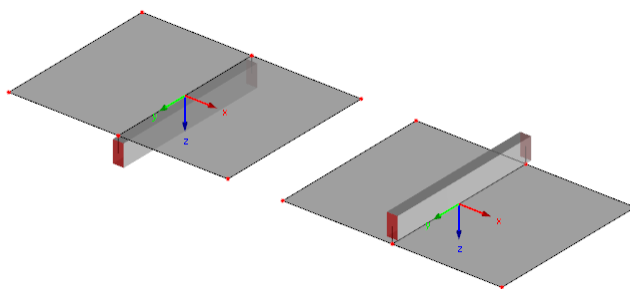


Рисунок 4.165: Ребра на положительной z-стороне (левой) и отрицательной z-стороне (правой) поверхности

Центральный

Ребро моделируется без эксцентриситета. Оси центра тяжести расположены в центре поверхности.

Задана пользователем через эксцентриситет стержня

Вы определяете эксцентриситет стержня вручную в диалоговом окне *Новый эксцентриситет стержня*, соответственно в таблице 1.15 (см. главу 0, страница 144), а затем назначаете его стержню.

Можно без проблем проверить положение ребра в режиме воспроизведения: В навигаторе *Изобразить*, выберите два варианта изображения для сплошнотелых моделей: *Стержни* → *Сечения* и *Поверхности* → *Заполнено, включая толщину*.

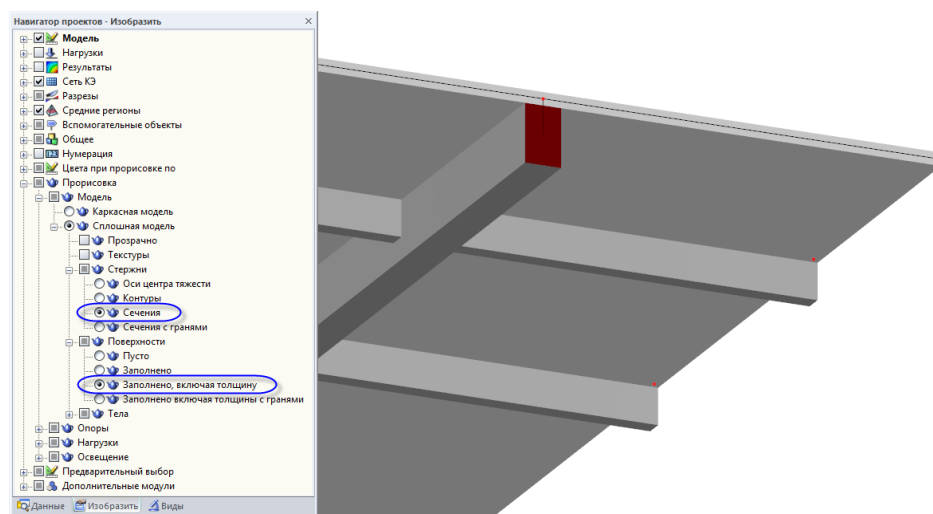


Рисунок 4.166: Навигатор Изобразить: Прорисовка → Модель → Сплошная модель

Полезная ширина

При моделировании 3D структур, эффективная ширина не имеет никакого влияния на жесткость, потому что повышенная жесткость уже учтена эксцентрическим стержнем. Полезная длина влияет только на внутренние силы. Для 2D моделей (модель типа 2D - XY), однако, жесткость управляется параметрами, примененными к *Редукции жесткости* (см. пункт ниже).

Если эксцентрично соединённая балка используется вместо ребра, то модель RFEM 4 присваивает внутренние силы и стержню и плите. Но в расчёте железобетона стержень и определённая часть поверхности рассматриваются как единое целое, а именно Балка перекрытия (тавровая балка). Чтобы определить внутренние силы для балки перекрытия, изгибающий момент в стержне должен быть увеличен на результат осевой силы в плите и эксцентриситета. Для определения осевой силы в плите, вы должны знать область, где осевые силы суммируются. Таким образом, вам требуется указать эффективные ширины также как и поверхности.



Связанная поверхность

Эффективные ширины ребра должны быть определены отдельно для левой и правой стороны. Часто можно сохранить настройки *Автоматическое определение* в списке *Связанная поверхность* доступном в диалогом окне *Новое ребро*. Только если более двух поверхностей примыкают друг к другу вдоль линии ребра, вы должны точно определить связанные поверхности.

Полезная ширина

Ширину b_1 ; соответственно b_2 можно ввести напрямую в поле ввода или она рассчитывается автоматически из длины стержня с помощью выбора опции $L/6$ и $L/8$. При подтверждении диалогового окна, RFEM определяет полезную ширину и вводит значения.



Пожалуйста, помните: Когда длина стержня изменяется последовательно, полезные ширины не будут регулироваться автоматически!

После расчёта, эффективные компоненты поверхностей можно рассматривать для результатов стержней. В навигаторе *Изобразить*, нажмите на *Результаты* и выберите *Полезная связность поверхности/стержня*. Диаграммы результатов стержня предоставляют также конкретную оценку внутренних сил ребра (см. главу 9.5, страница 384).

Редукция жесткости

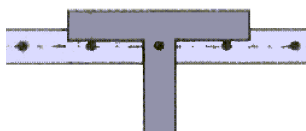
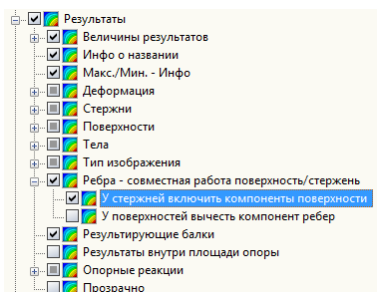
Этот раздел диалога, соответственно эти столбцы таблицы, показываются только тогда, когда в общих данных был установлен тип модели 2D - XY (см. рисунок Рисунок 12.23, страница 598). По сравнению с пространственно-определёнными моделями, где ребра так или иначе могут быть приняты во внимание при анализе КЭ как эксцентрично расположенные стержни, у балок перекрытий RFEM использует другой подход к анализу.

Без учета совместной работы с плитой

Для расчёта RFEM применяет замену сечения, жесткость которого определяется из стержней сечения и эффективного компонента плиты поверхности. Таким образом, жесткость плиты определяется дважды для эксцентрично расположенных ребер, потому что она эффективна в замещающем сечении также как и напрямую на элементах поверхности. Если отмечен флажок *Без учета совместной работы с плитой*, жесткость компонента плиты не будет рассматриваться в замещающем сечении.

Действие жесткости на кручение

Данное поле ввода используется для снижения жесткости при кручении данного ребра.



4.19 Упругие основания стержня

Общее описание

В то время как узловые опоры представляют собой опору на обоих концах стержня, упругие основания стержня обеспечивают упругую опору стержня по всей его длине. Используйте упругие основания стержня для моделирования, например, фундаментных балок с учетом свойств почвы. Если упругое основание не является эффективным в случае растяжения или сжатия, при расчёте можно учесть нелинейные эффекты.

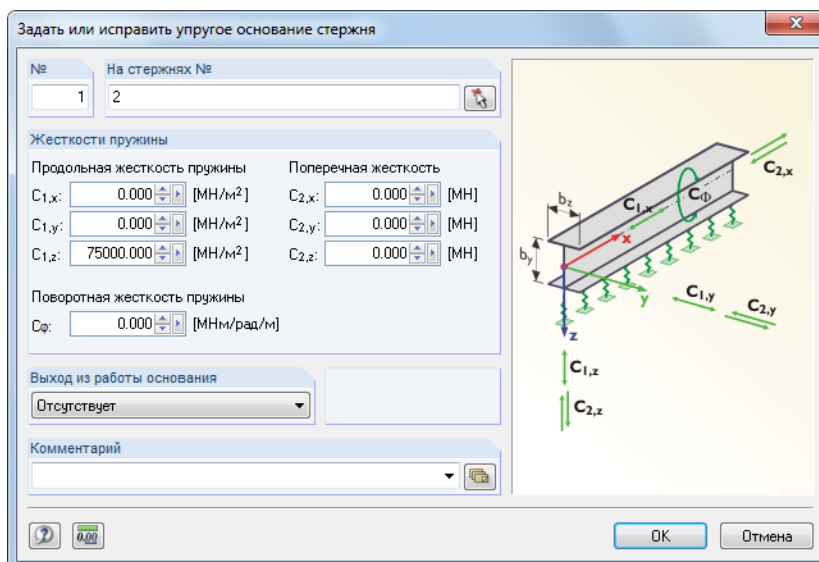


Рисунок 4.167: Диалоговое окно *Новое упругое основание стержня*

Основан. №	А	В	С	Д	Е	Ф	Г	Н	И	К	Л
№	На стержнях №	C _{1,x} [МН/м ²]	C _{1,y} [МН/м ²]	C _{1,z} [МН/м ²]	C _{2,x} [МН]	C _{2,y} [МН]	C _{2,z} [МН]	C _φ [МНм/рад/м]	Выход из работы	Выход из работы	Комментарий
1	5	0.000	0.000	75000.000	0.000	0.000	0.000	0.000	Отсутствует	Отсутствует	
2	1,6	0.000	0.000	50000.000	0.000	0.000	0.000	0.000	Если контактные напр	Если контактные напряжения отрицательные	
3									Отсутствует	Если контактные напряжения положительные	
4											
5											

Рисунок 4.168: Таблица 1.19 *Упругие основания стержня*

На стержнях

Упругие основания стержня можно определить для типов стержней *Балка*. Введите номер стержня в столбец таблицы или в поле ввода. Можно также определить его в графическом виде.

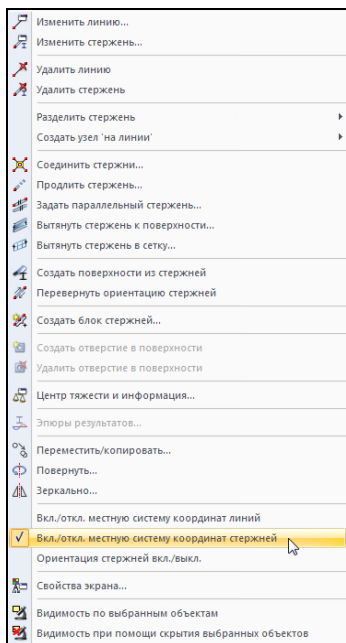
Жесткости пружины

Линейная пружина

Вы должны указать параметры линейных пружин в направлении локальных осей стержня *x*, *y* и *z*.

Модуль жесткости *E_s* в Таблица 4.8 служит эталоном значений. Обратите внимание, что ввод в RFEM относится к модулю реакции земляного полотна, который будет определен с учетом форм-фактора.





Контекстное меню стержня

Тип грунта	E_s (статическая нагрузка)	E_s (динамическая нагрузка)
Песок, компактный	40 – 100	200 – 500
Гравелистый песок, компактный	80 – 150	300 – 800
Глина, от полусплошной к сплошной	8 – 30	120 – 250
Глина, жесткая пластичная	5 – 20	70 – 150
Смешанная глина, от полусплошной к сплошной	20 – 100	200 – 600

Таблица 4.8: Модули жесткости выбранных типов почв в [Н/мм²]

Значения в Таблица 4.8 представляют относящиеся к площади характерные значения: Они описывают область силы в [Н/мм²], которая необходима для сжатия почвы на 1 мм. Таким образом, единицы будут интерпретироваться в соответствии со сплошным телом как [Н/мм³].

Для фундаментных балок используемых, например, для моделирования ленточных фундаментов, вы должны определить коэффициент пружины с учетом ширины сечения. Таким образом, вы получаете упругую пружину в [Н/мм²], относящуюся к стержню. Пружина указывает силу стержня в [Н / мм], которая необходима для сжатия почвы на 1 мм - поэтому блок [Н/мм²] требуется для ввода. Результат должны быть введен упругая пружина $C_{1,z}$: Для ленточных фундаментов (стержней в горизонтальном положении) местная ось z, как правило, направлена вниз.

Жесткости пружины рассматриваются как расчётные значения.

Используйте навигатор *Изобразить* или контекстное меню стержня для изображения локальных осей стержня (см. Рисунок 4.158, страница 158).

Сдвиговая пружина

Сдвиговые пружины используются для определения прочности на сдвиг почвы. Постоянные пружин C_2 определяются из результата $\nu \cdot C_{1,z}$, с коэффициентом Пуассона ν предполагаемым между 0.125 и 0.5 для песка и хорошей почвы, и между 0.2 и 0.4 для глинистой почвы.

Вращательная пружина

Введите константу вращательной пружины в поле ввода диалога или столбец таблицы. Константа мешает вращению стержня вокруг своей продольной оси.

Нерабочее основание

Если упругое основание не является эффективным в случае растяжения или сжатия, то необходимо назначить типу фундамента нелинейные способности *Сбой*.



Обратите внимание, что критерий разрушения *Выход из работы при отрицательном или положительном контактом напряжении* в z относится только к локальной оси z стержня. Нелинейность не применяется на упругие пружины в направлении местных осей x или y! Таким образом, не возможен эффективный сбой по двум осям фундаментных стержней.

Неэффективность в случае отрицательного контактного напряжения имеет следующее значение: Фундамент не имеет силы, если элемент стержня движется в противоположном направлении от локальной оси z.

Когда критерии отказа применяется, рекомендуется проверить положение и направление местной z-оси (см. Рисунок 4.158, страница 158). Это может быть необходимо для вращения стержней.

Разделение стержня из стержней с упругими основаниями можно регулировать во вкладке диалога *Общие расчётные параметры* диалогового окна *Параметры расчёта* (см. раздел 7.3, страница 293).

4.20 Нелинейности стержня

Общее описание

Нелинейности стержня используются для представления нелинейных отношений между силой (или моментом) и удлинением стержней.

Некоторые нелинейные свойства могут быть определены уже при указании типа стержня. Гибким элементом, например, является ферма, для которой удлинение растёт пропорционально силе натяжения, но ее удлинение может расти при сжатии без поддающейся проверке силе, требуемой для него.

В принципе, нелинейности стержня могут быть назначены любому типу стержня. Конечно же, сочетания должны иметь смысл. Сжатый стержень с критерием расчёта "Выход из работы при сжатии" повлечет за собой проблемы при расчёте. Поэтому нелинейности стержня не допускаются для типов стержней напряжённость, сжатие, изгиб и канатных элементов, а также для стержней с сечениями типа *Нулевая жесткость* (см. страницу 127).

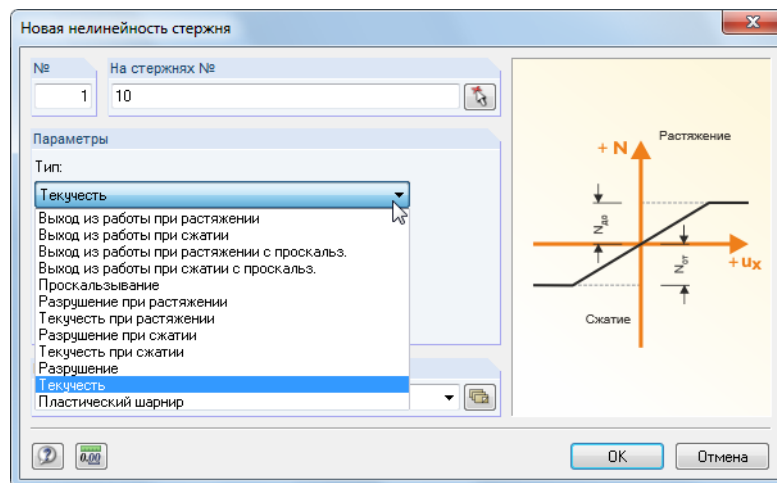

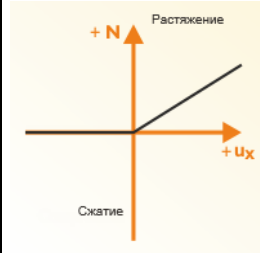
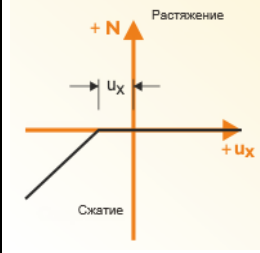
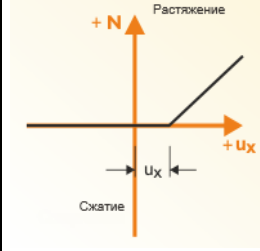
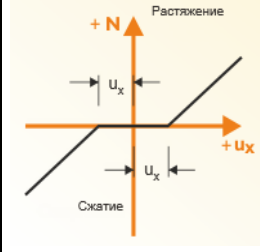
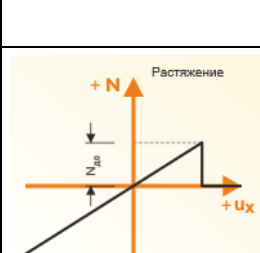


Рисунок 4.169: Диалоговое окно *Новая нелинейность стержня*

1.20 Нелинейности стержня										
Нелинейн-№	А На стержнях №	В Тип нелинейности	C N _{pl} [кН]	D V _{y,pl} [кН]	E Параметры нелинейности					I Комментарий
					F V _{z,pl} [кН]	G M _{T,pl} [кНм]	H M _{y,pl} [кНм]	I M _{z,pl} [кНм]		
1	10	Разрушение	300.00	300.00						
2	5	Выход из работы при сжа								
3	2,3	Выход из работы при сжа								
4	4	Пластический шарнир	9999.00	9999.00	9999.00	9999.00	150.00	9999.00		
5										
6										
7										

Рисунок 4.170: Таблица 1.20 *Нелинейности стержня*

Нелинейность	Диаграмма	Описание
Выход из работы при растяжении		Член не может поглотить силы растяжения.
Выход из работы при сжатии		Стержень не может поглотить сжимающих усилий.
Выход из работы при растяжении с проскальзыванием		Член не может поглотить силы растяжения. Сжимающие силы не поглощаются, пока не определено проскальзывание u_x .
Выход из работы при сжатии с проскальзыванием		Стержень не может поглотить сжимающих усилий. Сжимающие силы не поглощаются, пока не определено проскальзывание u_x .
Проскальзывание		Стержень поглощает осевые силы только после превышения напряжения или сокращения на величину u_x . Пожалуйста, помните: Линия уточнение на стержне с <i>Проскальзыванием</i> вызывает внутреннее разделение стержня на мелкие части стержня. Критерий проскальзывания будет применяться к <u>каждому</u> из этих частичных стержней.
Разрушение при растяжении		Стержень поглощает сжимающие силы без ограничения, но дает сбой если растягивающие усилия превышают N_k .






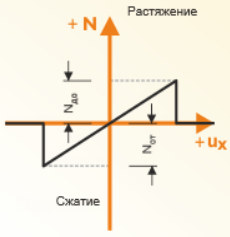
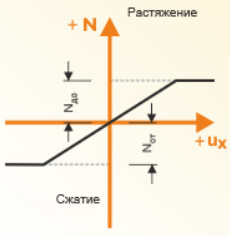
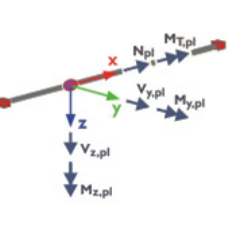
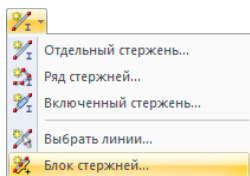
<p>Текущность при растяжении</p>		<p>Стержень поглощает сжимающие силы без ограничения, но только максимальное растягивающее усилие N_k.</p> <p>Если удлинение увеличивается, сила растяжения остается в стержне постоянной.</p>
<p>Разрушение при сжатии</p>		<p>Стержень поглощает растягивающие силы без ограничения, но дает сбой если сжимающие силы превышают N_{om}.</p>
<p>Текущность при сжатии</p>		<p>Стержень поглощает растягивающие силы без ограничения, но только максимальное растягивающее усилие N_{om}.</p> <p>Если удлинение увеличивается, сила сжатия остается в стержне постоянной.</p>
<p>Разрушение</p>		<p>Стержень дает сбой при достижении сжимающей силы N_{om} или силы натяжения N_{to}.</p>
<p>Текущность</p>		<p>Стержень дает сбой если достигнуты сжимающая сила N_{om} или растягивающая сила N_k.</p> <p>Если удлинение увеличивается, сила остается постоянной.</p>
<p>Пластический шарнир</p>		<p>Если пластическая расчётная сила достигается на месте стержня, то там образуется пластический шарнир для внутренней силы.</p> <p>Внутренние силы должны быть введены как абсолютные значения. Для компонентов внутренних сил не приводящих к пластификации, вы должны ввести высокие значения.</p>

Таблица 4.9: Нелинейности стержня

4.21 Блоки стержней

Общее описание

Блоки стержней следует понимать как комбинированные стержни. Используйте блоки стержней для воспроизведения нескольких стержней в виде одного стержня, так как в некоторых местах конструктивной системы это может быть лучше (например, для расчёта на потерю устойчивости плоской формы изгиба, расчёта непрерывных балок, приложения нагрузки).



Кнопка списка *Стержень*

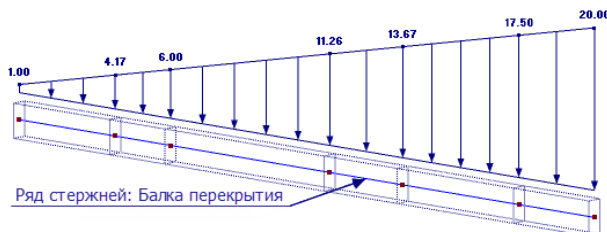


Рисунок 4.171: Ряд стержней с трапециевидной нагрузкой

На рисунке выше показана линейно переменная нагрузка, действующая на всей длине блока стержней.

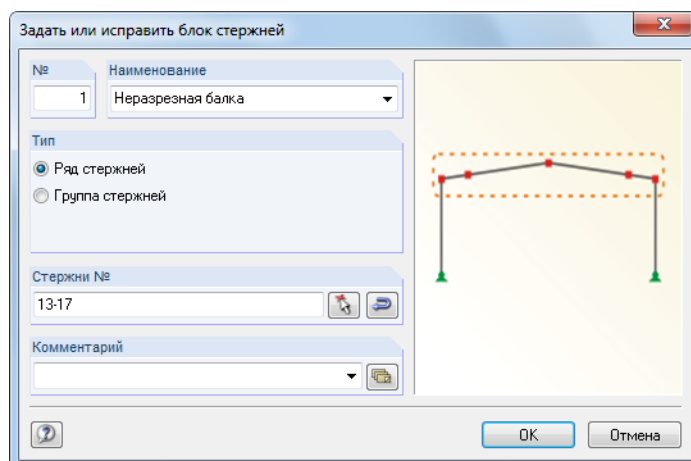


Рисунок 4.172: Диалоговое окно *Новый блок стержней*

лок стержней №	А Блок стержней Наименование	В Тип	С Стержни №	Д Длина [м]	Е Масса [кг]	Ф Примечание
1	Нерезная балка А-А	Ряд стержней	11-13	13.408	685.4	
2	Нерезная балка В-В	Ряд стержней	6-10	23.445	2106.0	
3	Нижний пояс фермы	Группа	2,4,14	10.029	1241.7	
4	Эл-т фермы	Группа	1,3	10.000	2206.9	
5						
6						

Рисунок 4.173: Таблица 1.21 *Блоки стержней*

Описание

Для блока стержней можно ввести любое обозначение. Также для выбора обозначения можете использовать список. Введенные вручную описания сохраняются в списке и постоянно доступны для выбора.

Тип

Есть два различных типа блоков стержней:

- ряд стержней
- группа стержней

Ряд стержней создается с помощью соединяемых стержней, которые не разветвляются. Можно было бы нарисовать их карандашом, не прерывая непрерывную линию.

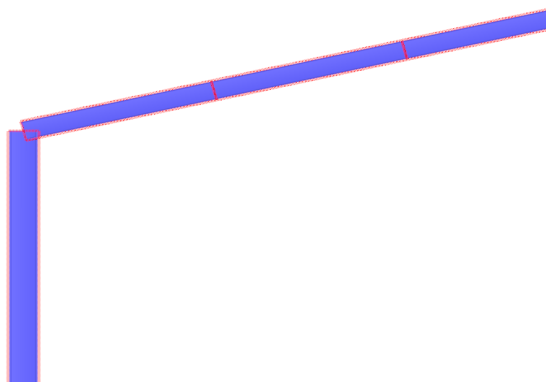


Рисунок 4.174: Ряд стержней

Группа стержней состоит из соединенных стержней, которые могут разветвляться.

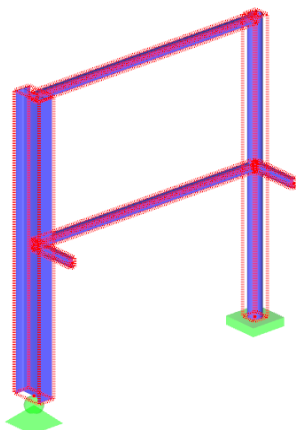


Рисунок 4.175: Группа стержней

В некоторых дополнительных модулях можно проектировать блоки стержней. Часто, расчёт может быть выполнен только для ряда стержней, потому что параметры, такие как полезные длины, должны быть четко определены.

Стержни

В поле ввода диалогового окна или столбца в таблице, введите номера стержней, которые формируют блок стержней. Можно также использовать для их выбора в рабочем окне функцию [^]. Используйте кнопку [Перевернуть направление стержней], чтобы изменить порядок номеров стержней, и таким образом направление блока стержней.

Самый быстрый способ определения блока стержней следующий: Выберите соответствующие стержни в рабочем окне с помощью указателя, рисуя охватывающее окно. Можно также использовать множественный выбор, удерживая нажатой клавишу [Ctrl]. Затем щелкните правой кнопкой мыши на одном из выбранных стержней. Откроется контекстное меню стержня, в котором вы указываете на **Стержень** и выбираете **Создать блок стержней** (для групп стержней) или выберите **Создать блок стержней** (для ряда



стержней). Открывается диалоговое окно *Новый блок стержней* и предварительно устанавливаются номера выбранных стержней.

Длина

Общая длина блока стержней определяется из суммы отдельных длин стержней.

Вес

Масса блока стержней определяется из суммы отдельных масс стержней.

4.22 Пересечения

Общее описание

Если поверхности пересекаются и внутренние силы передаются на общей линии, вы должны создать пересечение. В противном случае, вы получите две независимые подсистемы без всякой связи. Следующий пример демонстрирует эффект.

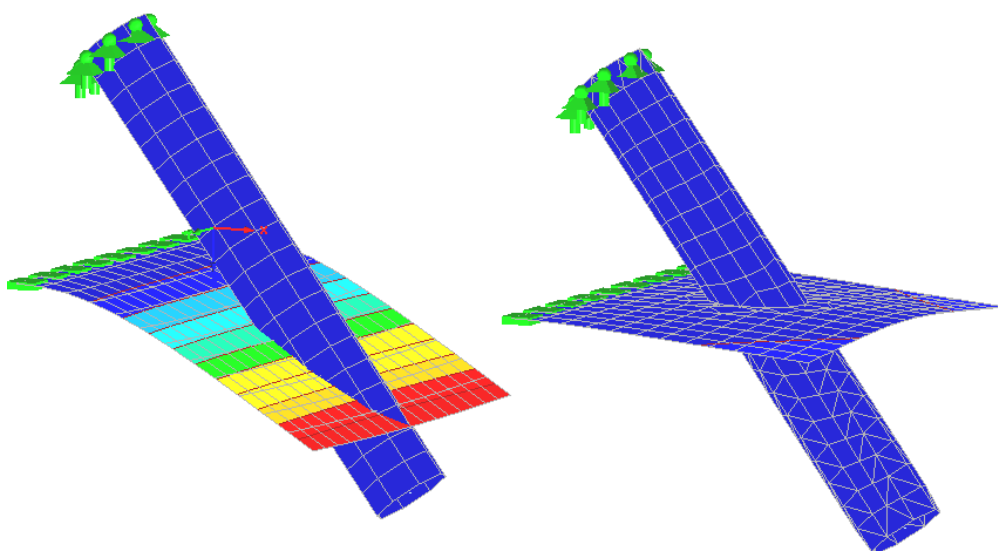


Рисунок 4.176: Деформации, вызванные собственным весом, без пересечения (слева) и с пересечением (справа)



Каждый раз когда модель изменяется, программа RFEM должна пересчитать пересечения. При расчёте комплексных моделей, пересчет данных занимает очень много времени для графического представления. Ввод данных соответственно замедляется.

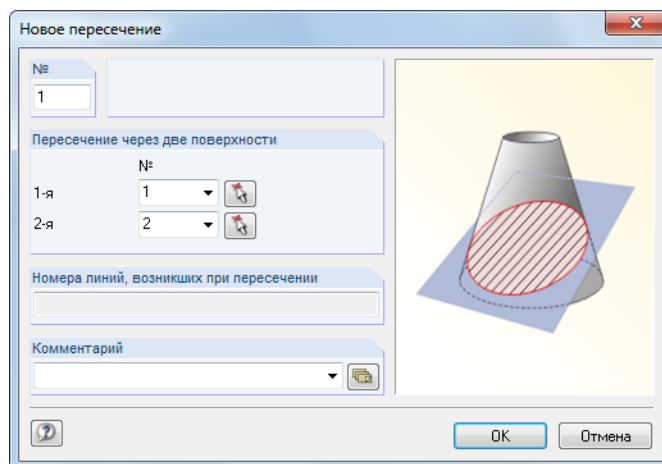


Рисунок 4.177: Диалоговое окно *Новое пересечение*

Пересеч. №	A	B	C	D
	1-я поверхность №	2-я поверхность №	Пересечение создано линиями №	Комментарий
1	2	4	9	
2	2	11	8	Подключение трубопровода
3				
4				
5				
6				
7				

Рисунок 4.178: Таблица 1.22 Пересечения

Пересечение двух поверхностей

В полях ввода или столбцах таблицы введите номера двух пересекающихся поверхностей. В диалоговом окне *Новое пересечение*, можно выбрать поверхности из списка. Можно также использовать функцию [↩] чтобы выбрать их в графическом виде.

Пересечения (еще более, чем двух поверхностей, при необходимости) могут быть быстро созданы в графике: Выберите поверхности с помощью указателя, рисуя охватывающее окно. Можно также использовать множественный выбор, удерживая нажатой клавишу [Ctrl]. Затем, щелкните правой кнопкой мыши на одну из выбранных поверхностей. Откроется контекстное меню, где вы указываете на **Поверхность** и выбираете **Создать пересечение**. Затем, RFEM автоматически создает пересечение.

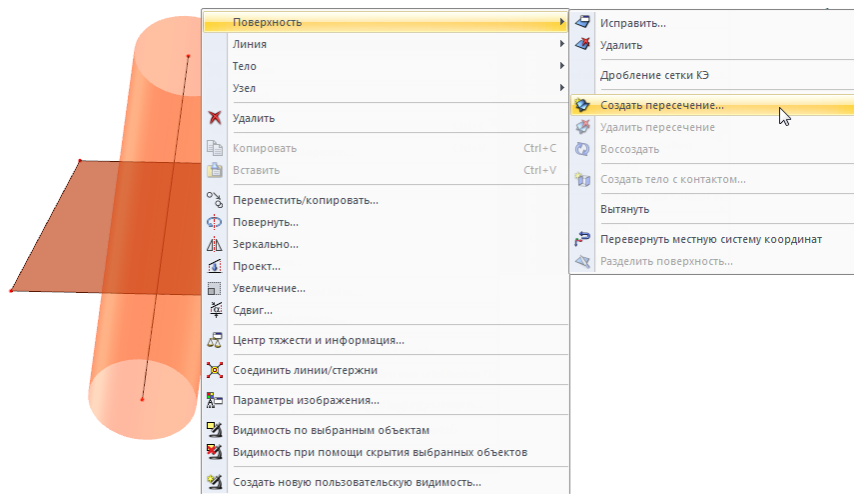


Рисунок 4.179: Контекстное меню Поверхность → Создать пересечение

Номера линий, возникших при пересечении

При создании пересечения, RFEM генерирует линию, которая совместно используется обеими поверхностями ("Линия пересечения"). Номер новой линии показан в диалоговом поле и столбце таблицы.

Линии пересечений обозначаются как тип линии *Пересечение* в таблице 1.2 *Линии*. Комментарий определяет их как *Созданные* линии. Диалоговое окно *Редактировать линию* также может быть использовано для линий пересечений, так что можно назначить свойства стержня или условия опоры.

Активные компоненты поверхности

Линия пересечения делит поверхность на компоненты, которые могут быть индивидуально установлены как активные или неактивные. Неактивные компоненты поверхности не отображаются в рабочем окне. Не создаются ни конечные элементы, не применяются ни нагрузки. Для уравнения решателя существуют только активные компоненты поверхности.

Компоненты пересечений можно активировать и отключить следующим образом:

- Диалоговое окно *Редактировать поверхность*



Дважды щелкните на исходную поверхность в навигаторе *Данные*. Когда вы дважды щелкните поверхность в рабочем окне, используйте кнопку [K] в вкладке диалога *Компонент* (см. Рисунок 4.69, страница 85) диалогового окна *Редактировать поверхность*, чтобы открыть диалоговое окно редактирования исходной поверхности.

Откройте вкладку диалога *Интегрированный / Компоненты*, в котором раздел диалога *Активные компоненты поверхности* перелистывает все компоненты поверхности, которые были созданы во время создания пересечений.

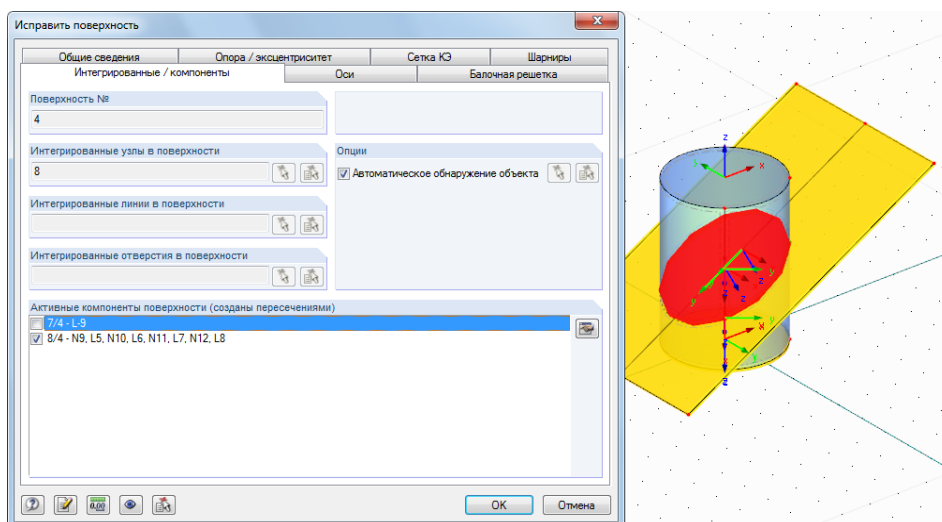


Рисунок 4.180: Диалоговое окно *Редактировать поверхность*, вкладка *Интегрированные / Компоненты*

Компонент поверхности, отмеченный в списке, выделяется цветом в рабочем окне. Чтобы установить компонент как неактивный, снимите соответствующий флажок. Затем, неактивный компонент поверхности показан без заполнения цветом.

- Контекстное меню компоненты поверхности в навигаторе *Данные*
Щелкните правой кнопкой мыши непосредственно на запись в навигаторе *Поверхность* или на компонент в рабочем окне. Затем, используйте контекстное меню, чтобы включить или выключить компонент поверхности.

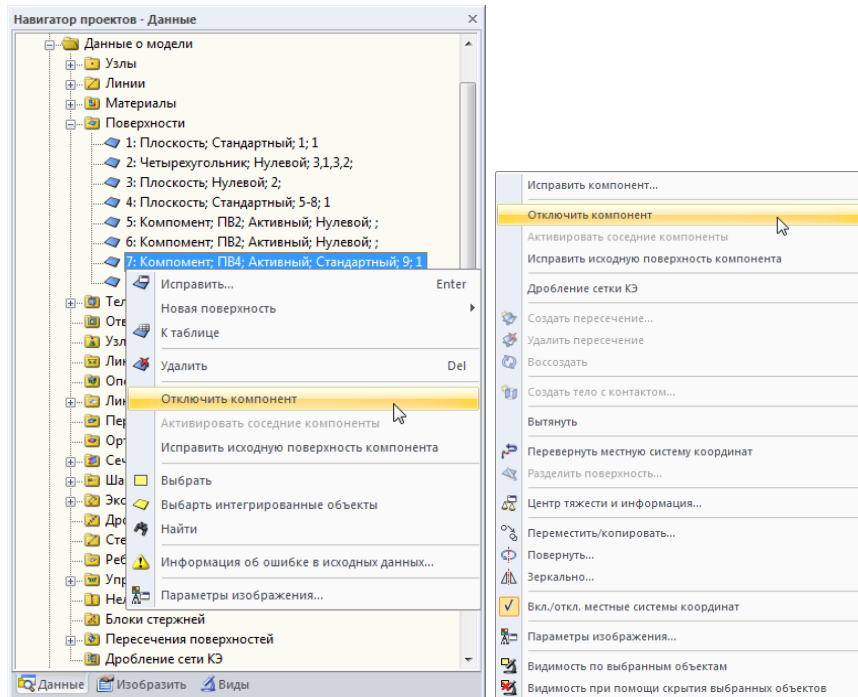


Рисунок 4.181: Контекстное меню *Компонента* поверхности в навигаторе и в рабочем окне

Контекстное меню предоставляет дополнительные полезные функции для редактирования компонента или исходной поверхности.



Информация о геометрии исходной поверхности сохраняется внутри программы, так как это необходимо для пересчета пересечения после модификаций. Таким образом, неактивные компоненты поверхности не могут быть удалены, а могут быть только скрыты.

4.23 Дробление сетки КЭ

Общее описание

Если не было определено дробление сетки КЭ, то сетка КЭ генерируется с предустановленной требуемой длиной КЭ. Общие параметры сетки КЭ описаны в разделе 7.2.2 на странице 279.

Концепт генератора сетки КЭ не позволяет выполнение последующей регулировки к сетке. Тем не менее, можно использовать дробление сетки КЭ для влияния генерирования сетки для конкретных областей. Таким образом, определённая пользователем дискретизация будет сделана, так как это может потребоваться, например, в удаленных местах, для присоединений стержней к поверхностям или для динамического анализа стержней.

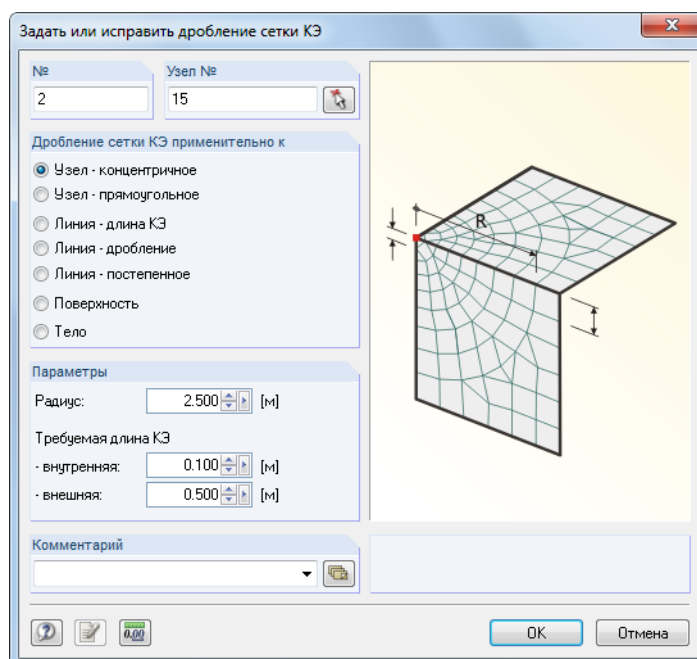


Рисунок 4.182: Диалоговое окно Новое дробление сетки КЭ

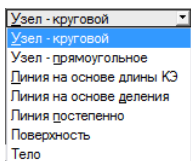
1.23 Дробление сети КЭ

Дроблен №	A		C	D	E		G
	Дробление сети КЭ применительно к	Узлы №			Требуемая длина КЭ [м]	Внутренний	
1	Узел - круговой	3,4,15	Кол-во Дробления	Сфера Радиус [м]	0.100	0.500	Комментарий
2	Поверхность	2		2.500			
3	Линия на основе длины КЭ	10,11		0.200			
4	Тело	5		0.250			
5				0.200			
6							
7							

Эксцентриситеты стержня | Дробление стержня | Стержни | Упругие основания стержня | Нелинейности стержня

Тип уплотнения сетки КЭ (F7 для выбора).

Рисунок 4.183: Таблица 1.23 Дробление сети КЭ



Дробление сетки КЭ применительно к

С настройками в этом разделе диалога или столбца таблицы, вы решаете, какие объекты включены в дробление сетки КЭ и как дробление осуществляется. Для выбора доступны различные варианты.

Узел - круговой

Определите радиальную зону дробления вокруг узла, которая простирается во всех пространственных направлениях.

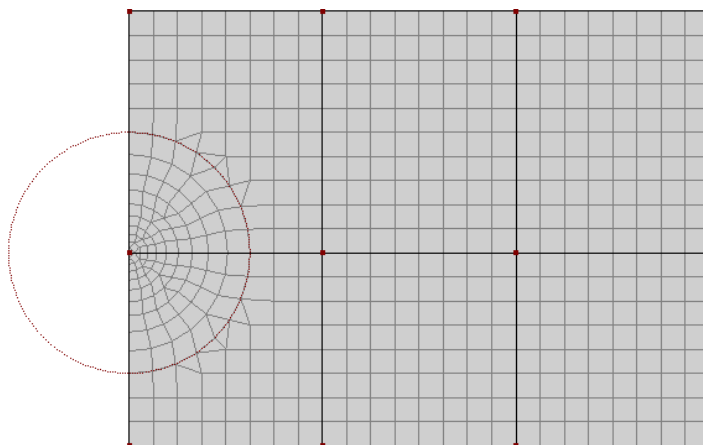


Рисунок 4.184: Круговое дробление вокруг узла

Узел - прямоугольный

Вместо круговой области дробления, можно указать прямоугольную зону для дробления.

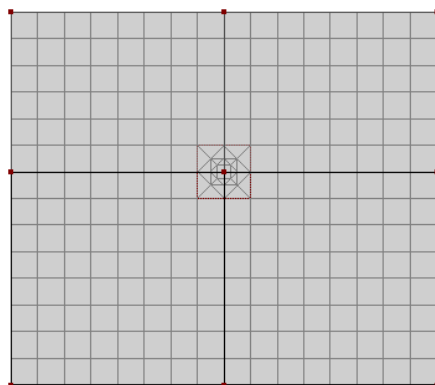


Рисунок 4.185: Прямоугольное дробление вокруг узла

Дробление на линии с помощью длины КЭ

Определите постоянные интервалы узлов КЭ на линии.

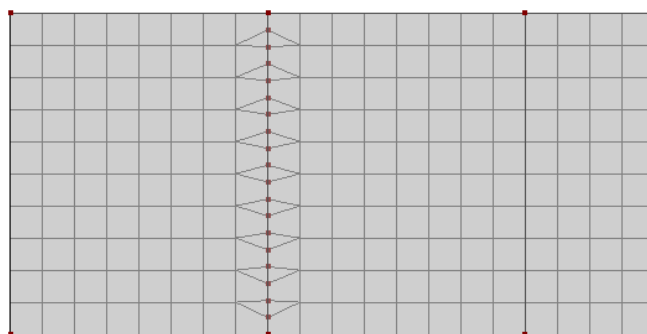


Рисунок 4.186: Дробление на линии с помощью длины КЭ

Дробление на линии с помощью деления

Сетка КЭ линии может быть детализирована в определённых промежутках. Этот тип дробления особенно полезен для линий со свойствами стержней.

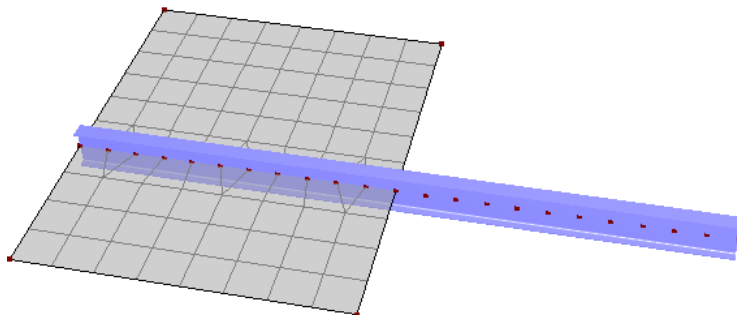


Рисунок 4.187: Дробление на линии с помощью деления

Постепенное дробление на линии

Конечные элементы, примыкающие к линии можно разделить на определённое число n строк. Таким образом, можно покрыть, например, граничные области поверхностей с дроблением. Этот тип дробления похож на опцию создания *Уплотнение сетки КЭ вдоль линий* (см. главу 7.2.2, страница 280) доступную для 2D плит.

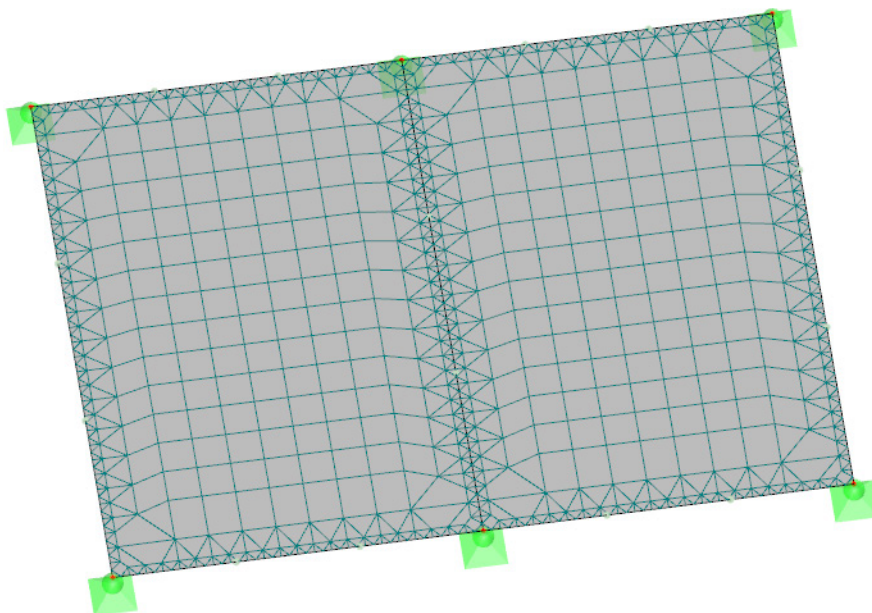


Рисунок 4.188: Постепенное дробление на линии с помощью двух строк

Дробление на поверхности

Укажите боковую длину конечных элементов, которая устанавливается в качестве требуемой длины и размер ячеек для всей поверхности.

Этот тип дробления может использоваться также для поверхностей с низким значением для расчёта: Как "дробление" вы вводите размер ячейки, который больше, чем глобальная требуемая длина КЭ.

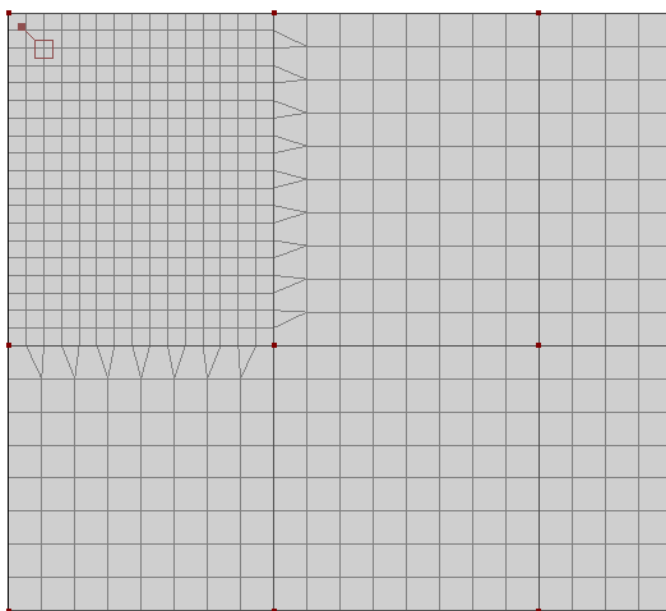


Рисунок 4.189: Дробление на поверхности

Дробление на сплошном теле

Дробление сетки КЭ также может быть определено для тел для влияния на создание 3D элементов.

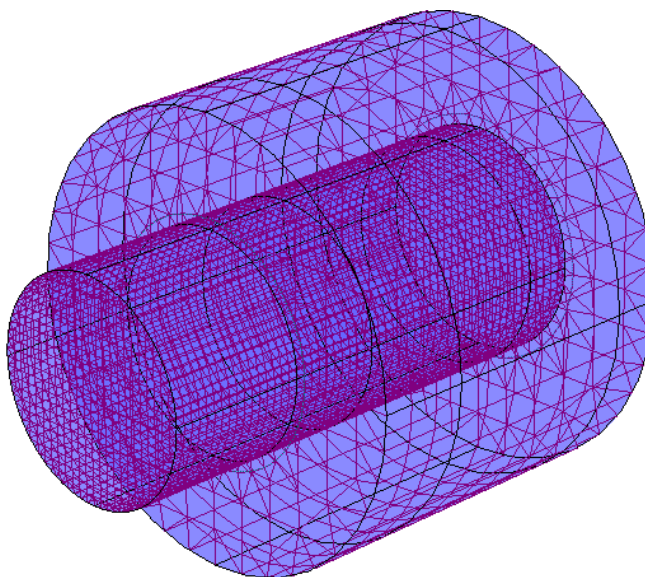


Рисунок 4.190: Дробление на сплошном теле

Узлы / линии / поверхности / тела



В поле ввода диалогового окна, соответственно в колонке таблицы, введите номера объектов, к которым вы хотите применить дробление сетки КЭ. В диалоговом окне *Новое дробление сетки КЭ*, можно использовать функцию [^] для выбора объектов в графическом виде.

Параметры

Радиус

При выборе кругового дробления вокруг узла, вы должны указать *Радиус* области дробления. Кроме того, вы должны определить *Требуемую длину КЭ* в центре (*Внутреннюю*) и на периферии (*Внешнюю*) круга. Если длина КЭ на границе области дробления соответствует глобальному размеру ячеек, RFEM дробит сетку постепенно снаружи внутрь.

Если есть существенное различие между внутренней и внешней длиной КЭ, то укажите более широкий радиус. Таким образом, можно избежать создания треугольных элементов в области дробления.

Длины сторон

При выборе прямоугольного дробления вокруг узла, вы должны определить область дробления по длине его сторон. Кроме того, вы должны указать *Требуемую длину КЭ* в центре (*Внутреннюю*).

Количество узлов деления

При выборе дробления линии путем деления, вы должны определить количество узлов деления. Затем определённое количество равноотстоящих узлов КЭ будет генерироваться на линии.

Количество строк

При выборе постепенного дробления линии, вы должны определить количество строк *n*. Затем RFEM делит конечные элементы поверхности, которые непосредственно примыкают к линии в соответствующий номер строки. Таким образом, создается дробление в направлении линии.

Длина КЭ для линии / поверхности / тела

Если дробление было выбрано на линии, поверхности или сплошном теле, то для соответствующих объектов должна быть введена требуемая длина КЭ.

5. Загружения и сочетания нагрузок

Нагрузки, действующие на конструкцию, входят в разные загрузки (ЗГ). Загружения можно формировать в сочетания нагрузок (СН) или расчетные сочетания (РС) вручную или автоматически (см. раздел 12.2.1, страница 601).



Перед определением полной нагрузки требуется создать загруженные (см. раздел 6).

5.1 Загружения

Общее описание

Нагрузки от одинаковых воздействий сформированы в загрузки. Загружением может быть, например, собственный вес, снег или полезная нагрузка.



Нагрузки в загружениях определяются своими характерными величинами, то есть **без частичного коэффициента надежности**. Частичные коэффициенты надёжности рассматриваются только при формировании загружений в сочетания.

У каждого загружения пользователь может отдельно установить используемый метод расчёта (линейно статический, второго порядка или анализ больших деформации), метод решения уравнений и остальные параметры расчёта (приращение нагрузки, уменьшение жесткости с помощью частичного коэффициента надежности материала).

Создание нового загружения

Пользователь может открыть диалоговое окно для создания нового загружения несколькими путями:

- в меню **Вставить** укажите на **Нагрузки** и выберите **Новое загружение**.
- с помощью слева отображенной кнопки [Новое загружение]

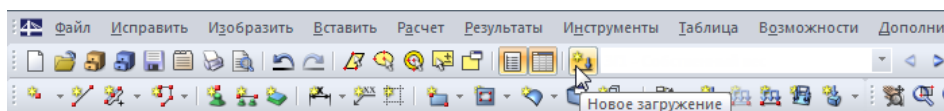


Рисунок 5.1: Кнопка *Новое загружение* на панели инструментов

- с помощью пункта *Загружения* контекстного меню в навигаторе

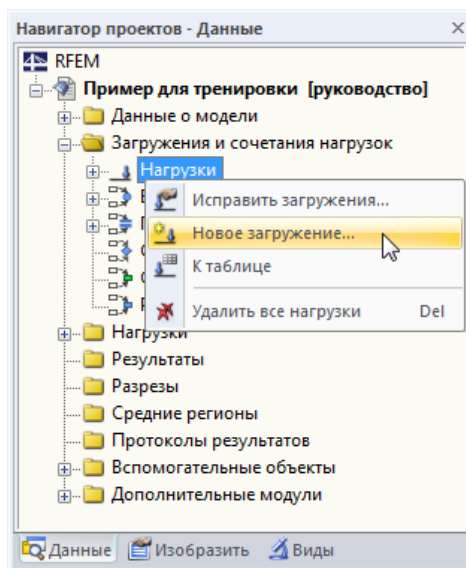


Рисунок 5.2: Контекстное меню *Загружения* в навигаторе данных

Отображается диалоговое окно *Редактировать загрузеия и сочетания*. Во вкладке *Загружения* уже установлено новое загрузеие.

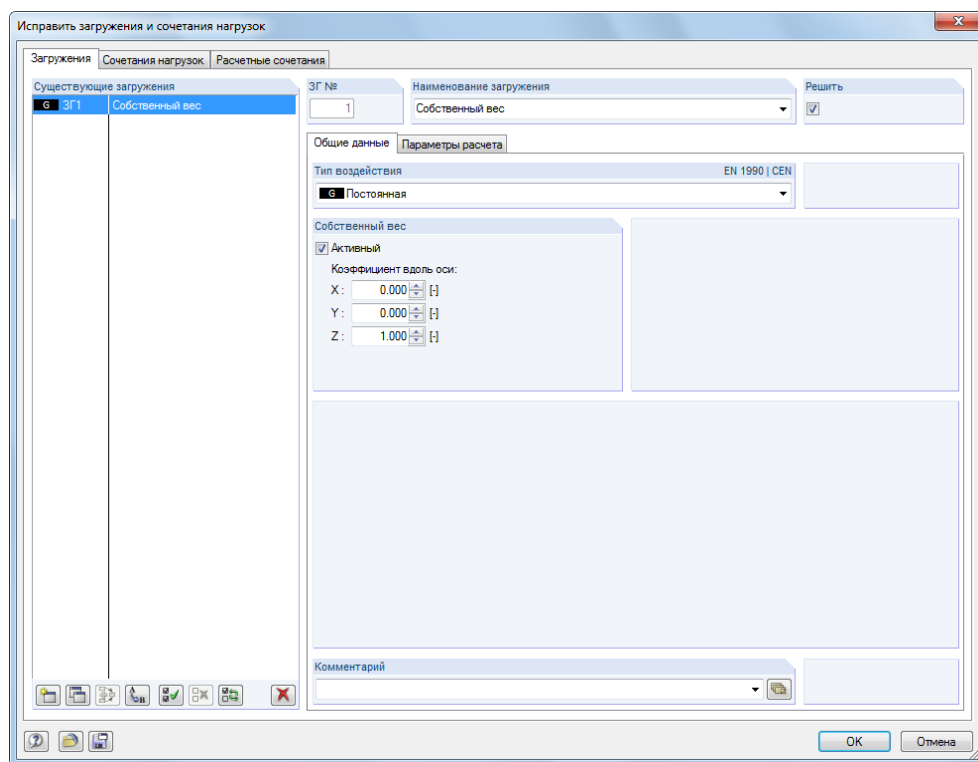
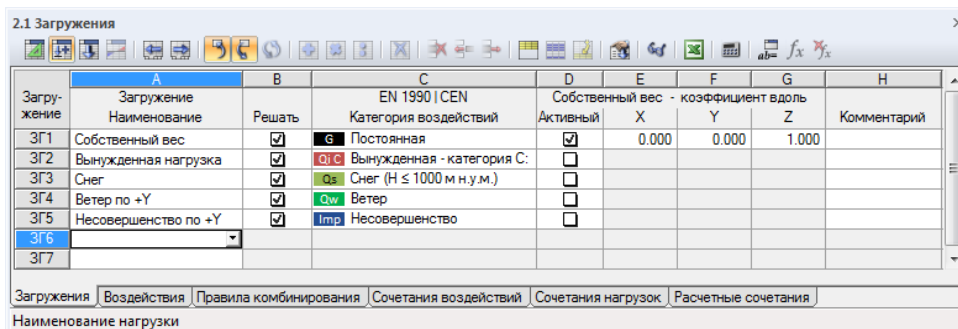


Рисунок 5.3: Диалоговое окно *Редактировать загрузеия и сочетания*, вкладка *Загружения*



- Кроме того, можно ввести новое загрузение в пустую строку таблицы 2.1 *Загружения*.



Загру- жение	Загружение Наименование	Решать	EN 1990 CEN		Собственный вес - коэффициент вдоль			H Комментарий	
			Категория воздействий	Активный	X	Y	Z		
ЗГ1	Собственный вес	<input checked="" type="checkbox"/>	G	Постоянная	<input checked="" type="checkbox"/>	0.000	0.000	1.000	
ЗГ2	Вынужденная нагрузка	<input checked="" type="checkbox"/>	Q	Вынужденная - категория C:	<input type="checkbox"/>				
ЗГ3	Снег	<input checked="" type="checkbox"/>	S	Снег (H ≤ 1000 м н.у.м.)	<input type="checkbox"/>				
ЗГ4	Ветер по +Y	<input checked="" type="checkbox"/>	Qw	Ветер	<input type="checkbox"/>				
ЗГ5	Несовершенство по +Y	<input checked="" type="checkbox"/>	Imp	Несовершенство	<input type="checkbox"/>				
ЗГ6									
ЗГ7									

Рисунок 5.4: Таблица 2.1 *Загружения*

Загружение номер

Номер нового загрузения определяется автоматически в поле *ЗГ №*. Пользователь может его заменить на другой номер. Если введенный номер уже был использован, то программа RFEM, при закрытии диалогового окна, отображает предупреждение.



Создание загрузений должно быть хорошо организовано. Пробелы в нумерации допускаются для того, чтобы в процессе работы можно было вставить дополнительные загрузения. Порядок загрузений можно изменить впоследствии с помощью кнопки диалога [Перенумеровать загрузения...] (см.Таблица 5.1 и раздел 11.4.18, страница 519).

Обозначение загрузения

Для загрузения можно ввести любое обозначение. Пользователь может выбрать его из перечня, или ввести обозначение вручную.

Решить

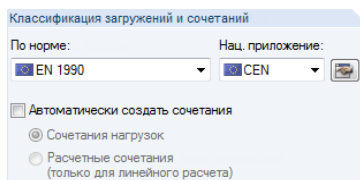
Данная опция позволяет рассматривать загрузение при расчете в качестве отдельного загрузения. Таким образом, из расчёта можно исключить загрузения, которые не появляются отдельно (например, ветер без учета собственного веса) или загрузения, результаты которых не имеют важного значения для предварительного расчёта.

Категория воздействия

В нормах рассматриваются категории воздействий, в соответствии с которыми формируются загрузения в сочетания нагрузок и устанавливаются частичные коэффициенты и коэффициенты сочетания. Каждое загрузение требуется соотносить к определенной категории.

В диалоговом окне и в таблицы представлен список различных категорий. Они зависят от нормы, который был выбран в диалоговом окне *Новая модель - основные данные* (см. раздел 12.2.1, страница 601).

- Собственный вес
- Собственный вес
- Предварит. напряжение
- Вынужденная нагрузка
- Снег
- Ветер
- Ветер по +X
- Ветер по -X
- Ветер по +Y
- Ветер по -Y
- Температура
- Особая нагрузка
- Сейсмические
- Несовершенство по +X
- Несовершенство по -X
- Несовершенство по +Y
- Несовершенство по -Y



Классификация загрузений и сочетаний

По норме: EN 1990 Нац. приложение: CEN

Автоматически создать сочетания

Сочетания нагрузок

Расчетные сочетания (только для линейного расчета)

Нормальные настройки в диалоговом окне
Модель - Основные данные

Тип воздействия		EN 1990 CEN
G	Постоянная	1
P	Предварит. напряжение	2
Q1 A	Вынужденная - категория A: жилые и хозяйственные помещения	3.A
Q1 B	Вынужденная - категория B: офисные помещения	3.B
Q1 C	Вынужденная - категория C: общественные помещения	3.C
Q1 D	Вынужденная - категория D: торговые помещения	3.D
Q1 E	Вынужденная - категория E: складские помещения	3.E
Q1 F	Вынужденная - категория F: помещения с транспортом - нагрузка на колесо ≤ 30 кН	3.F
Q1 G	Вынужденная - категория G: помещения с транспортом - нагрузка на колесо ≤ 160 кН	3.G
Q1 H	Вынужденная - категория H: кровли	3.H
Qs	Снег (Финляндия, Исландия, Норвегия, Швеция)	4.A
Qs	Снег ($H > 1000$ м н.у.м.)	4.B
Qs	Снег ($H \leq 1000$ м н.у.м.)	4.C
Qw	Ветер	5
Qt	Температура (без огня)	6
A	Особое	7
AE	Землетрясение	8
Imp	Несовершенство	

Рисунок 5.5: Категория воздействия в соответствии с EN 1990

Данные категории имеют большое значение при формировании загружений в сочетании вручную или автоматически. Классификация загрузки в определённую категорию определяет, какие коэффициенты будут применяться при создании сочетаний нагрузок и расчётных сочетаний.

Собственный вес

Для того, чтобы рассматривать собственный вес конструкции в качестве нагрузки, установите флажок в разделе *Собственный вес*. После этого коэффициенты собственного веса можно установить в одном из трех полей ввода для определенного направления воздействия. Предварительно установлена величина 1.00 в направлении глобальной оси Z (или -1.00, если глобальная ось Z направлена вверх).

При сочетании загружений требуется учесть эффект от автоматического рассмотрения собственного веса в нескольких загружениях.

Комментарий

Для подробного описания загрузки пользователь может в данном поле ввода оставить собственные заметки или выбрать комментарий из перечня.

Параметры расчёта

Во вкладке *Параметры расчёта* в диалоговом окне *Редактировать загружения* можно установить различные параметры расчета. Данные параметры подробно описаны в разделе 7.3.1 на странице 284.

Редактирование основных данных введенного загружения

Для открытия диалогового окна для редактирования основных данных уже существующего загружения имеется несколько возможностей:

- в меню **Редактировать**, укажите на **Нагрузки**, и потом выберите **Загружение - основные данные** (текущее загружение)
- в меню **Редактировать**, укажите на **Нагрузки**, и потом выберите **Загружения** (выбор из всех загружений).

- в контекстном меню загрузки в навигаторе *Данные* или двойным щелчком на данное загрузение

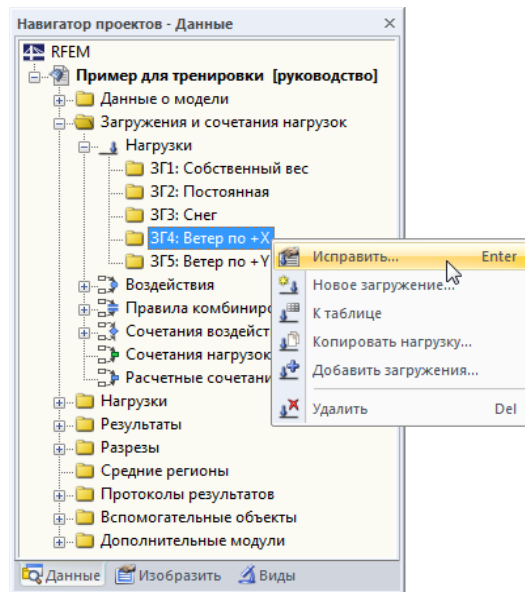


Рисунок 5.6: Контекстное меню загрузки



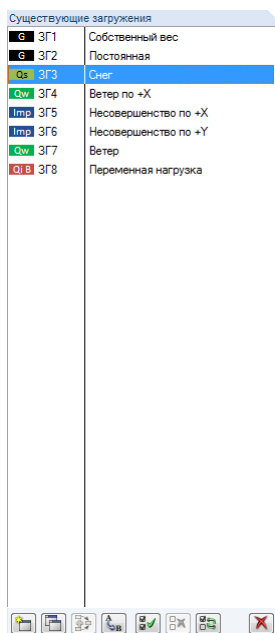
- щелчком на кнопку [Редактировать загрузки и сочетания] на панели инструментов в таблицах нагрузок (откроется диалоговое окно с данными о текущем загрузении)

2.1 Загружения

Загружение	A Загружение Наименование	B Решать	C EN 1990 CEN		Исправить загрузки и сочетания			H Комментарий	
			Категория воздействий	Свойства	X	Y	Z		
ЗГ1	Собственный вес	<input checked="" type="checkbox"/>	G	Постоянная	<input checked="" type="checkbox"/>	0.000	0.000	1.000	
ЗГ2	Постоянная	<input checked="" type="checkbox"/>	G	Постоянная	<input type="checkbox"/>				
ЗГ3	Снег	<input checked="" type="checkbox"/>	Qs	Снег (H ≤ 1000 м н.у.м.)	<input type="checkbox"/>				
ЗГ4	Ветер по +X	<input checked="" type="checkbox"/>	Qw	Ветер	<input type="checkbox"/>				
ЗГ5	Ветер по +Y	<input checked="" type="checkbox"/>	Qw	Ветер	<input type="checkbox"/>				
ЗГ6									
ЗГ7									

Загружения | Воздействия | Правила комбинирования | Сочетания воздействий | Сочетания нагрузок | Расчетные сочетания

Рисунок 5.7: Кнопка [Редактировать загрузки и сочетания] на панели инструментов в таблицах нагрузок



Кнопки

В диалоговом окне *Редактировать загрузки и сочетания*, под списком загруженных находятся кнопки со следующими функциями (см. Рисунок 5.3, страница 183):









	Создает новое загрузку
	Создает новое загрузку путем копирования выбранного загрузку (см. ниже)
	При выборе нескольких загрузок все содержащиеся нагрузки копируются в новое загрузку (см. ниже).
	Присваивает выбранному загрузку новый номер. Новый номер требуется ввести в отдельном диалоговом окне. Не допускается ввод номера, который используется у какого-либо уже созданного загрузку.
	Выбирает все загрузку
	Отменяет выбор в списке
	Выбор загрузок будет изменен
	Удаляет выбранное загрузку

Таблица 5.1: Кнопки во вкладке *Загрузки*

Копирование и суммирование загрузок

Для создания новых загрузок можно использовать уже существующие загрузку.



Чтобы **скопировать** загрузку, выберите соответствующее загрузку в списке *Существующие загрузку*. С помощью щелчка на кнопку [Копировать выбранное загрузку и создать новое] будет создана копия выбранного загрузку со следующим доступным свободным номером. Затем можно редактировать обозначение нового загрузку и включенные в него нагрузки.



При **суммировании** загрузок программа RFEM копирует нагрузки из нескольких загрузок в новое загрузку. Сначала требуется обозначить соответствующие загрузку в списке *Существующие загрузку* (множественный выбор с помощью клавиши [Ctrl]). После щелчка на кнопку [Добавить нагрузки выбранных загрузок и создать новую нагрузку] нагрузки будут скопированы в новое загрузку.

5.2 Воздействия

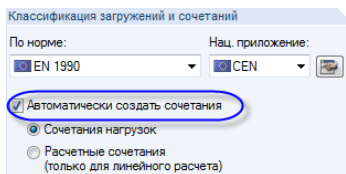
Общее описание

При использовании новейших норм, например EN 1990 или DIN 1055-100 (Германия), возникают проблемы при рассмотрении всех находящихся под вопросом загружений и выборе решающих для расчёта загружений. В диалоговом окне *Модель - основные данные*, есть возможность создавать сочетания автоматически (см. Рисунок 12.23, страница 598).

Загружения, определённые в таблице 2.1 (см. предыдущую главу 5.1) представляют собой базовые данные для автоматической суперпозиции. Программа RFEM различает две категории загружений: нормативные загружения и загружения типа *Несовершенство*. Кроме того, для объединения загружений требуется учитывать категорию воздействия нормативных загружений.

В стандартах определены правила для сочетания независимых воздействий в различных загружениях. Воздействия являются независимыми друг от друга, если они возникают из различных источников и, если корреляциями, существующие между ними, можно пренебречь в отношении надёжности конструктивной системы.

В соответствии с этой концепцией, для автоматической суперпозиции в программе RFEM должны быть определены *Воздействия*, к которым назначаются загружения. Тип воздействия загружения (см. раздел 5.1, страница 185) определяет категорию воздействия, в соответствии с нормой.



Окно проверки в диалоговом окне *Модель основные данные*

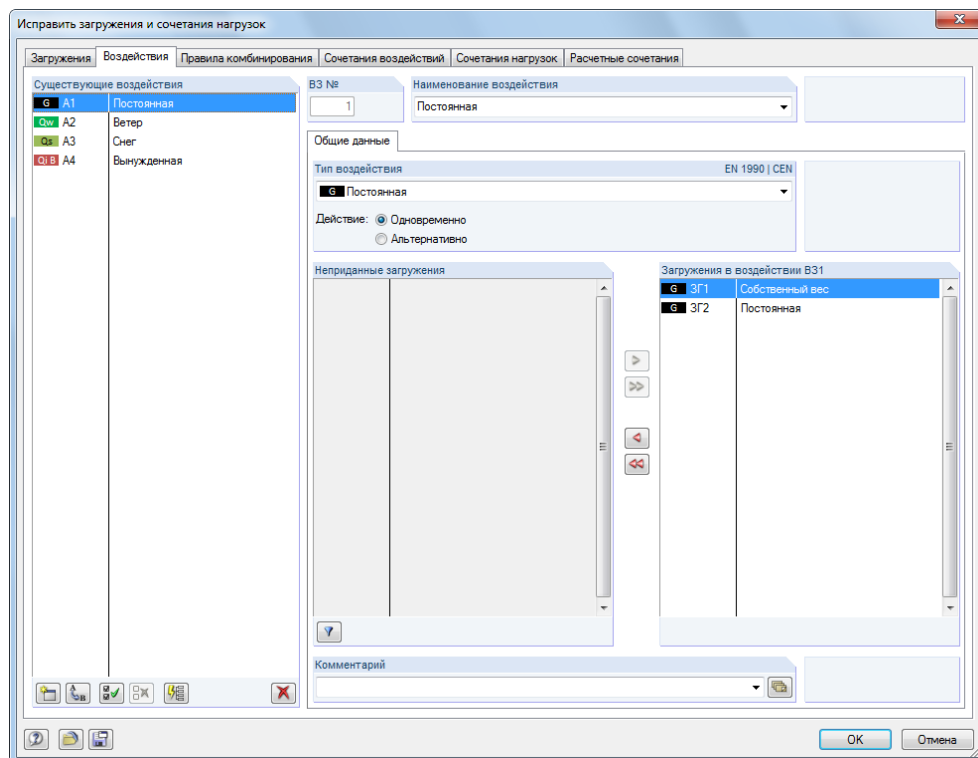
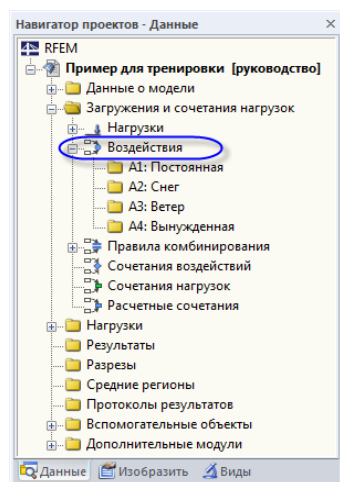
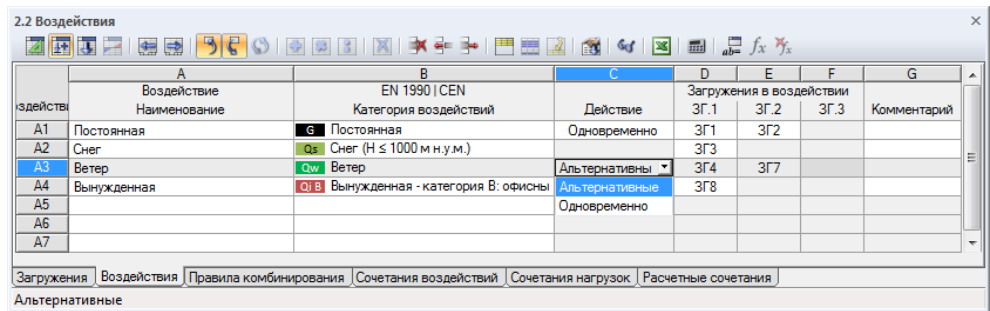


Рисунок 5.8: Диалоговое окно *Редактировать загружения и сочетания нагрузок*, вкладка *Воздействие*



действие	A Воздействие Наименование	B EN 1990 CEN Категория воздействий		C Действие	D E F Загружения в воздействии			G Комментарий
		Г	Q1 B		ЗГ.1	ЗГ.2	ЗГ.3	
A1	Постоянная	Г	Постоянная	Одновременно	ЗГ.1	ЗГ.2		
A2	Снег	Qs	Снег (H ≤ 1000 м н.у.м.)		ЗГ.3			
A3	Ветер	Qw	Ветер	Альтернативны	ЗГ.4	ЗГ.7		
A4	Вынужденная	Q1 B	Вынужденная - категория В: офисны	Альтернативные	ЗГ.8			
A5				Одновременно				
A6								
A7								

Рисунок 5.9: Таблица 2.2 Воздействия

Воздействие номер

Воздействия создаются уже при определении загружений. Они последовательно пронумерованы. Последовательность не имеет значения. При необходимости ее можно изменить с помощью доступной в диалоговом окне кнопки [Перенумеровать].

В таблице можно добавлять воздействия вручную, например, при расчёте огромных моделей для определения загружений с помощью пользовательских характеристик.

Обозначение воздействия

Обозначение воздействия соответствует типу воздействия, который был выбран для загрузки. При необходимости предустановленное обозначение можно изменить.

Категории воздействий

В нормах упоминается о различных категориях воздействий, которые определяют частичные коэффициенты надежности и коэффициенты сочетаний (см. раздел 5.1, страница 185).

В списке в диалоговом окне и в таблице представлены только те категории, которые были использованы для определения единичных загружений. Поэтому, для того, чтобы создать новую категорию, в общих данных загрузки требуется ввести новый тип воздействия.

Эффекты

Два или более загружений могут быть определены как действующие *одновременно* или *альтернативно*. Это означает, что данные загрузки действуют всегда или никогда вместе при нагрузке или в резульативном сочетании.

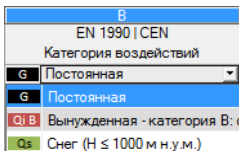
Например, загрузки с ветром с разных сторон являются загрузками "альтернативного" воздействия.

Загружения в воздействии

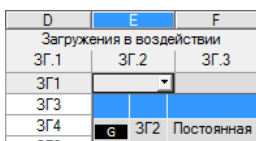
Загружения назначаются в соответствии со спецификациями типа воздействия ЗГ, поэтому их назначение происходит автоматически.

Чтобы удалить загрузку из воздействия, выберите загрузку в разделе диалога *Загружения в воздействии*. Используйте кнопку [↩] или дважды щелкните на запись, чтобы передать его в раздел диалога *Неприданные загрузки*. В таблице Можно также отключить загрузку: выберите пустую запись в списке соответствующей ячейки таблицы.

Вручную удаленные загрузки, с учетом типа воздействия, передаются в список *Неприданные загрузки*. Это также означает, что только загрузки одного и того же типа воздействия могут быть включены в категорию воздействия. Нельзя, например, выбрать загрузки типа "полезная нагрузка" для воздействий типа "снег", ни в диалоговом окне, ни в списке таблицы (см. рисунок слева). Таким образом, разные типы загружений не отображаются в списке *Существующих воздействий*. Используйте кнопку [Показать не-

B EN 1990 CEN Категория воздействий	
Г	Постоянная
Г	Постоянная
Q1 B	Вынужденная - категория В: с
Qs	Снег (H ≤ 1000 м н.у.м.)

D	E	F
Загружения в воздействии		
ЗГ.1	ЗГ.2	ЗГ.3
ЗГ.1		
ЗГ.3		
ЗГ.4	Г	Постоянная





используемые] ниже раздела диалога для отображения загрузок других категорий. Они показаны как закрытые и не их нельзя выбрать.

Загрузки, которые не присвоены какому - ли воздействию, не будут приниматься во внимание при формировании сочетаний.

Комментарий

Введите пользовательские комментарии или выберите запись из списка.

Кнопки во вкладке *Воздействия* диалогового окна *Редактировать загрузки и сочетаний нагрузок* имеют следующие функции:







	Создает новое воздействие
	Перенумеровывает выбранные воздействия
	Выбирает все воздействия
	Отменяет выбор в списке
	Назначает неназначенные загрузки воздействиям автоматически
	Удаляет выбранные воздействия

Таблица 5.2: Кнопки в вкладке *Воздействия*

5.3 Правила сочетания

Общее описание

В нормах определены правила для объединения воздействий. Например, в EN 1990, требуется расчёт предельных состояний по прочности и по пригодности к эксплуатации. Предельные состояния по прочности для **несущей способности** должны быть рассчитаны в четырех проектных ситуациях, с применением особых правил комбинирования.

1. Постоянные ситуации, связанные с общими условиями применения конструктивной системы, а также временные ситуации, в виду ограниченных по времени этапов конструкции, (например, этап строительства, ремонт)

Для постоянных и временных ситуаций (основное сочетание) требуется применение следующего правила комбинирования

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P_k + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Формула 5.1

или более неблагоприятное сочетание с Формула 5.2 и Формула 5.3 для предельных состояний STR и GEO.

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P_k + \gamma_{Q,1} \cdot \psi_{0,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Формула 5.2

$$\sum_{j \geq 1} \xi_j \cdot \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P_k + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Формула 5.3

2. Чрезвычайные ситуации со ссылкой на чрезвычайные воздействия конструктивной системы или ее охраны (например, пожар, взрыв, столкновение)

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_d + (\psi_{1,1} \text{ oder } \psi_{2,1}) \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Формула 5.4

3. Ситуации в случае землетрясений

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P_k + A_{Ed} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

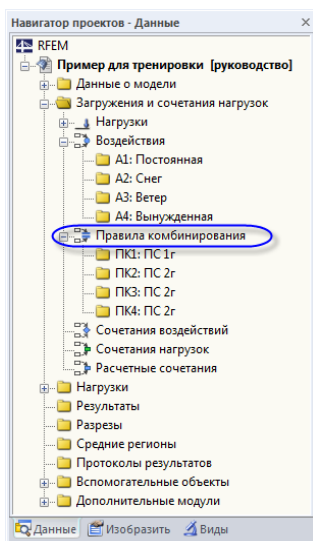
Формула 5.5

Согласно EN 1990, требуется расчет **предельного состояния по пригодности к эксплуатации** в трех расчётных ситуациях, для которых должны применяться следующие правила комбинирования.

1. Характерные ситуации с необратимыми (долгосрочными) эффектами на конструктивную систему

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P_k + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Формула 5.6



2. Частые ситуации с обратимыми (не долгосрочными) воздействиями на конструктивную систему

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P_k + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Формула 5.7

3. Квази-постоянные ситуации с долгосрочными эффектами на конструктивную систему

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P_k + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Формула 5.8

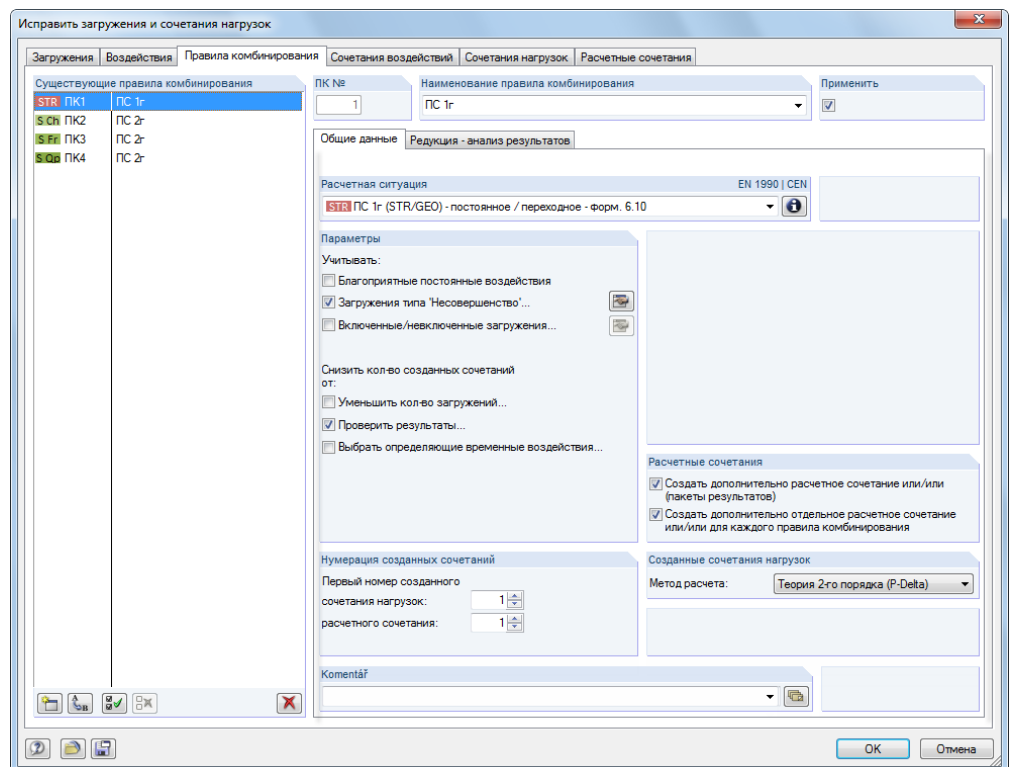


Рисунок 5.10: Диалоговое окно Редактировать загрузки и сочетания нагрузок, вкладка Правила комбинирования

ситуация

2.3 Правила комбинирования										
Правило комбинирования комбин.	Наименование	Применить	EN 1990 CEN Расчетная ситуация	Благоприятные	Учитывать	Исключ./вкл. ЗГ	Ограничение	Снизить кол-во от	Создано	Комментарий
					ЗГ несовершенства			Анализ результатов	Сочетания воздействий	
ПК1	ПС 1r	<input checked="" type="checkbox"/>	EN 1990 CEN PS 1r (STR/GEO) - постоянное	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
ПК2	ПС 2r	<input checked="" type="checkbox"/>	EN 1990 CEN PS 2r - характерная	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
ПК3	ПС 2r	<input type="checkbox"/>	EN 1990 CEN PS 2r - частая	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
ПК4	ПС 2r	<input type="checkbox"/>	EN 1990 CEN PS 2r - квазипостоянная	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
ПК5										
ПК6										
ПК7										

Рисунок 5.11: Таблица 2.3 Правила комбинирования

Правило сочетания номер

При открытии диалогового окна или таблицы, программа RFEM предварительно устанавливает правила комбинирования для следующих расчетных ситуаций:

- *STR (ULS)* предельное состояние по прочности для постоянной или временной ситуации
- *S Ch (SLS)* предельное состояние по пригодности к эксплуатации для характерной ситуации
- *S Fr (SLS)* предельное состояние по пригодности к эксплуатации для частой ситуации
- *S Qp (SLS)* предельное состояние по пригодности к эксплуатации для квази-постоянной ситуации



Можно создать новое правило сочетания в другой строке таблицы или в диалоговом окне с помощью кнопки [Новый]. Выбрать можно ниже описанные загрузки.



Правила комбинирования, отмеченные списке диалога, можно удалить с помощью кнопки [Удалить].

Обозначение правила сочетания

Впоследствии краткое описание правил сочетания можно изменить. Для выбора изменений имеется необходимый список.

Применить

Для использования выбранного правила сочетания при создании результативных сочетаний отметьте флажок. Таким образом, можно исключить или деактивировать расчётные ситуации из генерирования.

Расчётная ситуация

В нормах рассмотрены ситуации, у которых требуется выполнение расчетов. Данные загрузки определяют условия, ожидаемые во время строительства и эксплуатации здания.

Для выбора имеются следующие расчётные ситуации для EN 1990 в списке:

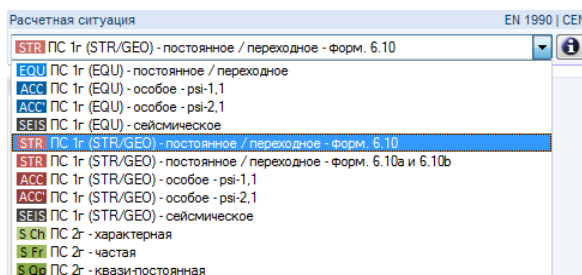


Таблица 5.12: Расчётные ситуации в соответствии с EN 1990



Для норм DIN 1055-100, DIN EN 1990 и EN 1990 + DIN EN 1995, программа RFEM предлагает дополнительно расчётные ситуации *Особые - снег*, в которых учитываются факторы для Северо-Германской низменности.



Используйте кнопку [Информация], чтобы проверить правило сочетания текущей расчётной ситуации. Откроется диалоговое окно с уравнением с соответствующими параметрами (см. рисунок ниже).

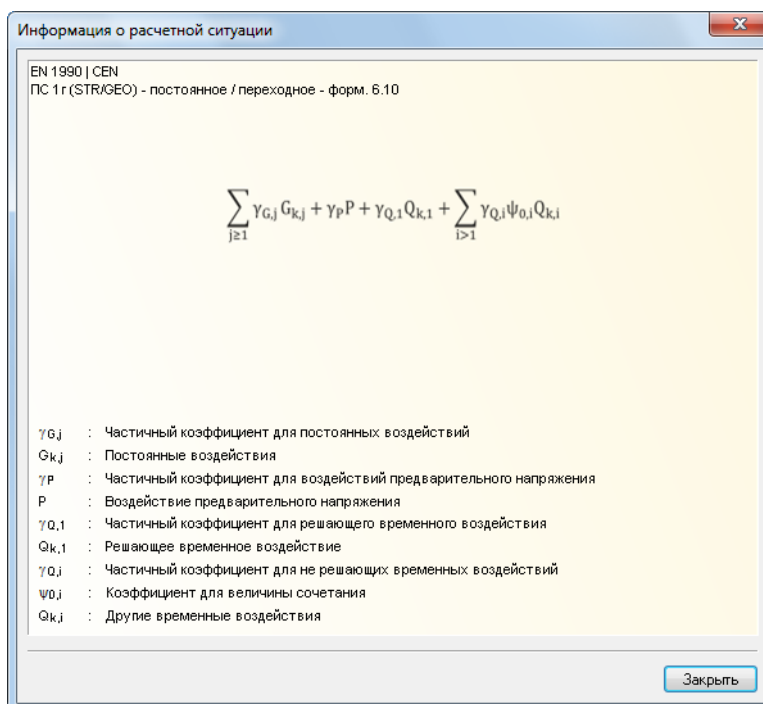
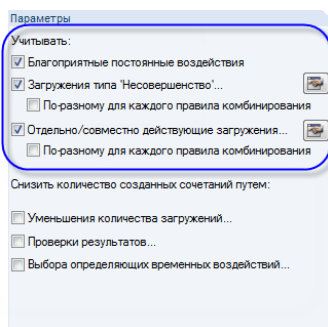


Рисунок 5.13: Диалоговое окно *Информация о расчётной ситуации*



Благоприятные постоянные воздействия

Благодаря этой опции, программа RFEM может отличить благоприятные и неблагоприятные действующие постоянные воздействия при генерировании. Они считаются с различными частичными коэффициентами надежности при суперпозиции. Генерируются дополнительные сочетания.

Настройки окна флажка влияют только на расчётные ситуации для несущей способности. Различие между благоприятными и неблагоприятными действующими постоянными действиями происходит автоматически для расчётной ситуации "статического равновесия", в то время как постоянные воздействия для расчётной ситуации "пригодности к эксплуатации" не дифференцируются.

Загрузки типа 'Несовершенство'

RFEM различает две категории загрузок: нормативные загрузки и загрузки типа *Несовершенство*. Благодаря специальной обработке загрузок типа несовершенство, можно сформировать любое возможное сочетание нагрузок один раз с несовершенством и один раз без него.



Загрузки типа Несовершенство нагрузки учитываются только для создания сочетаний нагрузок. Кроме того, настройки окон с флажками действуют повсеместно: несовершенства можно учитывать последовательно для всех правил комбинирования или не на всех. Невозможно применить несовершенство отдельно для индивидуальных правил комбинирования.



Если флажок установлен, включена кнопка [Настройка] или кнопка [...]. Используйте кнопки для доступа в диалоговое окно с конкретными настройками для загрузок типа несовершенство.

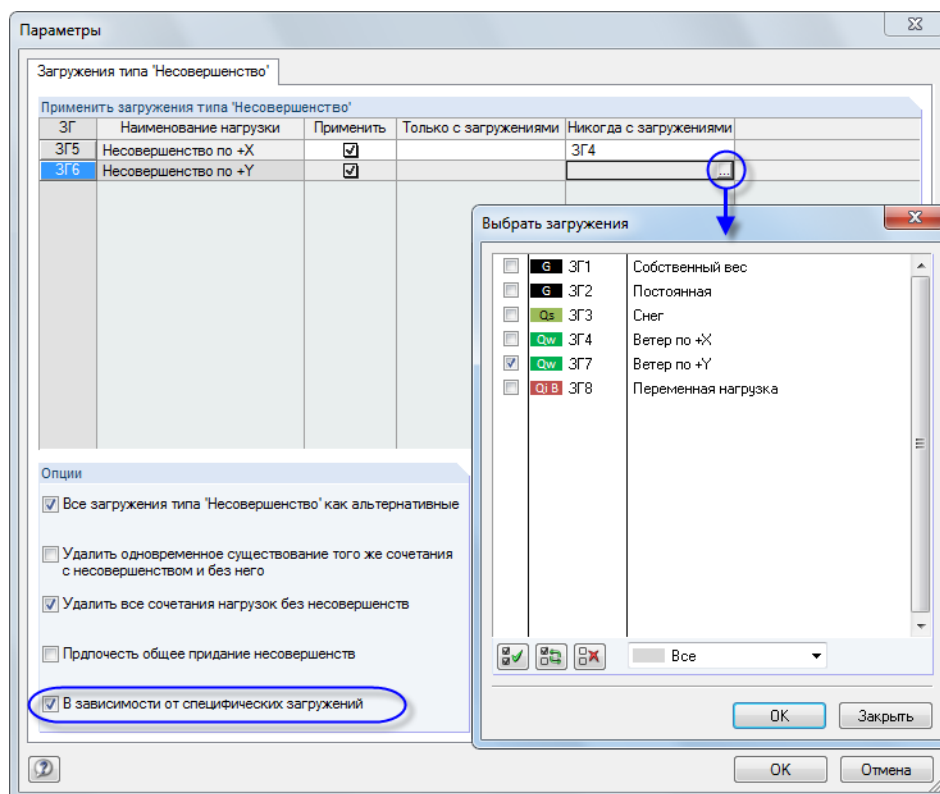


Рисунок 5.14: Диалоговое окно *Параметры* с диалоговым окном *Выберите загружения* для выбора загружений

Раздел диалога *Применить загружения типа 'Несовершенство'* перечисляет все загружения, которые были классифицированы как тип воздействия "несовершенство" (см. раздел 5.1, страница 185). С помощью флажков в столбце *Применить* можно подробно управлять загружениями и решать, какой из них включен в генерирование сочетаний нагрузок.

Столбцы *Только с загружениями* и *Никогда с загружениями* отображаются если загружения типа несовершенство являются *В зависимости от специфических загружений* (см. обозначение ниже).

С нагрузками в разделе диалога *Дополнения* Вы определяете как учитываются загружения типа несовершенство. Когда *Все загружения типа несовершенство* действуют как *альтернативные*, программа RFEM применяет только одно загружение типа несовершенство для каждого сочетания нагрузок.

Если по крайней мере одно загружение типа несовершенство активировано, то будет создано какое-либо возможное сочетание нагрузок один раз с несовершенством и один раз без него. Если вам нужно создать сочетания нагрузок типа несовершенство, установите флажок у *Удалить сосуществование одинаковых сочетаний нагрузок типа несовершенство и типа без несовершенство*.

С помощью функции *В зависимости от специфических загружений* можно дополнительно уменьшать количество созданных сочетаний нагрузок. Если данная функция обозначена, то в разделе диалога выше отображаются два дополнительных столбца *Только с загружениями* и *Никогда с загружениями*. Нажмите на ячейку чтобы активизировать кнопку [...] которую можно использовать для доступа к диалоговому окну *Выберите загружения* в котором можно определить соотношение между загружением типа несовершенство и одним или больше относящимся соответственно альтернативным загружениям (см. Рисунок 5.14).

Не включённые/включенные загрузки

Для дальнейшего уменьшения количества сочетаний нагрузок, можно классифицировать загрузки, являются взаимоисключающими или происходящие только вместе.



Установка флажков включает кнопку диалога [Параметры] или кнопку панели [...], которые можно использовать, чтобы открыть диалоговое окно с подробными параметрами для применения загрузок.

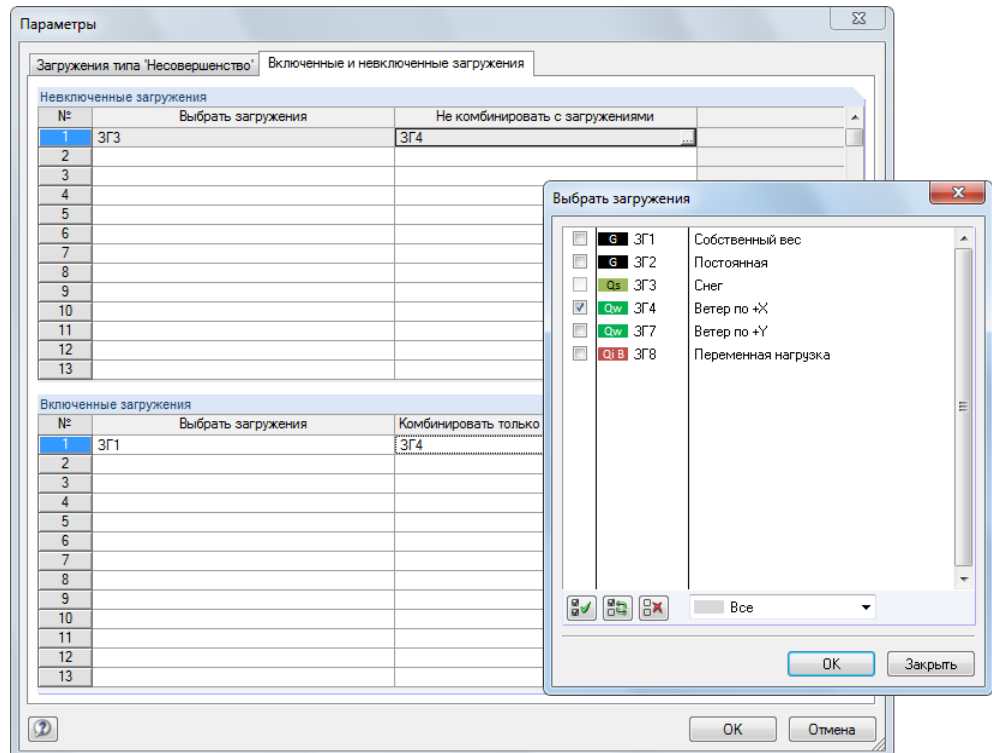


Рисунок 5.15: Диалоговое окно *Параметры*, вкладка *Включенные и не включённые загрузки* с диалоговым окном *Выберите загрузки*



Сначала, введите загрузку в столбец *Выберите загрузки* в разделе диалога *Не включённые загрузки*. Можно также использовать кнопку [...] чтобы открыть диалоговое окно *Выберите загрузки* в котором можно выбрать загрузку. Потом, в столбце *Не комбинировать с загрузками*, определите какое загрузку(я) вы никогда не хотите учитывать вместе с загрузкой в сочетании нагрузок. Таким образом, можно избежать, например, сочетание снега с полезной нагрузкой.

В разделе диалога *Включенные загрузки*, можно определить параметры аналогично для загрузок, у которых вы хотите, чтобы они появлялись вместе в каждом сочетании нагрузок. Тем не менее, эти отношения являются эффективными только при выключенной опции *Снизить количество созданных сочетаний благодаря анализу результатов* (см. ниже).



Спецификации в разделе диалога *Включенные загрузки* учитываются только для создания сочетаний нагрузок, не для расчётных сочетаний.

Уменьшение количества созданных сочетаний

Сложность конструктивной системы, а также ряд воздействий и загружений оказывают существенное влияние на количество генерируемых сочетаний. RFEM предлагает три возможности для сокращения числа совокупностей с большим эффектом. Первые две процедуры доступны только для создания сочетаний нагрузок, но не для расчётных сочетаний. Они описаны в качестве примера на странице 200.

Уменьшение количества загружений

С помощью этой опции можно вообще ограничить количество загружений, происходящих в сочетаниях нагрузок. Доступ к флажку доступен из вкладки *Общие Правила комбинирования* (см. Рисунок 5.10, страница 192). Программа RFEM узнает, какие загрузки обеспечивают позитивные соответственно негативные внутренние силы и деформации. Затем все положительно действующие и все отрицательно действующие загрузки сочетаются. Таким образом, сочетания будут учитывать только те загрузки, которые имеют отношение для максимальных или минимальных значений.

Преимуществом этого способа является возможность значительно уменьшить количество сочетаний, которая оказывает благоприятное воздействие на скорость расчёта, а также оценку результатов. Недостатком может быть то, что есть определённый фактор неопределённости для снижения найти экстремальные значения в случае соответствия неблагоприятных нагрузок и спецификаций.

Когда вы отмечаете флажок, появляется дополнительная вкладка диалога *Редукция - количество загружений* в которой можно подробно описать какие загрузки, внутренние силы и объекты вы хотите рассмотреть для создания основных сочетаний.

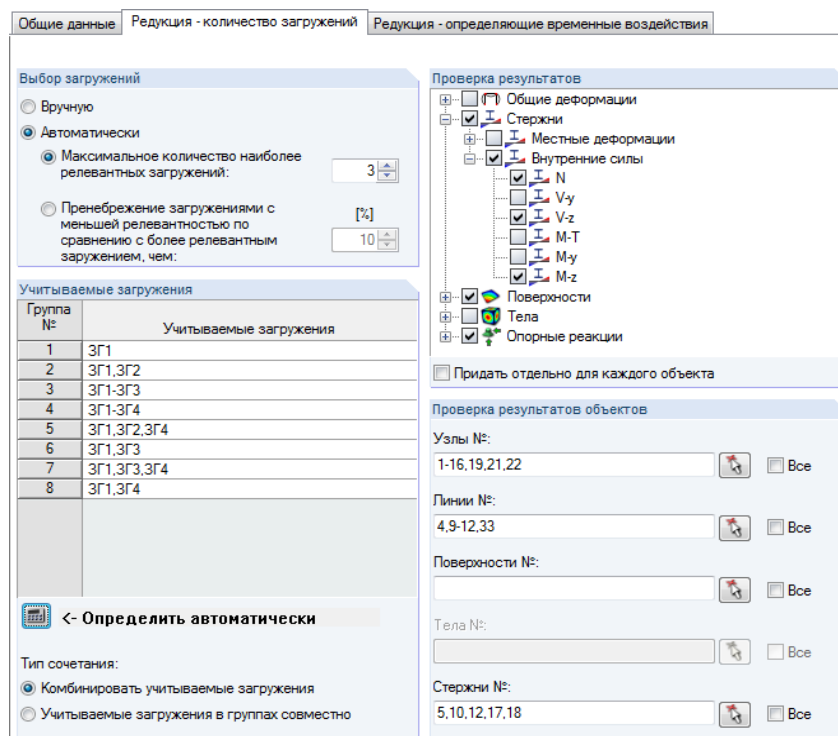
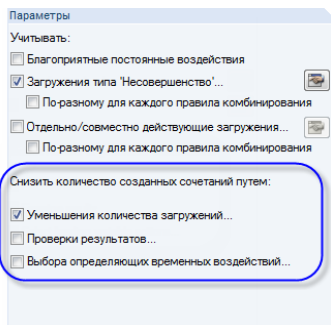


Рисунок 5.16: Вкладка диалога *Редукция - количество загружений* для правил комбинирования



Загружения можно выбрать *Вручную* или определить *Автоматически* на основе критериев релевантности. При нажатии кнопки [Определить автоматически] начинается расчёт, чтобы определить максимальные и минимальные внутренние силы, деформации и опорные реакции в загрузениях.



Когда выбрано автоматическое определение, задайте какие *Результаты* (деформации, внутренние силы стержней и поверхностей, опорные реакции) и *Объекты* (узлы, поверхности, стержни и т.д.) рассматривать для оценки загружений. Соответствующие объекты могут быть выбраны графически с помощью функции [^] как только отключен флажок *У Все*. Выше, можно использовать флажок *Придать отдельно для каждого объекта* чтобы присвоить объектам конкретные типы результатов для анализа.

Число загружений, содержащихся в *Группе* после расчёта данных загружений зависит от параметров, заданных в разделе диалога *Выбор загружений*:

- При выборе опции **Максимальное количество наиболее актуальных загружений**, группа предоставляет либо указанное максимальное количество загружений, или только положительно соответственно отрицательно действующие загружения в меньшем количестве.
- Можно **Пренебречь загружениями**, которые имеют лишь очень небольшую долю в максимальных и минимальных значениях. Процент относится к внутренним силам, деформациям и опорным реакциям загружений соответственно, обеспечивающих экстремальные значения.

Загружения типа несовершенство не учитываются при установленном автоматическом создании групп.

Проверка результатов

RFEM создает только ведущие сочетания нагрузок (эта опция не доступна для расчётных сочетаний).

Когда отметите флажок, то в диалоговое окно добавляется новая вкладка *Редуция - используемые результаты*.

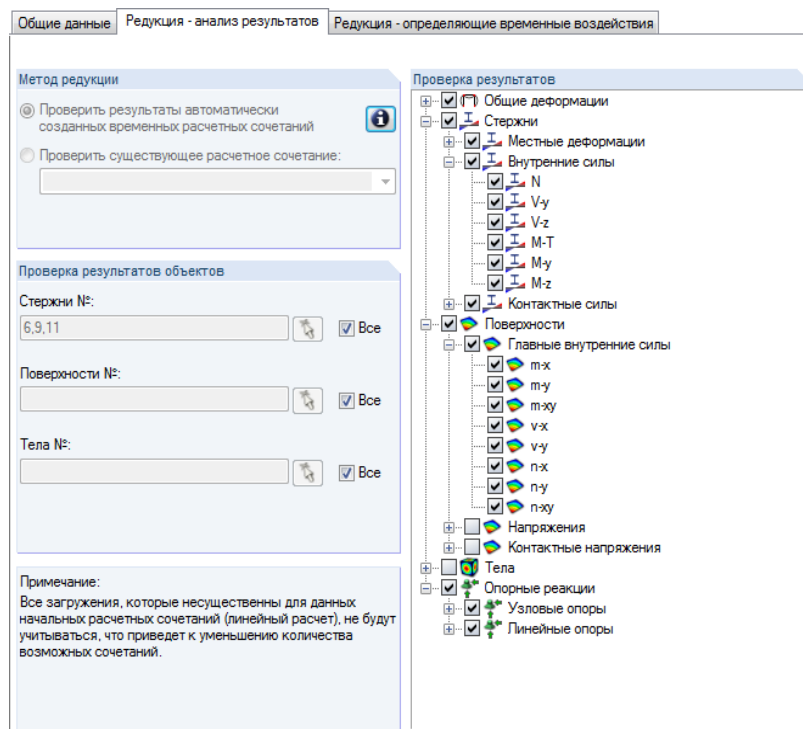
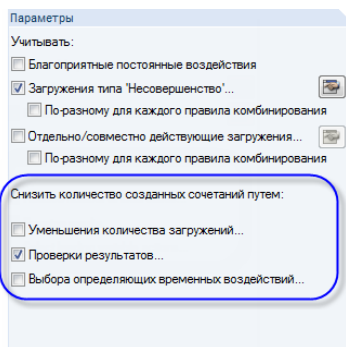


Рисунок 5.17: Вкладка *Редуция - анализ результатов* для правил комбинирования

С помощью первого *Метода редуции* можно оценить созданные временные расчётные сочетания автоматически. Временные расчётные сочетания включают все загрузки, созданные в модели и рассматривают все соотношения, существующие между ними. С помощью результатов, доступных в каждом узле KE, программа RFEM может проанализи-

ровать, какие из одновременно действующих загружений производят максимум или минимум на соответствующих местах. Способ восстановления основывается на предположении, что главными могут быть только те сочетания, которые содержат точно данные одновременно действующие загружения.

В качестве альтернативы, можно использовать результаты определённых пользователем расчётных сочетаний для снижения результатов.

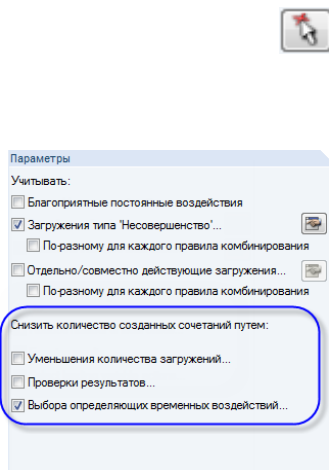
В диалоговом разделе *Проверка результатов* справа, можно определить, какие деформации, внутренние силы, напряжения или опорные реакции будут учтены для определения экстремальных значений.

Раздел диалога *Проверка результатов объектов* предоставляет возможности ограничения анализ экстремальных значений к результатам выбранных стержней, поверхностей и тел. Можно использовать функцию [↵] чтобы выбрать объекты в графическом виде.

Выбор решающих переменных воздействий

Третья возможность, чтобы сократить количество генерируемых сочетаний, представляет собой классифицию только выбранных воздействий как ведущих воздействий. Данная функция доступна для создания сочетаний нагрузок и расчётных сочетаний.

Когда отметите флажок, то в диалоговое окно добавляется новая вкладка *Редукция - определяющие временные воздействия*.



Общие данные				
Редукция - анализ результатов				
Редукция - определяющие временные воздействия				
Выбор определяющих временных воздействий				
Воздействие	Воздействие Наименование	EN 1990 CEN Категория воздействий	Загружения в воздействиях	Главные воздействия
A2	Снег	qs Снег (H ≤ 1000 м н.у.м.)	ЗГ3	<input checked="" type="checkbox"/>
A3	Ветер	sw Ветер	ЗГ4 ЗГ7	<input checked="" type="checkbox"/>
A4	Вынужденная	qvB Вынужденная - категория B: офисные	ЗГ8	<input checked="" type="checkbox"/>

Рисунок 5.18: Вкладка *Редукция - определяющие временные воздействия* для правил комбинирования

Список ведущих воздействий содержит только переменные воздействия.

Когда вы снимите флажок из записи в графе *Главные воздействия*, соответствующие воздействия будут наложены только в качестве сопровождающего переменного воздействия.

Нумерация созданных сочетаний

Ввод данных в данный раздел диалогового окна *Изменить загружения и сочетания нагрузок* (см. Рисунок 5.10, страница 192) влияет на *Первый номер созданных Сочетания нагрузок* или *Расчётные сочетания*, которые создаются в программе RFEM.

Расчётные сочетания

Дополнительно, можно *Создать дополнительно Расчётное сочетание и/или (конверты результатов)*. Расчётные сочетания накладывают крайние значения всех сочетаний нагрузок или расчётных сочетаний по следующей схеме:

"СН1/постоянная или СН2/постоянная или СН3/постоянная и т.д."

Если для создания приведены несколько правил комбинирования, можно *Генерировать дополнительно отдельное и/или/или расчётное сочетание для каждого правила генерирования*.

Метод расчёта

Используйте список чтобы решить, какой метод расчёта вы хотите применить для анализа сочетаний (см. главу 7.3.1.1, страница 284). В программе RFEM предварительно установлен нелинейный расчёт согласно анализу второго порядка (P-Delta) для сочетаний нагрузок.

Сгенерированные сочетания воздействий

Раздел диалога, соответственно столбец таблицы, заполняется в процессе запуска автоматически при закрытии вкладки диалога или таблицы. Диалоговое поле показывает вам краткий вид количества создаваемых сочетаний.

После ввода данных в диалоговом окне или таблице, RFEM создает так называемые «сочетания воздействий» (CB). Они описаны в следующей главе. Можно использовать записи, показанные в текущем диалоговом окне чтобы оценить способ, как правила комбинирования влияют на количества сочетаний.

В примере, показанном слева, в общей сложности 47 сочетаний воздействий, создается для четырех указанных расчётных ситуаций:

- ULS (STR/GEO):AC1 to AC13
- Предельное состояние по пригодности к эксплуатации - характерное: AC14 до AC26
- Предельное состояние по пригодности к эксплуатации - частое:AC27 до AC39
- SLS - квази-постоянная:AC40 to AC47

Создано
Сочетания воздействий
CB1 ... CB13 (13/47)
CB14 ... CB26 (13/47)
CB27 ... CB39 (13/47)



Когда вы прыгаете на следующую вкладку с помощью кнопки диалога [▶], программа RFEM автоматически определяет комбинации воздействий. Первая комбинация воздействий, созданная при текущем выражении комбинации, выбрана на следующей вкладке диалога.

Комментарий

Введите определённое пользователем примечание или выберите запись из списка.

Пример: Уменьшение сгенерированных сочетаний

Цель объединения воздействий находит расположение наиболее неблагоприятной нагрузки для каждого места в конструктивной системе. Для его достижения, можно

- либо определить все возможные математически сочетания
- или попытаться найти логические связи перед объединением действий, чтобы уменьшить количество возможных сочетаний.

Например, симметричная двух шарнирная рама имеет следующие загрузки:

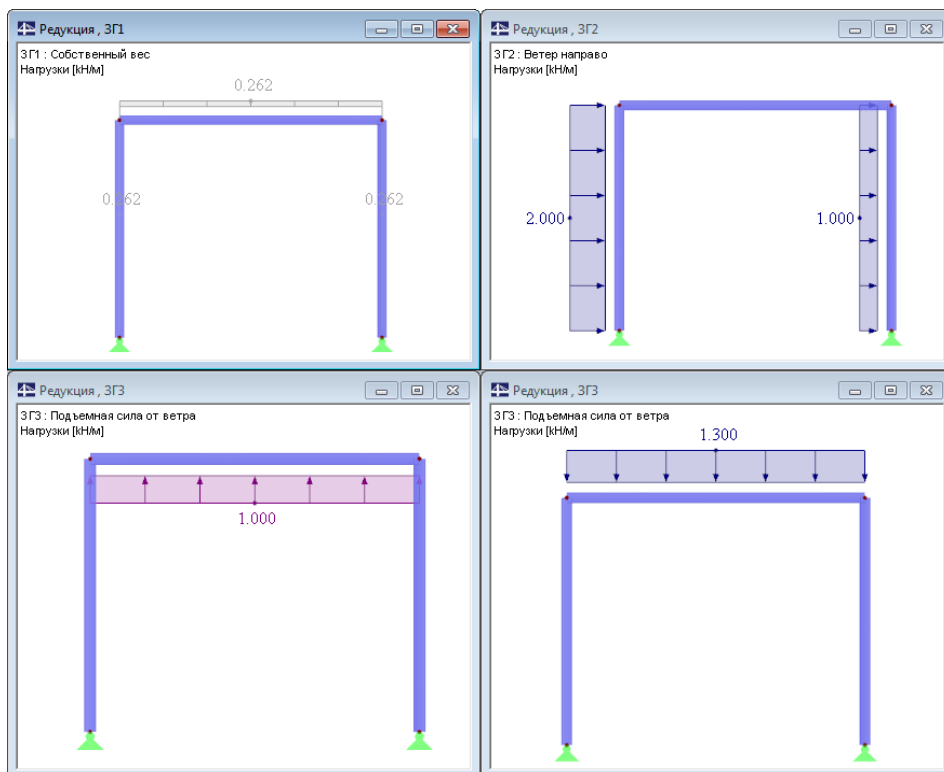


Рисунок 5.19: Двух шарнирная рама с четырьмя загружениями

• Опция **Снизить количество загружений**

Загружения приводят к следующим осевым силам, имеющимся в колонках:

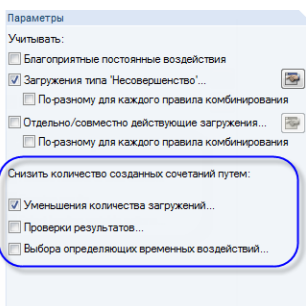
Загружение	Описание	Действие	Осевая сила левый столбец	Осевая сила правый столбец
1	собственный вес	постоянная	сжатие	сжатие
2	ветер вправо	альтернативно	растяжение	сжатие
3	подъем ветра	альтернативно	растяжение	растяжение
4	снег	альтернативно	сжатие	сжатие

Таблица 5.3: Растягивающие и сжимающие силы колонн

Из-та того , что ЗГ1 всегда действует и остальные загружения возникают альтернативно, теоретически возможно восемь сочетаний:

- СН1:ЗГ1 + ЗГ2 + ЗГ3 + ЗГ4
- СН2:ЗГ1
- СН3:ЗГ1 + ЗГ2
- СН4:ЗГ1 + ЗГ3
- СН5:ЗГ1 + ЗГ4
- СН6:ЗГ1 + ЗГ2 + ЗГ3
- СН7:ЗГ1 + ЗГ3 + ЗГ4
- СН8:ЗГ1 + ЗГ2 + ЗГ4

Эти восемь сочетаний можно уменьшить если мы хотим найти, например, только соответствие с экстремальными значениями осевых сил колонн. Можно создать группу за-



гружений для каждой колонны, обеспечивая только растягивающие и сжимающие силы, рассматривая постоянно действующее нагружение 1.

Группа	Левая колонна	Правая колонна
растяжение	ЗГ1, ЗГ2, ЗГ3	ЗГ1, ЗГ3
сжатие	ЗГ1, ЗГ4	ЗГ1, ЗГ2, ЗГ4

Таблица 5.4: Группы загружений

Таким образом, результатом является уже не восемь, а только четыре сочетания загружений.

Данное сокращение может быть выполнено в раздел диалога *Редактировать загружения и сочетания нагрузок* (см. Рисунок 5.10, страница 192) с помощью

- установите флажок *Уменьшить количество загружений*,
- обозначая только осевые усилия в разделе диалога *Проверка результатов* во вкладке *Редукция - количество загружений* и
- вводом только номеров элементов колонн в диалоговом разделе *Проверка результатов объектов* (см. рисунок на следующей странице).

После щелчка на кнопку [Определить автоматически] RFEM производится короткий расчёт. Потом, таблица в разделе диалога *Учитываемые загружения* перечисляет четыре группы загружений, которые также отображаются в Таблица 5.4.

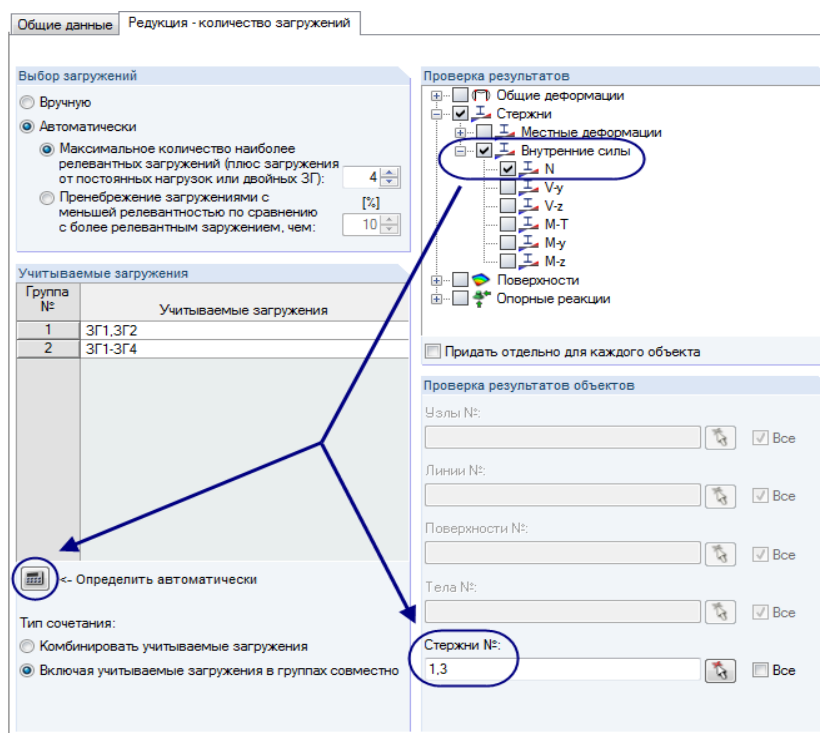
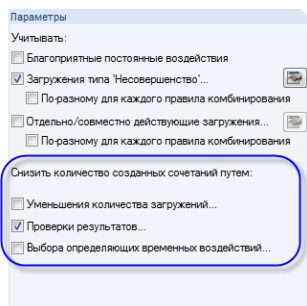


Рисунок 5.20: Автоматическое определение загружений в группы

• Опция Анализ результатов

С помощью этого метода из загружений создается линейное сочетание результатов. Для каждой точки RFEM оценивает экстремальные значения и имеющие место загружения таким образом, чтобы макси-и мин-сочетание загружений предоставлялось соответственно. Затем эти экстремальные сочетания используются для создания сочетаний загружений.



Загружения приводят к следующим осевым силам, имеющихся в колонках:

Загружение	Описание	Действие	Осевая сила левый столбец	Осевая сила правый столбец
1	собственный вес	постоянная	сжатие (-10 кН)	сжатие (-10 кН)
2	ветер вправо	альтернативно	растяжение (5 кН)	сжатие (-5 кН)
3	подъем ветра	альтернативно	растяжение (3 кН)	растяжение (3 кН)
4	снег	альтернативно	сжатие (-12 кН)	сжатие (-12 кН)

Таблица 5.5: Растягивающие и сжимающие силы колонн

RFEM создает это временное расчётное сочетание: ЗГ1/постоянная + НГ2 + ЗГ3 + ЗГ4

Для осевых сил двух колонн мы получаем следующее крайние результаты значений при наложении:

Группа	Колонна слева	Колонна справа
Максимальный N	-2 кН (ЗГ1, ЗГ2, ЗГ3)	-7 кН (ЗГ1, ЗГ3)
Минимальная N	-22 кН (ЗГ1, ЗГ4)	-27 кН (ЗГ1, ЗГ2, ЗГ4)

Таблица 5.6: Группы загружений

Снова, результатом является уже не восемь, а только четыре сочетания загружений.

Спецификации параметров в вкладке *Редукция - анализ результатов* аналогичны с Рисунок 5.20.

5.4 Сочетания воздействий

Общее описание

При открытии вкладки диалога или таблицу 2.4, воздействия накладываются автоматически в соответствии с правилами комбинирования и определяются в качестве так называемых "сочетаний воздействий". Этот вид сортируется по воздействиям, и, таким образом соответствует тому, как воздействия описаны в нормах. Теперь, можно определить, какие сочетания воздействий, наконец, окажутся под вопросом для создания сочетаний нагрузок или расчётных сочетаний.

Сочетание воздействия включает в себя все возможности, как загрузки могут быть объединены в воздействие. Таким образом, не путайте его с нагрузкой или расчётным сочетанием, представляющим только один вариант этих возможностей.

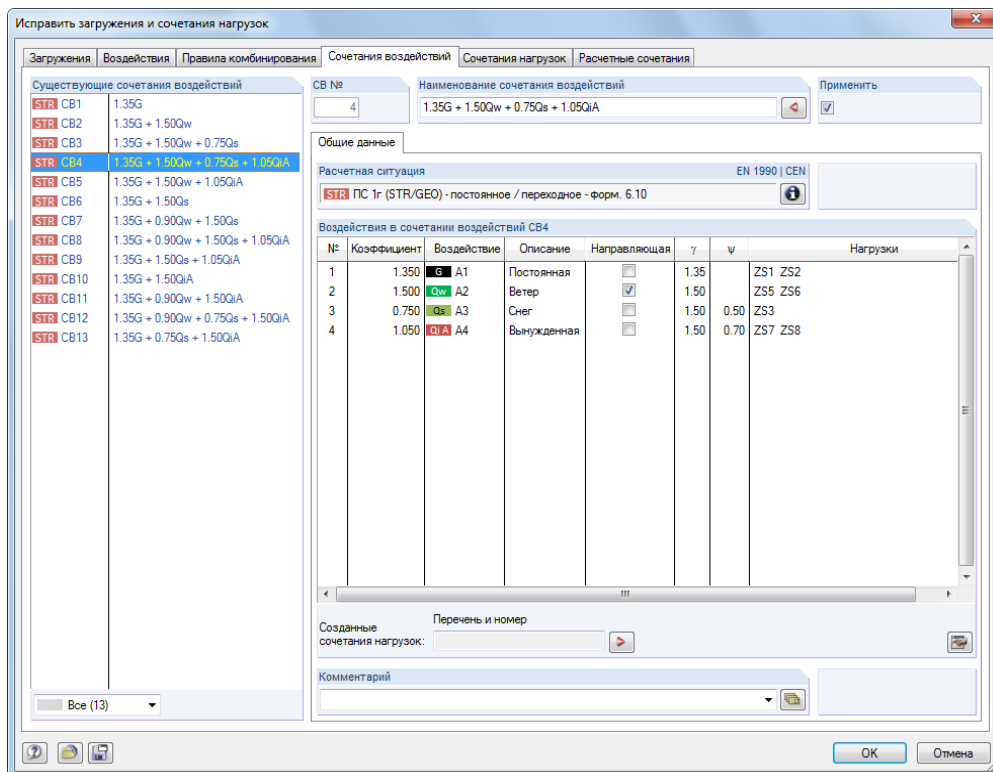
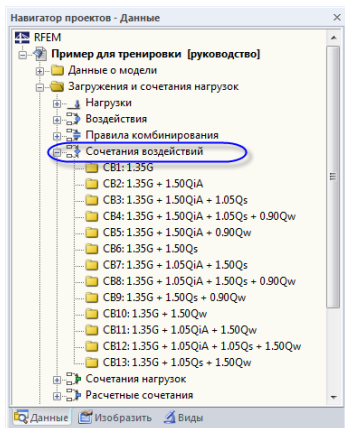


Рисунок 5.21: Диалоговое окно *Изменить загрузки и сочетания нагрузок*, вкладка *Сочетания воздействий*

Сочет. возд.	Сочетание воздействий Наименование	Применить	EN 1990 CEN Расчетная ситуация	Воздействие.1 Козэф. №	Воздействие.2 Козэф. №	Воздействие.3 Козэф. №	Воздействие.4 Козэф. №	Созданные сочетания нагрузок
OC1	1.35G	<input checked="" type="checkbox"/>	STR PC 1r (STR/GEO)	1.35 G A1				CH1 ... CH3 (3/47)
OC2	1.35G + 1.50Qs	<input checked="" type="checkbox"/>	STR PC 1r (STR/GEO)	1.35 G A1	1.50 Qs A2			CH4 ... CH6 (3/47)
OC3	1.35G + 1.50Qs + 0.90Qw	<input checked="" type="checkbox"/>	STR PC 1r (STR/GEO)	1.35 G A1	1.50 Qs A2	0.90 Qw A3		CH7 ... CH10 (4/47)
OC4	1.35G + 1.50Qs + 0.90Qw + 1.05QA	<input checked="" type="checkbox"/>	STR PC 1r (STR/GEO)	1.35 G A1	1.50 Qs A2	0.90 Qw A3	1.05 QA A4	CH11 ... CH14 (4/47)
OC5	1.35G + 1.50Qs + 1.05QA	<input checked="" type="checkbox"/>	STR PC 1r (STR/GEO)	1.35 G A1	1.50 Qs A2	1.05 QA A4		CH15 ... CH17 (3/47)
OC6	1.35G + 1.50Qw	<input checked="" type="checkbox"/>	STR PC 1r (STR/GEO)	1.35 G A1	1.50 Qw A3			CH18 ... CH21 (4/47)
OC7	1.35G + 0.75Qs + 1.50Qw	<input checked="" type="checkbox"/>	STR PC 1r (STR/GEO)	1.35 G A1	0.75 Qs A2	1.50 Qw A3		CH22 ... CH25 (4/47)
OC8	1.35G + 0.75Qs + 1.50Qw + 1.05QA	<input checked="" type="checkbox"/>	STR PC 1r (STR/GEO)	1.35 G A1	0.75 Qs A2	1.50 Qw A3	1.05 QA A4	CH26 ... CH29 (4/47)
OC9	1.35G + 1.50Qw + 1.05QA	<input checked="" type="checkbox"/>	STR PC 1r (STR/GEO)	1.35 G A1	1.50 Qw A3	1.05 QA A4		CH30 ... CH33 (4/47)
OC10	1.35G + 1.50QA	<input checked="" type="checkbox"/>	STR PC 1r (STR/GEO)	1.35 G A1	1.50 QA A4			CH34 ... CH36 (3/47)
OC11	1.35G + 0.75Qs + 1.50QA	<input checked="" type="checkbox"/>	STR PC 1r (STR/GEO)	1.35 G A1	0.75 Qs A2	1.50 QA A4		CH37 ... CH39 (3/47)
OC12	1.35G + 0.75Qs + 0.90Qw + 1.50QA	<input checked="" type="checkbox"/>	STR PC 1r (STR/GEO)	1.35 G A1	0.75 Qs A2	0.90 Qw A3	1.50 QA A4	CH40 ... CH43 (4/47)
OC13	1.35G + 0.90Qw + 1.50QA	<input checked="" type="checkbox"/>	STR PC 1r (STR/GEO)	1.35 G A1	0.90 Qw A3	1.50 QA A4		CH44 ... CH47 (4/47)

Рисунок 5.22: Таблица 2.4 *Сочетания воздействий*

Сочетание воздействий номер

Сочетания, полученные от воздействий, последовательно пронумерованы. Сочетание воздействия включает в себя все возможности, как загрузки, объединенные в воздействие, могут быть рассмотрены. Эти возможности зависят от категории воздействия и правил комбинирования.

В диалоговом окне *Изменить загрузки и сочетания нагрузок* под перечнем *Существующие сочетания воздействий*, возможно фильтровать созданные сочетания с помощью расчётных ситуаций или соответствий.

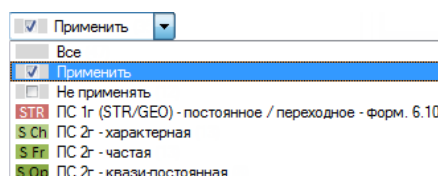


Рисунок 5.23: Опция фильтра в диалоговом окне *Изменить загрузки и сочетания нагрузок*

Обозначение сочетания воздействий

RFEM присваивает автоматически краткие описания, основанные на коэффициентах надежности и символах воздействий, выражая правила комбинирования. При необходимости, можно изменить эти описания.



Нажмите кнопку диалога [◀], чтобы перейти к предыдущей вкладке диалога, где RFEM показывает вам правила комбинирования, с помощью которых текущее сочетание воздействий было создано.

Применить

Используйте флажок, чтобы решить, если выбранное сочетание рассматривается для создания сочетаний нагрузок или расчётных сочетаний. Таким образом, можно к реактивировать или исключить сочетания воздействий из генерирования.

Если RFEM создает сочетание воздействий дважды из-за специальных совокупностей, то один из них автоматически отключается.



Расчётная ситуация

Расчётная ситуация текущего сочетания воздействий опять отображается, поэтому можно проверить данные. Воспользуйтесь кнопкой [Информация], чтобы просмотреть на правило сочетания расчётной ситуации. Откроется диалоговое окно с разъяснениями (см. Рисунок 5.13, страница 194).

Воздействия в сочетаниях воздействий

Колонки сообщают Вам о воздействиях, включая соответствующие коэффициента надежности и коэффициенты комбинирования.

Если предполагается *Ведущее* воздействие в сочетании, то оно соответственно отмечается в диалоговом окне. В этом случае оно вставляется в качестве воздействия $Q_{k,1}$ в Формула 5.1 to Формула 5.7 (см. страницу 191).

Значения, указанные в графе таблица *Фактор* основаны на коэффициентах в зависимости от выбранного нормы. Для EN 1990 ими являются частичные коэффициенты надёжности γ , коэффициенты сочетания ψ , уменьшающие коэффициенты ξ и, если применимо, факторы надёжности K_{FI} для каждого воздействия в результате расчётной ситуации и категории воздействия.



Используйте кнопки [Параметры] или [...], чтобы проверить и, в случае определённого пользователем нормы, отрегулировать частичные коэффициенты надёжности и коэффициенты комбинирования. Факторы организованы в нескольких вкладках диалогового ок-

на *Коэффициенты*. Первая вкладка *Частичные коэффициенты надёжности* показана на Рисунок 12.27 на странице 601. Вкладка *Коэффициенты сочетаний* управляет коэффициентами ψ и ξ .

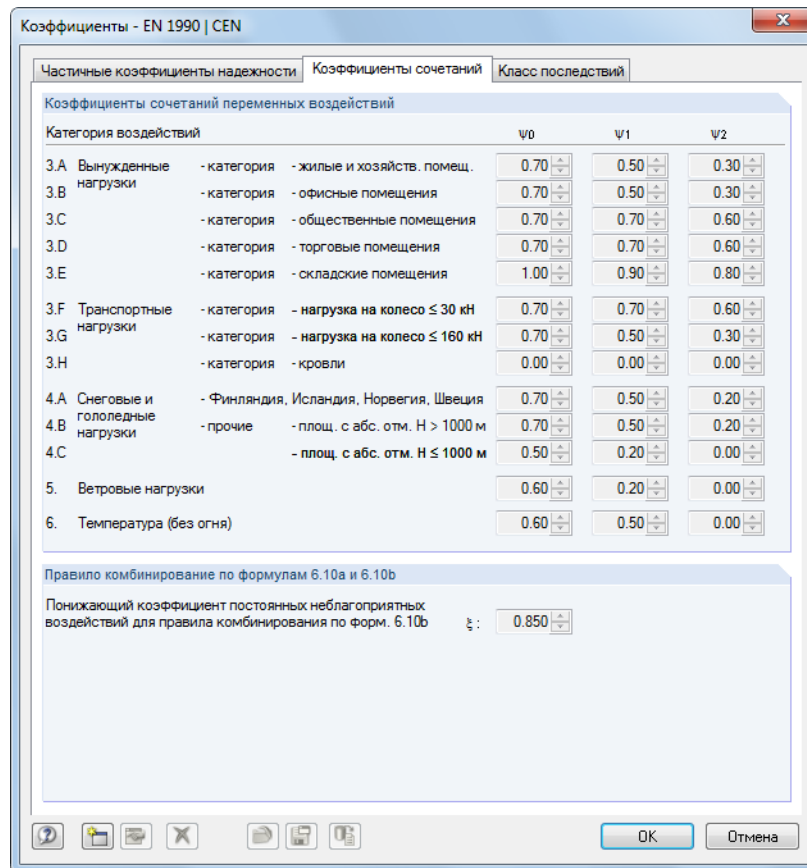


Рисунок 5.24: Диалоговое окно *Коэффициенты*, вкладка *Коэффициенты сочетаний*

Раздел диалога *Воздействия в сочетаниях воздействий* перечисляет *Загружения*, содержащиеся в воздействиях со всеми возможностями, с какими они могут рассматриваться в воздействии. Возможности зависят от типа воздействия и определённого воздействия (одновременного или альтернативного). Это предпосылка того, что все назначенные загрузки всегда используются вместе для типов воздействий "постоянные нагрузки" и "предварительное напряжение", если отношение не определяется как "альтернативное". В случае переменных, чрезвычайных и сейсмических воздействий, назначенные загрузки могут быть наложены во всех соответствующих сочетаниях.

Сгенерированные сочетания нагрузок или расчётные сочетания

Раздел диалога, соответственно столбец таблицы, заполняется в процессе запуска автоматически при закрытии вкладки диалога или таблицы. Диалоговое поле показывает вам краткий вид количества создаваемых сочетаний нагрузок или расчётных сочетаний.

Сочетания нагрузок и расчётные сочетания описаны в следующих разделах 5.5 и 5.6.

Созданные сочетания нагрузок
СН1 (1/17)
СН2 (1/17)
СН3 (1/17)
СН4 (1/17)
СН5 (1/17)
СН6 (1/17)
СН7 (1/17)
СН8 (1/17)
СН9 (1/17)
СН10 (1/17)
СН11 (1/17)
СН12 (1/17)
СН13 (1/17)
СН14 (1/17)

Пример

В примере, показанном слева, в общей сложности 47 сочетаний нагрузок, создается для расчётной ситуации ПСП: Для сочетания воздействия **AC12** (предпоследняя строка) четыре сочетания нагрузок от СН40 до СН43 происходят со следующим фоном:

Первое воздействие А1 было классифицировано как воздействие категории "постоянные нагрузки" и выполнено с коэффициентом фактором $\gamma = 1.35$ в генерируемых сочетаниях нагрузки. Содержащиеся загрузки 1 и 2 встречаются вместе во всех сочетаниях нагрузок.

Как второе воздействие А2 у нас есть категория воздействия "снег", включенное в сочетание нагрузок с коэффициентом $\gamma * \psi = 1.50 * 0.50 = 0.75$.

Третье воздействие А3 удваивает количество генерируемых сочетаний нагрузок, потому что категория «ветер» доступна с двумя загрузками 4 и 5, действующими в качестве альтернативы. Это воздействие умножено на коэффициент $\gamma * \psi = 1.50 * 0.60 = 0.90$ в сочетаниях нагрузок.

Четвертое воздействие А4 классифицируется как воздействие типа "полезная нагрузка категория В" и выполняется с коэффициентом $\gamma = 1.50$ во всех четырех сочетаниях нагрузок. Это воздействие является ведущим воздействием.

Воздействия в сочетании воздействий СВ4

№	Коэффициент	Описание	Главные	γ	ψ	Загрузки
1	1.350	С B1 Постоянная	<input type="checkbox"/>	1.35		ЗГ1 ЗГ2
2	1.500	С B2 Снег	<input checked="" type="checkbox"/>	1.50		ЗГ3
3	0.900	С B3 Ветер	<input type="checkbox"/>	1.50	0.60	ЗГ4 ЗГ5
4	1.050	С B4 Временная	<input type="checkbox"/>	1.50	0.70	ЗГ6

Созданные сочетания нагрузок: СН5 ... СН6 (2/52)

Рисунок 5.25: Воздействия в сочетании воздействий AC12

Кроме того, требуется принять во внимание два загрузения типа несовершенство 7 и 8, которые сочетаются с направлениями обоих загрузений типа ветровая нагрузка. Мы хотим создать сочетания нагрузок один раз с несовершенством и один без него.

С помощью этих спецификаций RFEM формирует следующие сочетания нагрузок для AC12:

- СН40: $1.35 * ЗГ1 + 1.35 * ЗГ2 + 0.75 * ЗГ3 + 0.9 * ЗГ4 + 1.5 * ЗГ6$
- СН41: $1.35 * ЗГ1 + 1.35 * ЗГ2 + 0.75 * ЗГ3 + 0.9 * ЗГ4 + 1.5 * ЗГ6 + ЗГ7$
- СН42: $1.35 * ЗГ1 + 1.35 * ЗГ2 + 0.75 * ЗГ3 + 0.9 * ЗГ5 + 1.5 * ЗГ6$
- СН43: $1.35 * ЗГ1 + 1.35 * ЗГ2 + 0.75 * ЗГ3 + 0.9 * ЗГ5 + 1.5 * ЗГ6 + ЗГ8$



Нажмите на кнопку диалога [▶], чтобы перейти в вкладке диалога *Сочетания нагрузок*, где выбрано первое сочетание, созданное из текущего сочетания воздействия.

Комментарий

Введите определённое пользователем примечание или выберите запись из списка.

5.5 Сочетания нагрузок

Общее описание

Загружения могут быть наложены в сочетание нагрузки (**СН**) и в расчётное сочетание (**РС**).

С учетом частичных коэффициентов надежности, сочетание нагрузки сочетает в себе нагрузки содержащихся загружений в "одном большом загружении", которое будет рассчитано. В расчётном сочетании, (см. раздел 5.6, страница 217) все включенные загружения рассчитываются в первую очередь. Потом результаты будут наложены, с учетом частичных коэффициентов надежности.

Загружения можно сочетать вручную (см. раздел 5.5.1) или накладываться автоматически с помощью программы RFEM (см. раздел 5.5.2), в зависимости от параметров окна диалога *Модель - основные данные* (см. Рисунок 12.23, страница 598). Параметры влияют на появление вкладки диалога *Расчётные сочетания* в окне диалога нагрузки.

Если вы хотите рассчитать комбинированные загрузки в соответствии с теорией второго порядка или анализом больших деформаций, обычно вы должны создать сочетания нагрузок. То же самое относится к моделям с нелинейными элементами. Следующий пример используется для демонстрации данной темы.

Два загружения действуют на плиту с упругими основаниями. В загружении 1, нагрузка действует на поверхность всей пластины. В загружении 2, она напрягает только одну часть поверхности. Собственный вес не учитывается. Упругое основание плиты неэффективно в случае натяжения. Поэтому никакие подъемные силы не поглощаются.

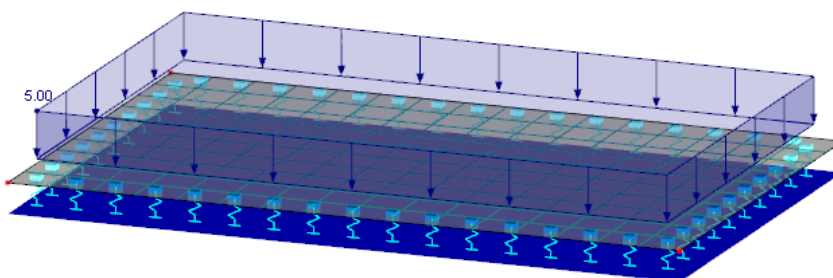


Рисунок 5.26: Нагрузка и деформация в ЗГ 1

Фундамент в загружении 1 действует у всей поверхности.

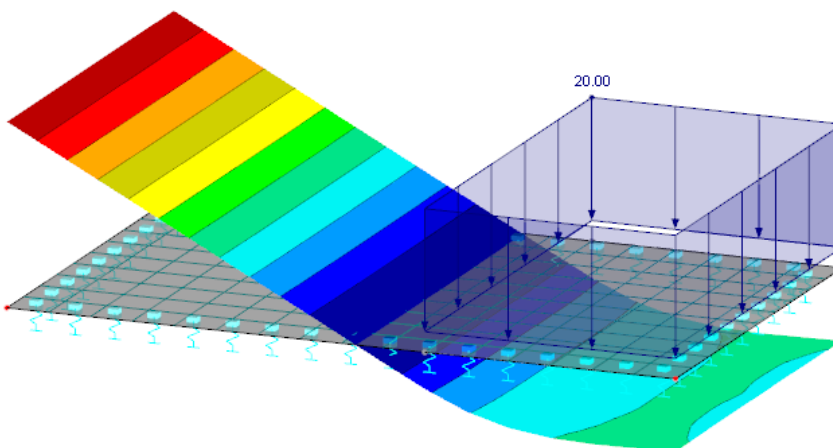
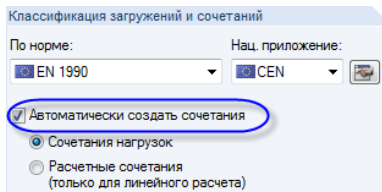


Рисунок 5.27: Нагрузка и деформация в ЗГ 2

Различие между расчетным сочетанием и сочетанием нагрузки



Окно флажка к окну диалога *Модель - Основные данные*



Фундамент в загрузении 2 действует только для правой части поверхности. Левая часть плиты поднимается.

При сочетании обоих загрузений в расчётное сочетание, программа RFEM покажет вам предупреждение, потому что добавление результаты будет неприемлемо из-за нелинейных эффектов: Деформации в обоих загрузениях основаны на различных конструктивных системах. Для результативного сочетания вы бы увидели подъем в левой зоне, показанный во втором загрузении.

Таким образом, правильно наложить два загрузения в сочетание нагрузки. На рисунке ниже мы видим, что упругое основание эффективно для добавленных нагрузок без сбоев.

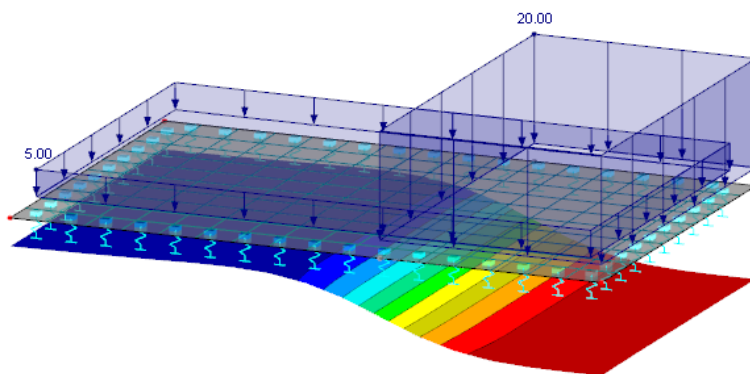


Рисунок 5.28: Нагрузка и деформация сочетания нагрузок

5.5.1 Сочетания, заданные пользователем

Создание нового сочетания нагрузок

Есть несколько возможностей, чтобы открыть диалоговое окно *Редактировать загрузения и сочетания* для создания сочетания нагрузки:

- укажите на **Загружения и сочетания** в меню **Вставить** и затем выберите **Сочетание нагрузок**
- используйте кнопку на панели инструментов [Новое сочетание нагрузки], показанную слева

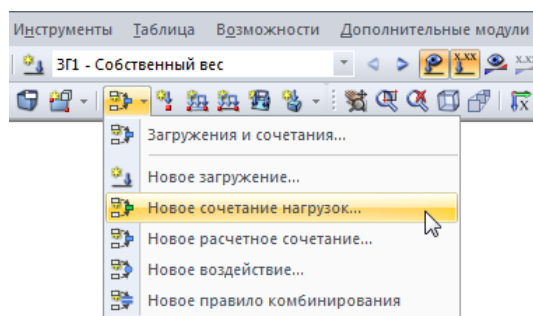


Рисунок 5.29: Кнопка *Новое сочетание нагрузок* на панели инструментов

- контекстне меню навигатора ввода *Сочетания нагрузок*

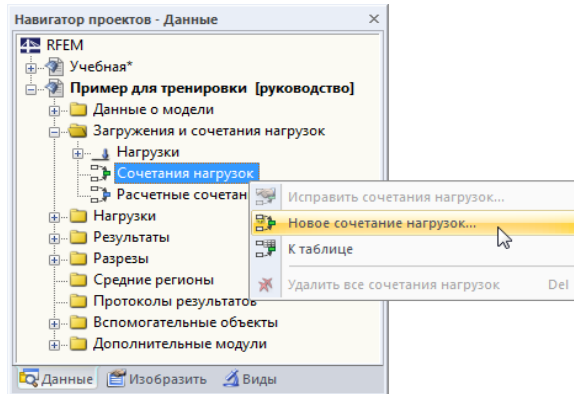


Рисунок 5.30: Контекстное меню для *Сочетания нагрузок* в навигаторе *Данные*

Появляется диалоговое окно *Изменить загрузки и сочетания нагрузок*. В закладке диалога предустановлено новое сочетание нагрузки *Сочетания нагрузок*.

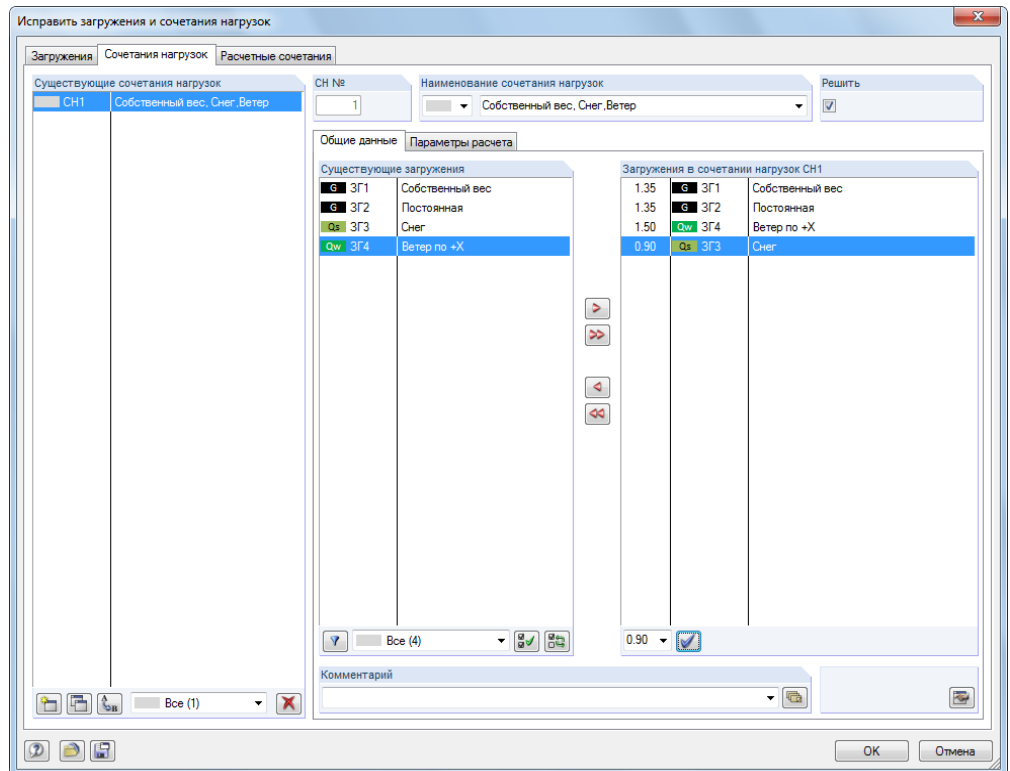
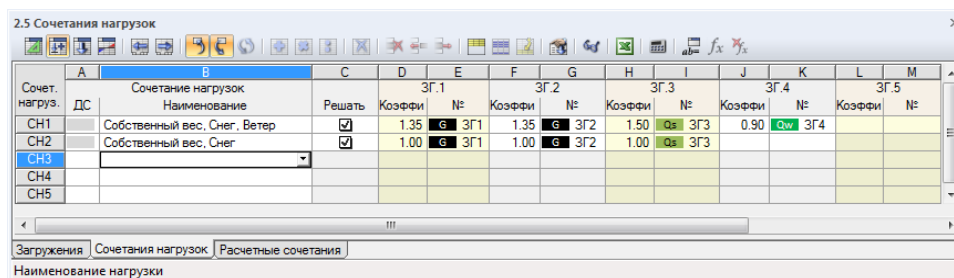


Рисунок 5.31: Диалоговое окно *Изменить загрузки и сочетания нагрузок*, вкладка *Сочетания нагрузок*

Следующее обозначение относится к вкладке *Основные*. Вкладка диалога *Параметры расчёта* описана в разделе 7.3.1 на странице 284.

- Также возможно ввести новое сочетание нагрузки в пустую строку таблицы 2.5 Сочетания нагрузок.



Сочет. нагруз.	Сочетание нагрузок Наименование	Решать	ЗГ.1		ЗГ.2		ЗГ.3		ЗГ.4		ЗГ.5	
			Козффи	№	Козффи	№	Козффи	№	Козффи	№	Козффи	№
СН1	Собственный вес, Снег, Ветер	<input checked="" type="checkbox"/>	1.35	Г1	1.35	Г2	1.50	О3	0.90	Св	ЗГ4	
СН2	Собственный вес, Снег	<input checked="" type="checkbox"/>	1.00	Г1	1.00	Г2	1.00	О3	ЗГ3			
СН3												
СН4												
СН5												

Рисунок 5.32: Таблица 2.5 Сочетания нагрузок

Сочетание нагрузок номер

Номер нового сочетания нагрузок предустановлен, но его можно изменить в поле ввода диалога СН №. Порядок сочетаний нагрузок можно последовательно настроить с помощью кнопки диалога [Перенумеровать] (см. Таблица 5.7 и раздел 11.4.18, страница 519).

Обозначение сочетания нагрузок

Можно ввести любое имя вручную. Можно также выбрать имя из списка, чтобы коротко описать сочетание нагрузки. Введенные вручную описания хранятся в списке, они также доступны и для других моделей.

Решить

Используйте флажок, чтобы решить, если сочетание нагрузки рассматривается в расчёте. Таким образом, можно активировать или исключить сочетания нагрузок из расчёта.

Загружения и сочетаниях нагрузок

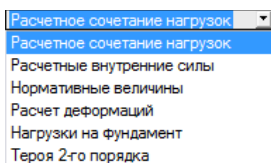
Колонки информируют вас о загружениях вместе с соответствующими факторами.

Значения, указанные в графе таблица *Фактор* основаны на коэффициентах в зависимости от выбранного нормы. Для EN 1990 ими являются частичные коэффициенты надежности γ , коэффициенты сочетания ψ , уменьшающие коэффициенты ξ и, если применимо, факторы надежности K_{FI} для каждого воздействия в результате расчётной ситуации и категории воздействия.

Для проверки и настройки частичных коэффициентов надежности и коэффициентов сочетаний, используйте кнопку диалога [Коэффициенты сочетаний]. Откроется диалоговое окно *Коэффициенты* в котором вы найдете различные коэффициенты, которые организованы в несколько таблиц. Первая вкладка *Частичные коэффициенты надежности для EN 1990* показана на Рисунок 12.27 на странице 601. Вкладка *Коэффициенты сочетаний* управляет коэффициентами ψ и ξ (см. Рисунок 5.24, страница 206). Коэффициент надежности K_{FI} может быть определен в поле ввода вкладки диалога *Класс последствий*, но Можно также ввести значение, определённое пользователем.

Формирование загружений в сочетания

В диалоговом окне *Изменить загружения и сочетания нагрузок*, можно определить загружения в сочетания следующим образом: Выберите соответствующие загружения в списке *Существующие загружения* с помощью щелчка. Можно нажать клавишу [Ctrl] (как обычно в Windows), чтобы применить множественный выбор. Используйте кнопку [►] чтобы перенести выбранные загружения направо в список *Загружения в сочетании нагрузок*, одновременно частичные коэффициенты надежности и коэффициенты сочетаний добавляются автоматически.



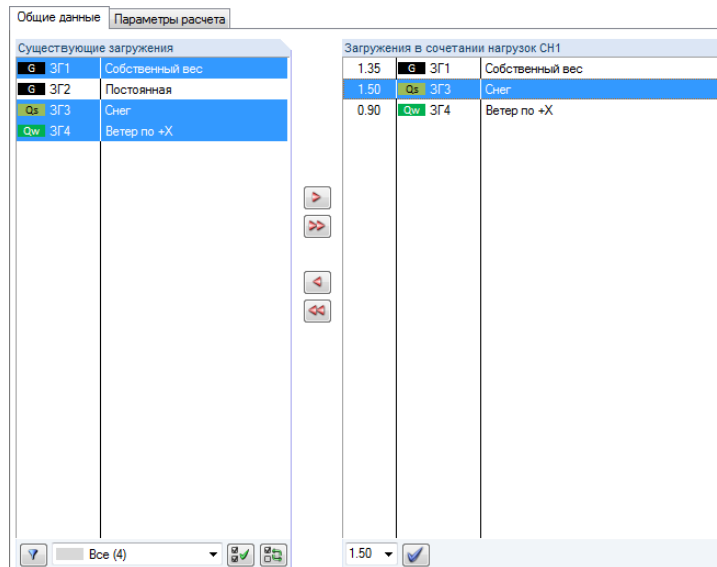
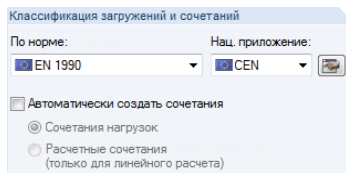
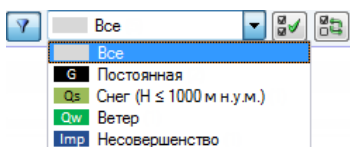


Рисунок 5.33: Множественный выбор загрузений и сочетания нагрузки создается в соответствии с EN 1990



Нормативные параметры в диалоговом окне *Модель - основные данные*



Коэффициенты создаются в соответствии с нормами, которые установлены в окне диалогового окна *Модель - основные данные* (см. главу 12.2.1, страница 601).

Предварительно установленные коэффициенты можно проверить в диалоговом окне *Коэффициенты*, который открывается с помощью кнопки [Коэффициенты]. Более того, можно настроить их для пользователем заданными нормами (см. Рисунок 5.24, страница 206 и Рисунок 12.27, страница 601).

Чтобы изменить коэффициент загрузки, которое было перенесено в сочетание нагрузки, выберите загрузку в списке *Загрузки в сочетании нагрузок*. Теперь, можно ввести соответствующий коэффициент в поле ввода ниже. Можно также выбрать коэффициент из списка. Наконец, нажмите кнопку [Установить коэффициент], чтобы применить новый коэффициент для загрузки.

Чтобы удалить загрузку от сочетания нагрузок, выберите загрузку в диалоговом разделе *Загрузки в сочетании нагрузок*. Используйте кнопку [◀] или дважды щелкните на запись чтобы вернуть ее в раздел диалогового окна *Существующие загрузки*.

Несколько опций фильтра доступны под перечнем *Существующие загрузки*. С помощью этих опций легче назначить загрузки, сортированные по категориям воздействия, или выбрать их из еще не назначенных загрузок. Кнопки описаны в Таблица 5.7 на странице 214.

Чтобы определить сочетания вручную, используйте кнопку [Редактировать] в правом нижнем углу диалогового окна нагрузки.

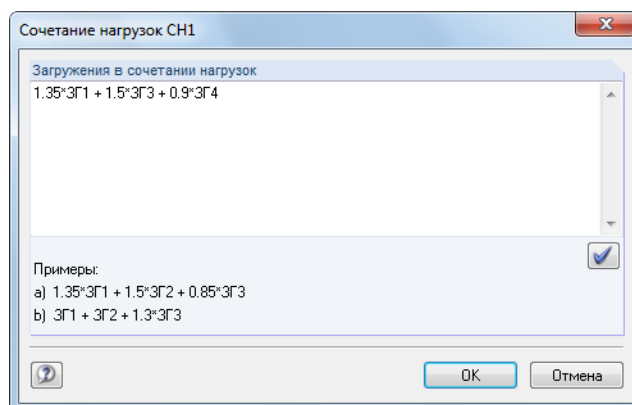


Рисунок 5.34: Диалоговое окно *Сочетание нагрузок* для определения с помощью поля редактирования

Откроется диалоговое окно, в котором предлагается поле ввода *Загрузки в сочетании нагрузок* где загрузки могут быть добавлены (или вычтены если необходимо) с помощью любого коэффициента. Однако, осуществление ввода не допускается.

Пример: $ЗГ1 + 0.5*ЗГ3$

Для простой нагрузки загрузки 1 половина нагрузки загрузки 3 добавляется.



Используйте кнопку [Настроить входные данные] для переноса записи в список *Загрузки в сочетании нагрузок* первоначального окна диалога.

Комментарий

Введите определённые пользователем сведения или выберите запись из списка, чтобы описать сочетание нагрузки подробно.

Параметры расчёта

Вкладка *Параметры расчёта* диалогового окна нагрузки предлагает различные опции для проверки расчёта. Найдите подробное описание данных параметров в разделе 7.3.1 на странице 284.

Редактирование сочетания нагрузок

Есть несколько возможностей, чтобы впоследствии изменить сочетания нагрузок:

- укажите на **Загрузки и сочетания** в меню **Вставить** и затем нажмите на **Сочетания нагрузок**
- используйте контекстное меню или дважды щелкните на сочетании нагрузки в навигаторе *Данные*

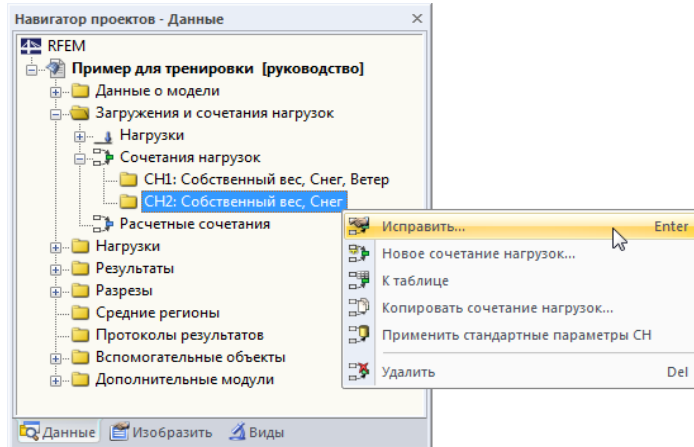


Рисунок 5.35: Контекстное меню сочетания нагрузки

В диалоговом окне *Редактировать загрузки и сочетания нагрузок* (см. Рисунок 5.31, страница 210), выберите СН с помощью щелчка. Затем, можно редактировать критерия определения.

Кнопки

В окне диалога *Редактировать загрузки и сочетания нагрузок*, вы видите различные кнопки под перечнем *Существующие группы нагрузок* и *Существующие загрузки*. Кнопки имеют следующие функции:








	Создать новое сочетание нагрузок
	Создает новое сочетание нагрузки как копию выбранного сочетания
	Назначает новый номер выбранного сочетания нагрузок. Указывает номер в отдельном диалоговом окне. Не допускается ввод номера СО, который уже был назначен.
	Удаляет выбранное сочетание нагрузок
	Список показывает только загрузки, которые еще не содержатся в сочетании нагрузки.
	Выбирает все загрузки в списке
	Изменяет выбор загрузений

Таблица 5.7: Кнопки в вкладке *Сочетания нагрузок*

5.5.2 Сгенерированные сочетания

При переключении во вкладку диалога *Сочетания нагрузок* или в таблицу 2.5, RFEM создает сочетания автоматически. Так как загрузки не накладывается вручную, вкладка *Общие* выглядит иначе (см. Рисунок 5.31, страница 210 для определяемых пользователем сочетаний).

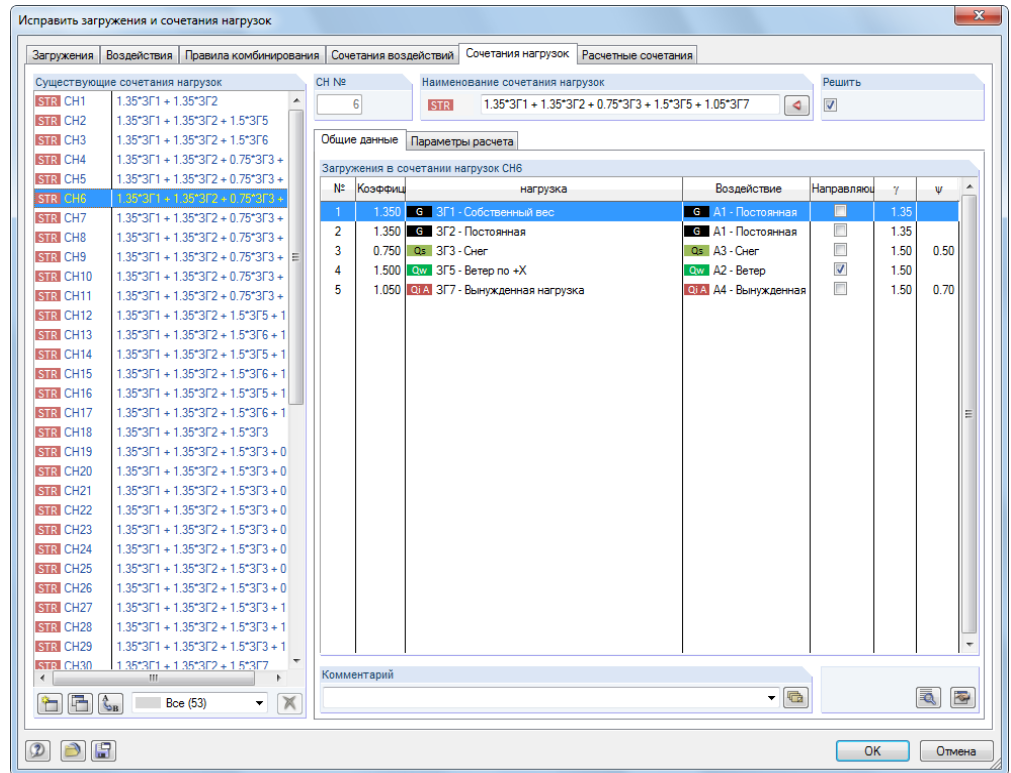
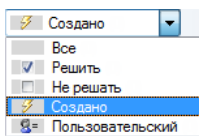


Рисунок 5.36: Диалоговое окно *Изменить загрузки и сочетания нагрузок*, вкладка *Сочетания нагрузок*

Сочетание нагрузок номер

Сочетания, полученные от сочетаний воздействий, последовательно пронумерованы.

Можно фильтровать созданные сочетания по отдельным критериям, с помощью поля выбора в нижнем левом углу под разделом диалога *Существующие сочетания нагрузки*.



Обозначение сочетания воздействий

RFEM присваивает краткие описания, основанные на коэффициентах надежности и номерах загрузений, с учетом правил комбинирования. При необходимости, можно изменить эти описания.

Нажмите на кнопку диалога [◀] для того чтобы возвратиться в вкладку диалога *Сочетания воздействий* (см. раздел 5.4, страница 204), в которой было выбрано сочетание воздействий, с помощью которого было создано текущее сочетание нагрузки.

Решить

Флажок управляет определением результатов для выбранного сочетания (й) нагрузки.

Загружения и сочетаниях нагрузок

Колонки сообщают Вам о загрузениях, включая соответствующие коэффициента надежности и коэффициенты комбинирования. Коэффициенты создаваемых сочетаний изменить не возможно.



Если предполагается *Ведущее воздействие*) в сочетании, то оно соответственно отмечается в диалоговом окне.



Для проверки, и по необходимости для назначения частичных коэффициентов надежности и коэффициентов сочетаний, используйте кнопку диалога [Информация о коэффициентах]. Диалоговое окно *Коэффициенты* подразделяется на несколько закладок (см. Рисунок 12.27, страница 601 и Рисунок 5.24, страница 206).

Добавление сочетания нагрузок

Созданные сочетания нагрузок не могут быть отредактированы, но их можно удалить или исключить из расчёта с использованием флажка *Решить*.



С помощью кнопки [Новый] в левом нижнем углу под разделом диалога *Существующие сочетания нагрузок* можно добавлять определяемые пользователем сочетания. Чтобы включить ручное определение, вкладка диалога *Основные* изменяет свой внешний вид.

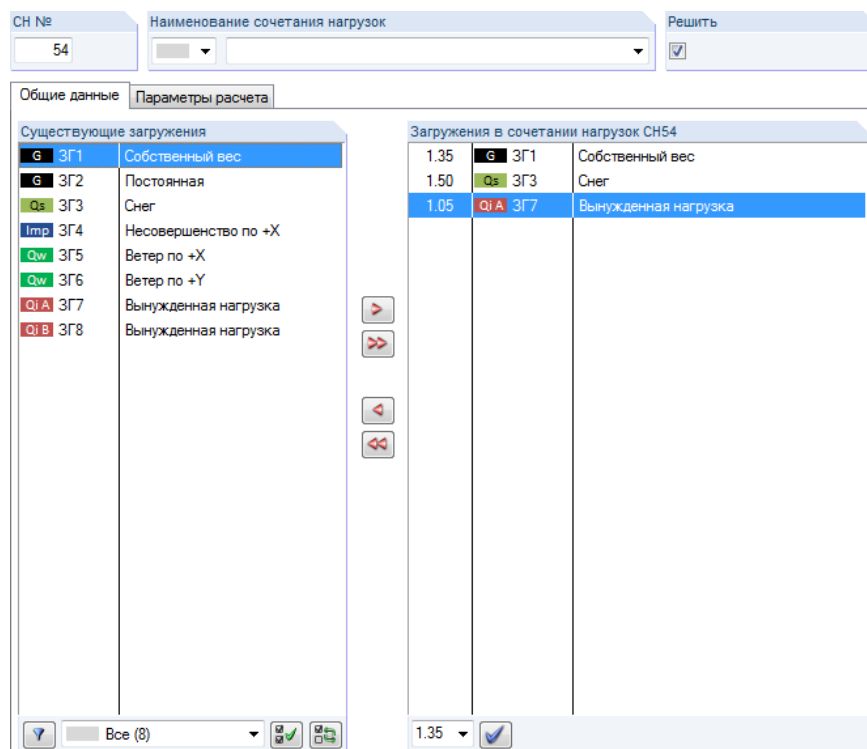


Рисунок 5.37: Добавление сочетания нагрузки, определённой пользователем

В предыдущей главе 5.5.1 подробно описано, как сочетания нагрузок могут быть созданы вручную.

5.6 Расчётные сочетания

Общее описание

Загружения могут быть наложены в расчётное сочетание (PC) и в сочетании нагрузки (CN).

В расчётном сочетании, включенные загрузке рассчитываются в первую очередь. Затем, результаты накладываются с учетом частичных коэффициентов надежности. Сочетание нагрузки (см. главу 5.5, страница 208) сочетает в себе нагрузки, содержащиеся в загрузениях в "случае одного большого загрузения" во-первых, с учетом частичных коэффициентов надежности. Затем, рассчитывается большое загрузение.

Загружения можно сочетать вручную (см. раздел 5.6.1) или накладываться автоматически с помощью программы RFEM (см. раздел 5.7), в зависимости от параметров окна диалога *Модель - основные данные* (см. Рисунок 12.23, страница 598). Параметры воздействуют также на вкладку диалога *Расчётные сочетания* в окне диалога *Редактировать загрузения и сочетания*.

Расчётные сочетания не подходят для нелинейных расчётов, поскольку они приводят к фальсификации результатов: В большинстве случаев, отказ нелинейных элементов (например, растянутых стержней, фундаментов) происходит неравномерно в отдельных загрузениях. Действуют эффекты перераспределения, так что внутренние силы будут объединены из различных моделей (см. пример в разделе 5.5 на странице 208).

В расчётном сочетании, можно наложить результаты загрузений о сочетаний нагрузок так же как и результаты других расчётных сочетаний.

Как правило, внутренние силы суммируются. В принципе, вычитания, также возможны. Пожалуйста, обратите внимание, что в этом случае знаки внутренних сил будут обратные: Растягивающие силы станут сжимающими силами и т.д. Таким образом, в качестве альтернативы, рекомендуется скопировать загрузение (см. главу 5.1, страница 187) и установить коэффициент нагрузки до -1.00 для копии загрузения во вкладке диалога *Параметры расчёта*. Затем, загрузение можно добавить в расчётное сочетание.

5.6.1 Заданные пользователем сочетания

Создание нового расчётного сочетания

Есть несколько возможностей, чтобы открыть диалоговое окно нагрузки для создания расчётного сочетания:

- укажите на **Загружения и сочетания** в меню **Вставить** и затем выберите **Расчётные сочетание**
- нажмиме на кнопку [Новое расчётное сочетание] на панели инструментов

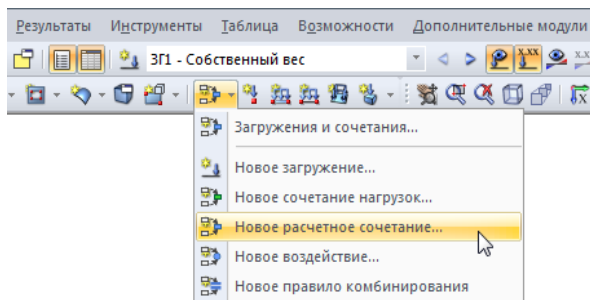
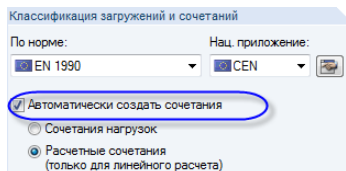


Рисунок 5.38: Кнопка *Новое расчётное сочетание* на панели инструментов

Различие между расчетным сочетанием и сочетанием нагрузки



Окно флажка к окне диалога *Модель - Основные данные*

- используйте контекстное меню навигатора ввода *Расчётные сочетания*

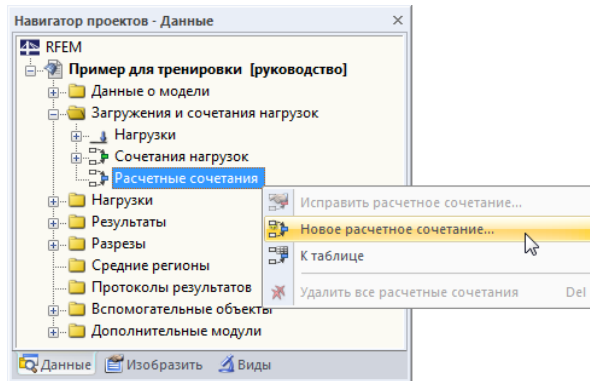


Рисунок 5.39: Контекстное меню *Расчётные сочетания* в навигаторе *Данные*

Появляется диалоговое окно *Изменить загрузки и сочетания нагрузок*. В закладке диалога предустановлено новое расчётное сочетание *Расчётные сочетания*.

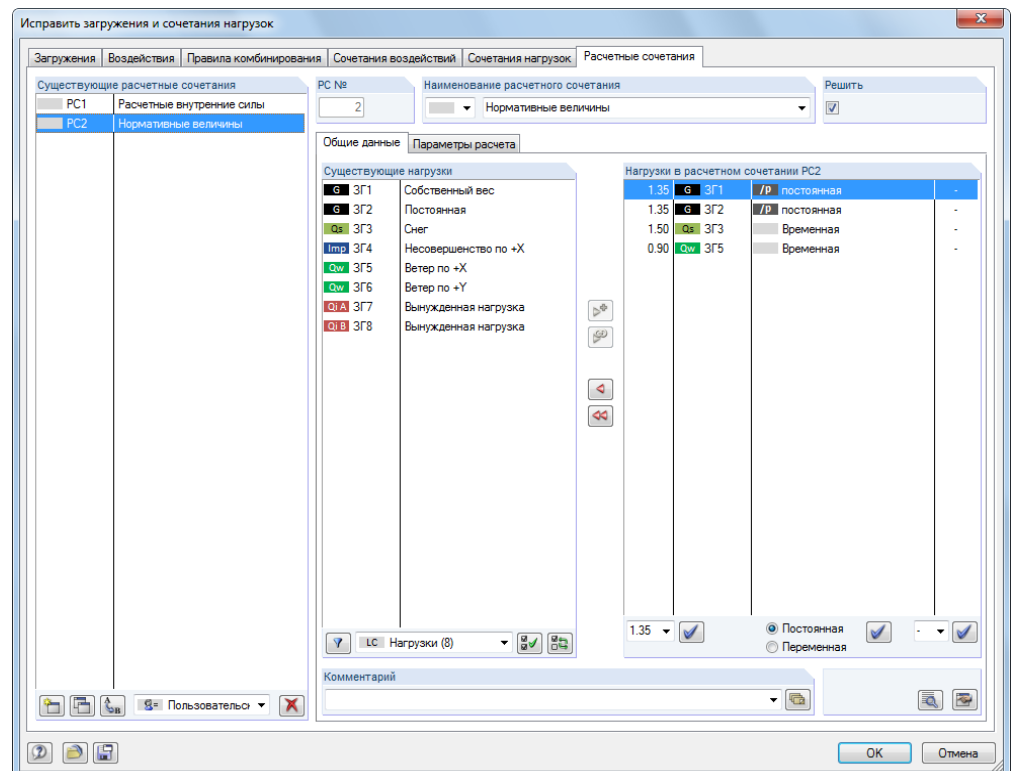
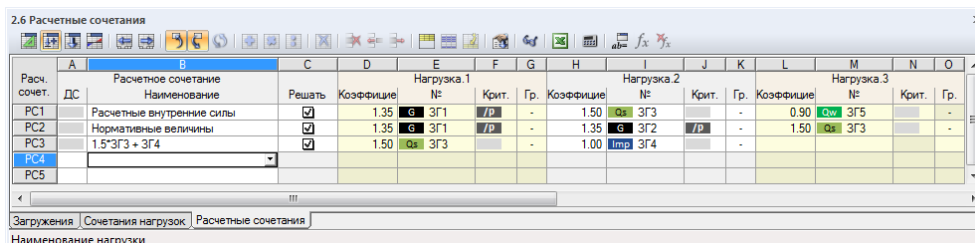


Рисунок 5.40: Диалоговое окно *Редактировать загрузки и сочетания нагрузок*, вкладка *Расчётные сочетания*

Следующее обозначение относится к вкладке *Основные*. Вкладка диалога *Параметры расчёта* описана в разделе 7.3.2 на странице 292.

- Также возможно ввести новое расчётное сочетание в пустую строку таблицы 2.6 *Расчётные сочетания*.



Расч. сочет.	ДС	Расчетное сочетание Наименование	Решать	Нагрузка.1				Нагрузка.2				Нагрузка.3					
				Коэффициент	№	Крит.	Гр.	Коэффициент	№	Крит.	Гр.	Коэффициент	№	Крит.	Гр.		
PC1		Расчетные внутренние силы	<input checked="" type="checkbox"/>	1.35	ЗГ1	У/Р	-	1.50	Св	ЗГ3	-	-	0.90	Св	ЗГ5	-	-
PC2		Нормативные величины	<input checked="" type="checkbox"/>	1.35	ЗГ1	У/Р	-	1.35	Св	ЗГ2	У/Р	-	1.50	Св	ЗГ3	-	-
PC3		1.5*ЗГ3 + ЗГ4	<input checked="" type="checkbox"/>	1.50	Св	ЗГ3	-	1.00	Лтм	ЗГ4	-	-	-	-	-	-	-
PC4																	
PC5																	

Рисунок 5.41: Таблица 2.6 *Расчётные сочетания*

Расчётное сочетание номер

Номер нового расчётного сочетания предварительно установлен, но его можно изменить в поле ввода диалога *PC No*. Порядок расчётных сочетаний Можно также настроить соответственно с помощью кнопки диалога [Перенумеровать] (см. Таблица 5.8 и раздел 11.4.18, страница 519).

Обозначение расчётного сочетания

Можно ввести любое имя вручную. Можно также выбрать имя из списка, чтобы коротко описать 1 расчётное сочетание. Введенные вручную описания хранятся в списке, они также доступны и для других моделей.

Решить

Используйте флажок, чтобы решить, если расчётное сочетание рассматривается в расчёте. Таким образом, можно активировать или исключить расчётные сочетания специально из расчёта.

Загружения и сочетания в расчётном сочетании

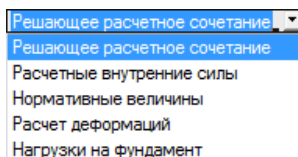
Колонки сообщают Вам о загружениях, нагрузке и расчётных сочетаниях, включая связанные с ними факторы.

Значения, указанные в графе таблицы *Коэффициент* основаны среди прочего на коэффициентах которые зависят от выбранного нормы. Для EN 1990 ими являются частичные коэффициенты надежности γ , коэффициенты комбинирования ψ , уменьшающие коэффициенты ξ и, если применимо, факторы надежности K_{FI} для каждого воздействия в результате расчётной ситуации и категории воздействия.

Для проверки и настройки частичных коэффициентов надежности и коэффициентов сочетаний, соответствующие нормам, используйте кнопку диалога [Коэффициенты сочетаний]. Откроется диалоговое окно *Коэффициенты* в котором вы найдете различные коэффициенты, которые организованы в несколько закладок. Вкладка *Частичные коэффициенты надежности* для EN 1990 показана на Рисунок 12.27 на странице 601. Вкладка *Коэффициенты сочетаний* управляет коэффициентами ψ и ξ (см. Рисунок 5.24, страница 206). Коэффициент надежности K_{FI} может быть определен в поле ввода вкладки диалога *Класс последствий*, но Можно также ввести значение, определённое пользователем.

Формирование нагрузок в расчетное сочетание

В диалоговом окне *Изменить загружения и сочетания нагрузок*, можно наложить загружения, нагрузки и расчётные сочетания в сочетание следующим образом: Выберите соответствующие записи в списке *Существующие нагрузки* с помощью щелчка. Можно нажать клавишу [Ctrl] (как обычно в Windows), чтобы применить множественный выбор (см. Рисунок ниже). Используйте кнопки диалога [►⁺] и [►[∞]] для переноса выбранных записей в список направо *Нагрузка в расчётном сочетании*.



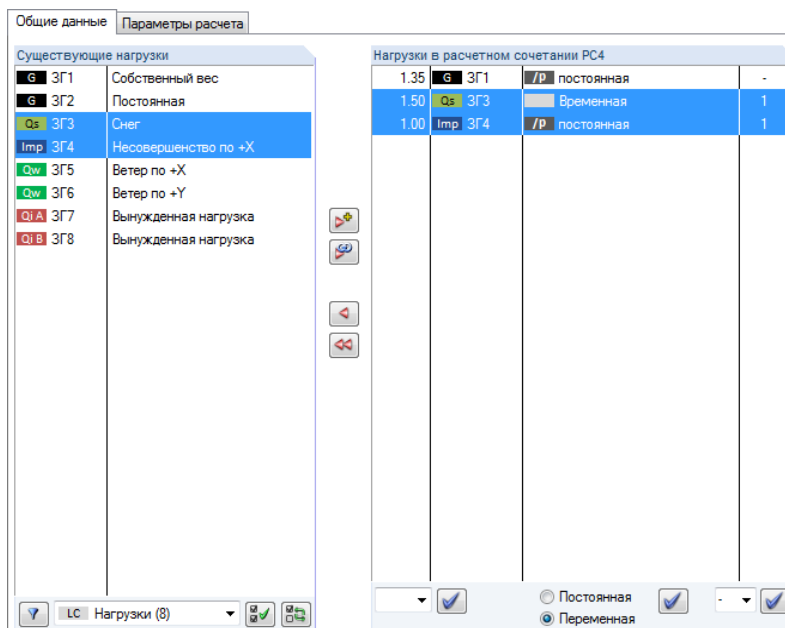
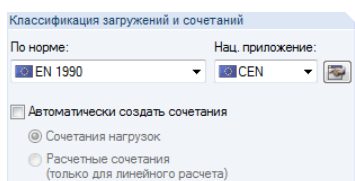
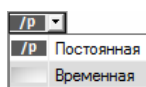


Рисунок 5.42: Многократный выбор для альтернативного анализа двух загружений



Нормативные параметры в диалогом окне
Модель - основные данные



Коэффициента загрузки применяются в соответствии с нормой, установленной в диалогом окне *Модель - основные данные*. Если требуется можно настроить предустановленные частичные коэффициенты надежности (см. раздел 12.2.1, страница 601) с использованием кнопки диалога [Коэффициенты].

Чтобы удалить загрузку из расчётного сочетании, выберите соответствующую запись в разделе диалога *Нагрузки в расчётном сочетании*. Используйте кнопку [◀] или дважды щелкните на запись чтобы вернуть ее раздел диалога *Существующие нагрузки*.

Загружения, расчётные сочетания и сочетания нагрузок, содержащиеся в расчётном сочетании можно наложить в соответствии с их эффектом:

• Критерий нагрузки

Постоянное воздействие

Если вы хотите применить нагрузку постоянно или безусловно, критерий *Постоянный* или */p* должен быть добавлен в нагрузку.

Временное воздействие

Нагрузка с критерием *Временная* рассматривается в суперпозиции, только если ее внутренние силы неблагоприятно влияют на результат.

• Критерии суперпозиции

Сочетание *+*

Результаты нагрузок сочетаются аддитивно в критерием "+". Используйте кнопку [▶⁺] в диалогом окне, чтобы передать отмеченные загрузки, сочетания нагрузок и расчётные сочетания в список определений расчётных сочетаний.

Альтернативное сочетание

Для альтернативного анализа с использованием "или" критерия, соответственно сокращения "O", программа RFEM рассматривает результаты конкретных нагрузок как взаимоисключающие. RFEM будем рассматривать только значения нагрузки с максимально неблагоприятным воздействием. Используйте кнопку диалога [▶[∞]] для передачи выбранных нагрузок в список определений расчётных сочетаний.

Нагрузки, действующие в качестве альтернативы, обозначены тем же номером в колонке таблицы *Группа*.

Критерий "орто" (*или*) сочетает в себе список альтернативных нагрузок от первого до последнего объекта. Объекты, находящиеся в между, не перечислены.

Все нагрузки, перечисленные в альтернативной группе сочетаний, должны быть отмечены последовательно, как "Постоянная" или "Переменная". Таким образом, не допускается ввод, например "ЗГ1 /р или ЗГ2".

Можно настроить коэффициенты переданных нагрузок индивидуально: Выберите нагрузку(и) в списка *Нагрузка в расчётном сочетании*, а затем введите соответствующий коэффициент в поле ввода. Можно также использовать список, чтобы выбрать коэффициент. Наконец, нажмите кнопку [Установить коэффициент], чтобы применить новый коэффициент для нагрузки (ок).

Аналогично, можно впоследствии изменить критерии нагрузки (постоянный или переменный эффект) или членство в группе альтернативной нагрузки. Чтобы назначить новый критерий для выбранной нагрузки, используйте кнопку диалога [Установить].

Несколько опций фильтра доступны под перечном *Существующая нагрузка*. С помощью опции помощи легче назначить нагрузки, упорядоченные по загрузениям, сочетания нагрузок и расчётные сочетания, а также 1 категории воздействий. Кроме того, можно ограничить список нагрузок, которые еще не назначены. Кнопки описаны в Таблица 5.8 на странице 223.

Можно определить расчётные сочетания вручную в отдельном диалоговом окне. Чтобы открыть его, нажмите кнопку [Редактировать] в правом нижнем углу диалогового окна *Редактировать загрузки и сочетания нагрузок*.

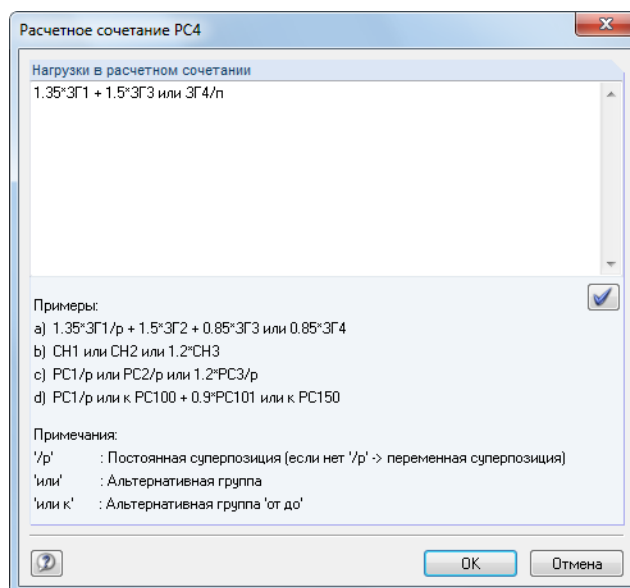
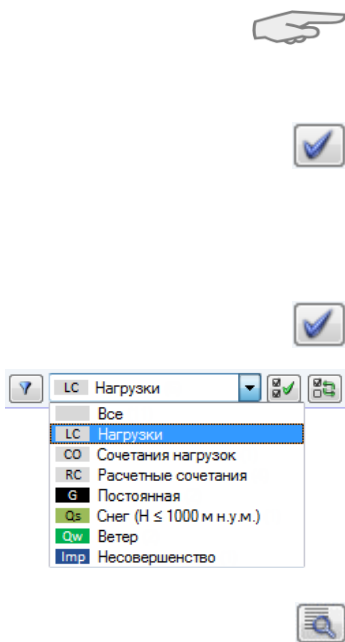


Рисунок 5.43: Диалоговое окно *Расчётные сочетания* для определения с помощью строки окна

Откроется диалоговое окно, в котором предлагается поле ввода *Нагрузка в расчётном сочетании* где загрузки могут быть добавлены с помощью любого коэффициента или сочетания с "или" критерием. Однако осуществление ввода не допускается.

Примеры:

- **ЗГ1/р + ЗГ2/р + ЗГ3**
Загружения 1 и 2 накладываются как постоянные, загружение 3 как переменное.
- **ЗГ1/р + СН2 + ЗГ3 или ЗГ4 или ЗГ5** (Можно также записать как **ЗГ/р + СН2 + ЗГ3 или даже ЗГ5**)

Загружение 1 рассматривается как постоянное в наложении, сочетание нагрузки 2 как переменное. Наиболее неблагоприятный случай загружений 3, 4 или 5, также накладывается с критерием "переменный" (это означает, что только один из них является эффективным - если они приводят к увеличению значения результатов).

- **$1.2 \cdot SN1/p + 0.2 \cdot PC1$ или $-0.2 \cdot PC1$**

1.2 раза из сочетания нагрузок 1 накладывается как постоянные с наиболее неблагоприятным воздействием положительного или отрицательного результата 0.2 раза комбинации 1.

- **PC1/p или PC2/p или PC3/p или PC4/p (можно представить также как PC1/p или даже PC4/p)**

Расчётные сочетания от 1 до 4 сравниваются друг с другом в качестве постоянного воздействия. Конверт определяется как наиболее неблагоприятный результат.



Используйте кнопку [Настроить] для переноса записи в список *Нагрузки в расчётном сочетании* первоначального окна диалога.

Комментарий

Введите определённые пользователем сведения или выберите запись из списка, чтобы описать расчётное сочетание подробно.

Параметры расчёта

Вкладка *Параметры расчёта* диалогового окна нагрузки предлагает различные опции для проверки расчёта. Найдите подробное описание данных параметров в разделе 7.3.1 на странице 284.

Редактирование расчётных сочетаний

Есть несколько возможностей, чтобы впоследствии изменить расчётные сочетания:

- укажите на **Загружения и сочетания** в меню **Вставить** и затем нажмите на **Расчётные сочетания**
- используйте контекстное меню или дважды щелкните на расчётное сочетание в навигаторе *Данные*

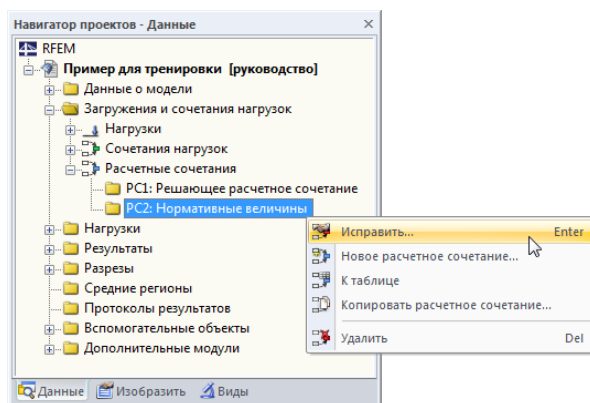


Рисунок 5.44: Контекстное меню расчётного сочетания

В диалоговом окне *Редактировать загрузки и сочетания нагрузок* (см. Рисунок 5.40, страница 218), выберите SN с помощью щелчка. Затем, можно редактировать критерия определения.

Кнопки

В диалоговом окне *Изменить загрузки и сочетания нагрузок*, доступно несколько кнопок под перечнями *Существующие расчётные сочетания* и *Существующие нагрузки*. Кнопки имеют следующие функции:








	Создает новое расчётное сочетание
	Создает новое расчётное сочетание как копию выбранного сочетания
	Назначает новый номер выбранного расчётного сочетания. Указывает номер в отдельном диалоговом окне. Не допускается ввод номера РС, который уже был назначен.
	Удаляет выбранное расчётное сочетание
	Список показывает только загрузки, которые еще не содержатся в расчётном сочетании.
	Выбирает все загрузки в списке
	Изменяет выбор загрузений

Таблица 5.8: Кнопки в вкладке *Расчётные сочетания*

5.6.2 Сгенерированные сочетания

При переключении во вкладку диалога *Расчётные сочетания* или в таблицу 2.6, RFEM создает сочетания автоматически. Так как загрузки не накладывается вручную, вкладка *Общие* выглядит иначе (см. Рисунок 5.40, страница 218 для определяемых пользователем сочетаний).

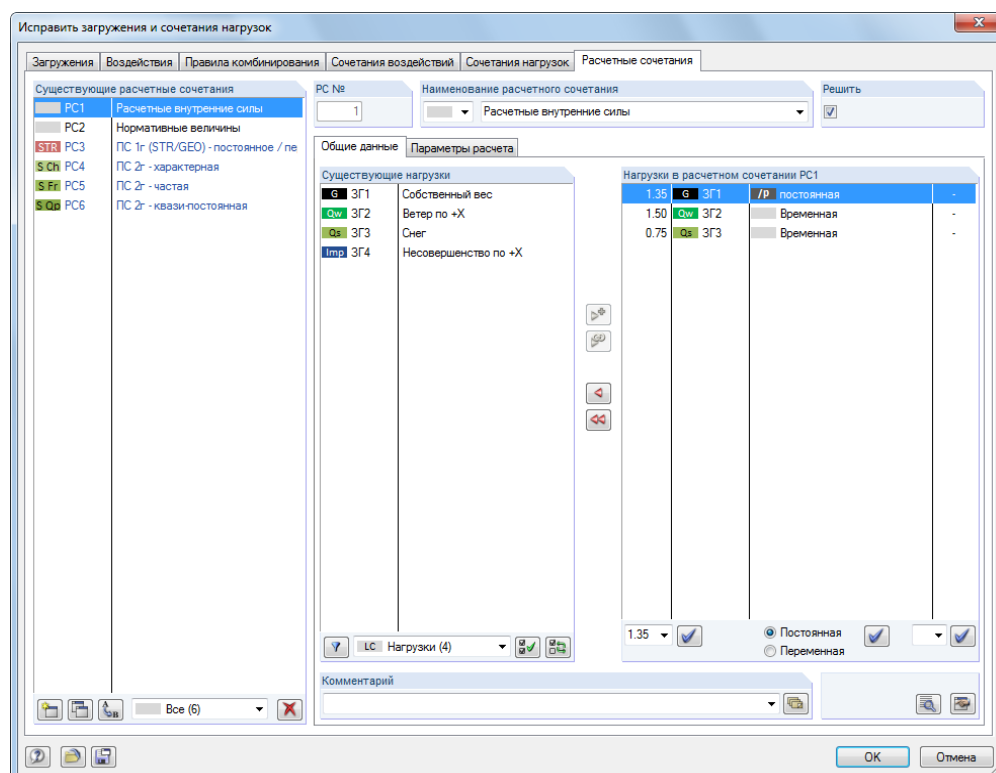
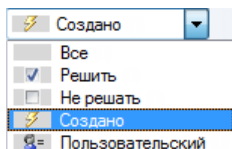


Рисунок 5.45: Диалоговое окно *Редактировать загрузки и сочетания нагрузок*, вкладка *Расчётные сочетания*

Расчётное сочетание номер

Расчётные сочетания, полученные от сочетаний воздействий, последовательно пронумерованы.



Можно фильтровать созданные сочетания по различным критериям, с помощью поля выбора в нижнем левом углу под разделом диалога *Существующие расчётные сочетания*.

Обозначение расчётного сочетания

RFEM присваивает краткие описания, основанные на коэффициентах надежности и номерах загружений, с учетом правил комбинирования. При необходимости, можно изменить эти описания.



Нажмите на кнопку диалога [◀] для того чтобы возвратиться во вкладку диалога *Сочетания воздействий* (см. раздел 5.4, страница 204), в котором было выбрано сочетание воздействий, с помощью которого было создано текущее расчётное сочетание.

Решить

Флажок управляет определением результатов для выбранного слева расчётного сочетания (й).

Загружения и сочетания в расчётном сочетании

Колонки сообщают Вам о загружениях, включая соответствующие коэффициента надежности и коэффициенты комбинирования. Коэффициенты создаваемых сочетаний изменить не возможно.

Если предполагается *Ведущее* загружение в сочетании, то оно соответственно отмечается в диалоговом окне.



Для проверки, и по необходимости для назначения частичных коэффициентов надежности и коэффициентов сочетаний, используйте кнопку диалога [Коэффициенты сочетаний]. Диалоговое окно *Коэффициенты* подразделяется на несколько закладок (см. Рисунок 12.27, страница 601 и Рисунок 5.24, страница 206).

Добавление расчётных сочетаний

Созданные расчётные сочетания не могут быть редактированы, но их можно удалить или исключить из расчёта с использованием флажка *Решить*.



С помощью кнопки [Новый] в левом нижнем углу под разделом диалога *Существующие расчётные сочетания* можно добавлять определяемые пользователем сочетания. Чтобы включить ручное определение, вкладка диалога *Основные* изменяет свой внешний вид.

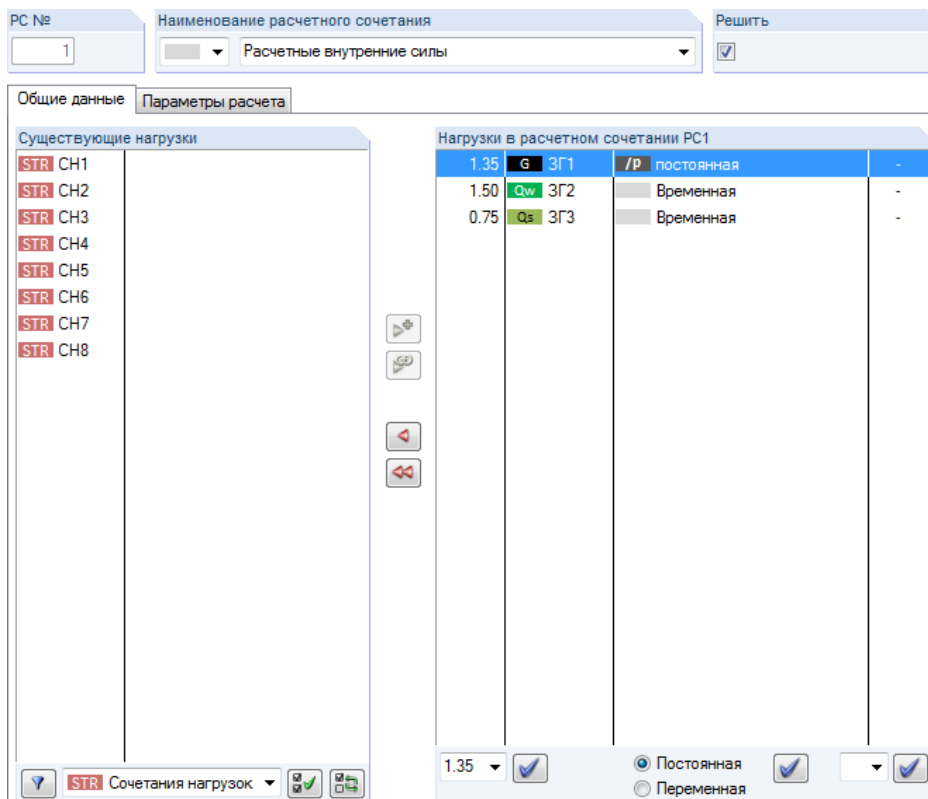


Рисунок 5.46: Добавление расчётного сочетания, определённого пользователем

В предыдущей главе 5.6.1 подробно описано, как расчётные сочетания могут быть созданы вручную.

5.7 Схема сочетаний

Совокупность загрузений можно сохранить как схемы сочетаний и повторно использовать для подобных приложений. Чтобы открыть соответствующее диалоговое окно, выберите **Схема комбинирования** в меню **Инструменты**.

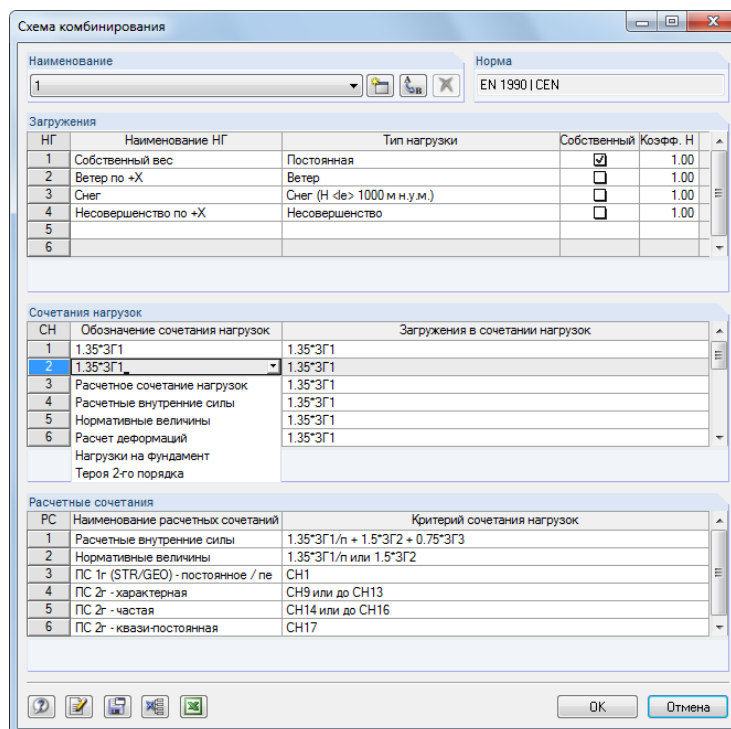


Рисунок 5.47: Диалоговое окно *Схема комбинирования*



В разделе диалога *Описание*, можно выбрать схему комбинирования из списка. Можно также использовать кнопку [Новый, чтобы создать новую схему.

Когда загрузки уже определены в модели, они вводятся в разделы диалога *Загружения*. Загружения могут быть добавлены, с подтверждением последней строки списка с помощью клавиши [Ввод] или [Закладка]. В графе диалога *Обозначение ЗГ*, можно выбрать предварительно определённые описания из списка.

Разделы диалога *Сочетания нагрузок* и *Расчётные сочетания* управляют условиями наложения для сочетаний нагрузок (см. раздел 5.5) и расчётными сочетаниями (см. раздел 5.6).



Для сохранения схемы сочетания нажмите на кнопку [Сохранить], которая отображена слева. Отметьте диалоговое окно с помощью кнопки [OK] поэтому программа RFEM может создать загрузки, нагрузки и расчётные сочетания.



Не забудьте ввести нагрузку: Схема сочетания создает только рамку загрузений, нагрузок и расчётных сочетаний!

Для моделей, которые основаны на такой схеме нагрузок, можно генерировать все загрузки, нагрузки и расчётные сочетания без ввода каких-либо других данных. Откройте Диалоговое окно схемы, выберите схему сочетания из списка *Обозначение* и импортируйте ее с помощью щелчка на [OK].

6. Нагрузка

RFEM предлагает различные возможности ввода нагрузок: Можно определять нагрузки в **диалоговом окне**, **таблице** и часто непосредственно в **графике**.

Открытие диалоговое окно ввода

Диалоговые окна ввода и в графическом виде ввод можно открыть различными способами.

Меню Вставка

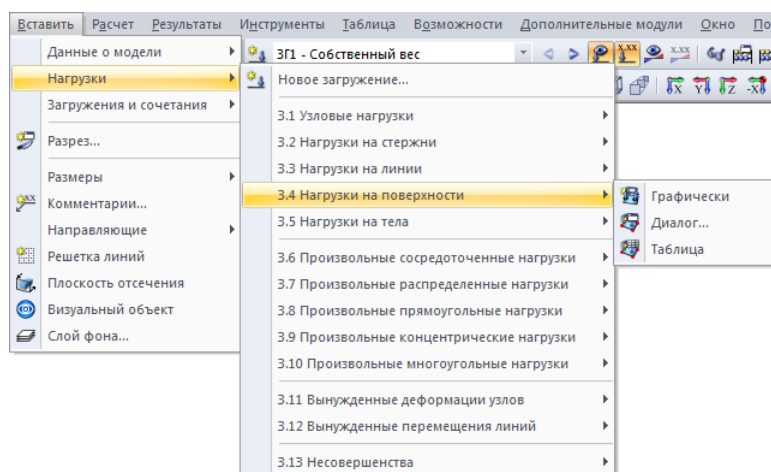


Рисунок 6.1: Меню Вставить → Нагрузки

Панель инструментов Вставка



Рисунок 6.2: Панель инструментов Вставить

Контекстное меню в навигаторе Данные

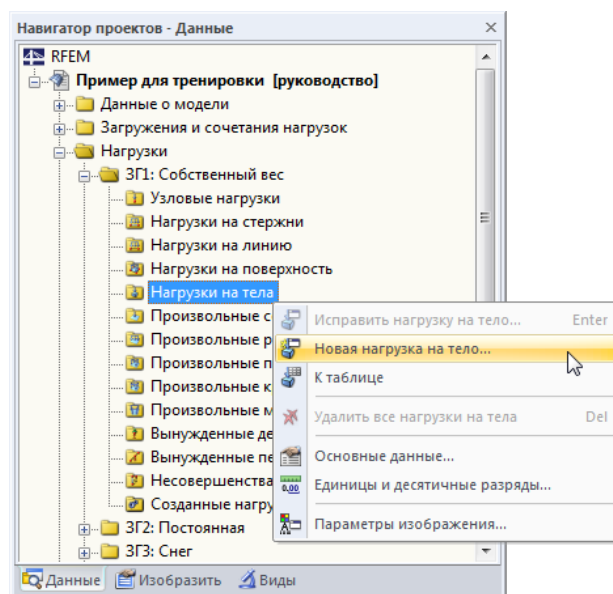


Рисунок 6.3: Контекстное меню объектов нагрузки в навигаторе Данные



Контекстное меню или двойной щелчок в таблице

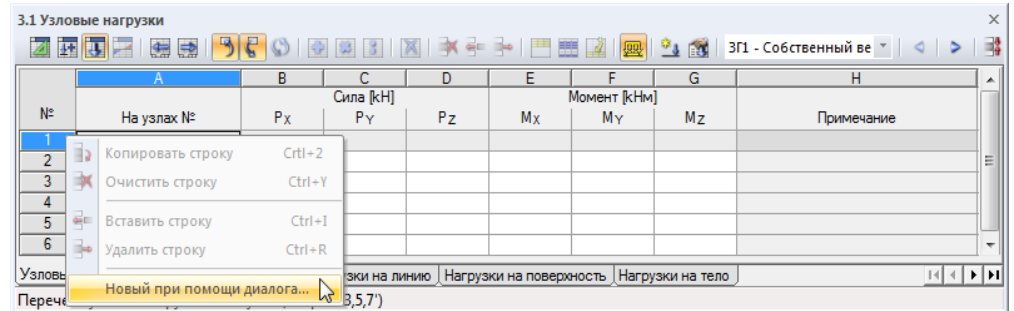


Рисунок 6.4: Контекстное меню в таблицах нагрузки

Диалоговое окно ввода открывается с помощью контекстного меню (или двойного щелчка) в строке номера.

Открытие диалоговое окно для редактирования данных

RFEM предлагает различные возможности открытия диалогового окна для редактирования объектов нагрузок.

Меню *Редактировать*

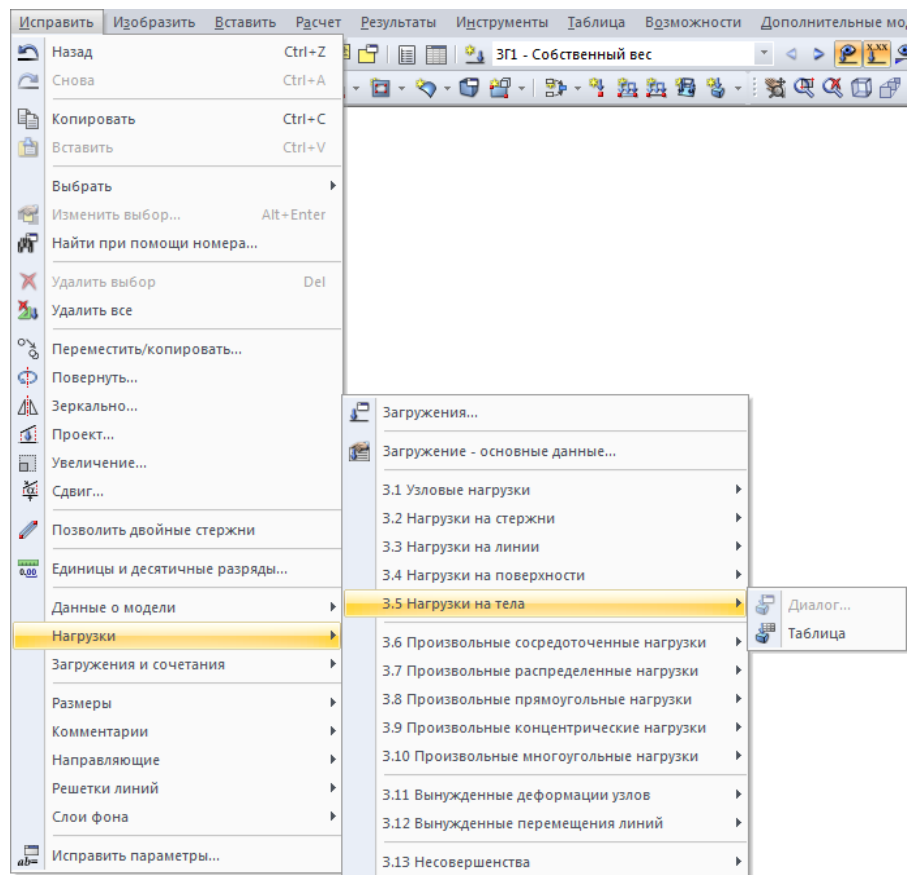


Рисунок 6.5: Меню *Редактировать* → *Нагрузки*

Опции меню *Диалог* можно достигнуть только если нагрузка на объект была предварительно выбрана.

Контекстное меню объектов в графическом окне или двойной щелчок на них

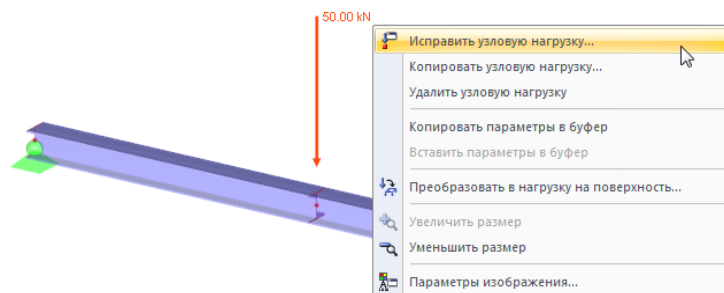


Рисунок 6.6: Контекстное меню нагрузки в рабочем окне

Контекстное меню в навигаторе *Данные* или двойной щелчок на них

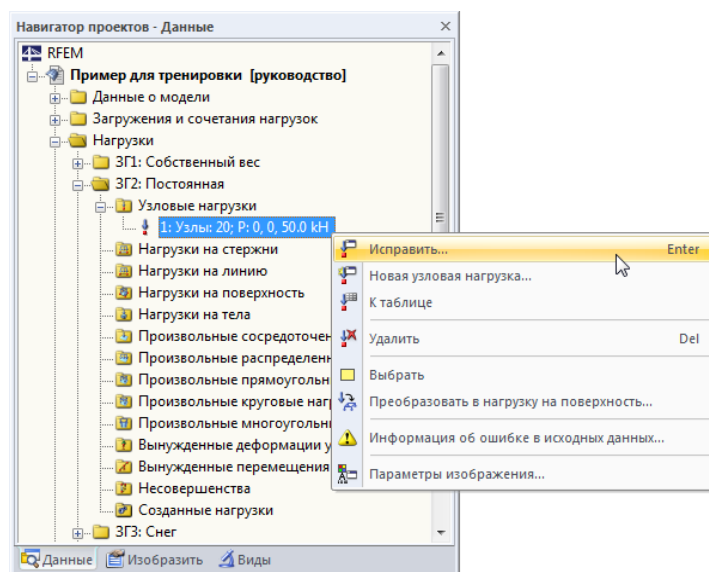


Рисунок 6.7: Контекстное меню объектов нагрузки в навигаторе Данные

Контекстное меню или двойной щелчок в таблице

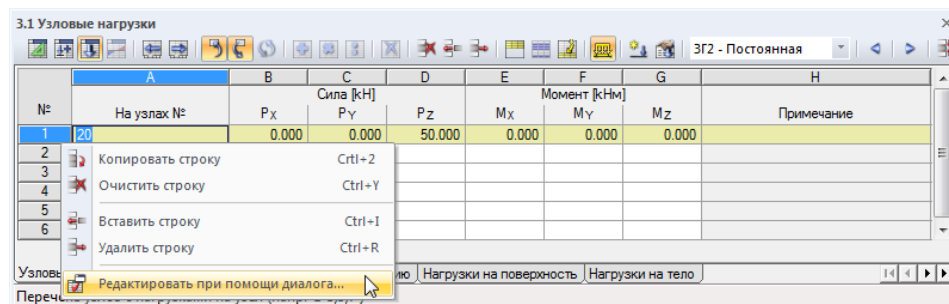


Рисунок 6.8: Контекстное меню в таблицах нагрузки

Диалоговое окно редактирования открывается с помощью контекстного меню (или двойного щелчка) в строке номера.

Ввод в таблицах



Введенные данные и изменения, которые проводятся в графическом интерфейсе пользователя, немедленно отображаются в таблицах и наоборот. Чтобы открыть таблицы нагрузок, используйте кнопку слева, доступную в таблице на панели инструментов.

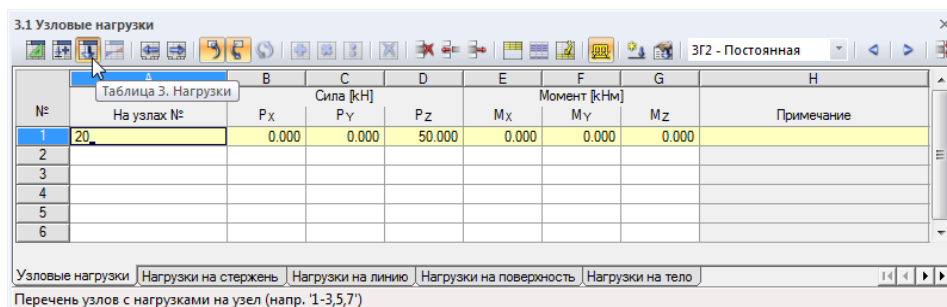


Рисунок 6.9: Кнопка [Таблица 3. Нагрузок]

Ввода данных в форму листов данных в таблицах можно быстро отредактировать и импортировать (см. раздел 11.5, страница 519).

В каждом окне диалога и таблице можно добавить характерный для нагрузки *Комментарий*. Можно также использовать предварительно установленные (см. раздел 11.1.4, страница 453).



Для проверки, если нагрузки также перечислены строчка по строчке или суммированы в текущей таблице, или соответственно, во всех таблицах, выберите **Оптимизировать данные о нагрузке** в меню **Таблица**. Можно также использовать кнопки на панели инструментов таблицы, отображенные налево, для активации настроек. Вы найдете кнопки справа от перечня загрузений.

6.1 Нагрузка в узле

Общее описание



Узловые нагрузки представляют собой силы и моменты, которые действуют в узлах (см. раздел 4.1, страница 46).

Чтобы применить узловую нагрузку, узле должен быть сначала определен.

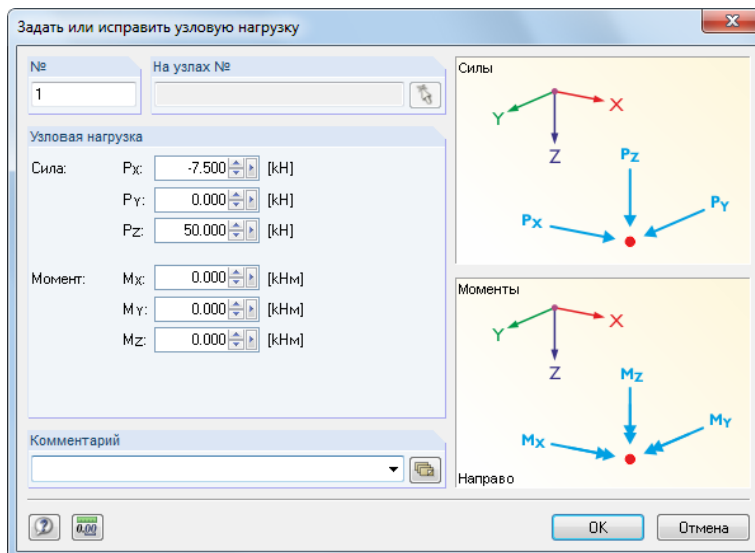


Рисунок 6.10: Диалоговое окно *Новая узловая нагрузка*

3.1 Узловые нагрузки								
№	На узлах №	Сила [кН]			Момент [кНм]			Примечание
		P _x	P _y	P _z	M _x	M _y	M _z	
1	2	-7.500	0.000	50.000	0.000	0.000	0.000	
2	1,11	0.000	0.000	12.350	0.000	0.000	0.000	
3								
4								
5								
6								

Рисунок 6.11: Таблица 3.1 *Узловые нагрузки*

Номер узловой нагрузки назначается автоматически в диалоговом окне *Новая узловая нагрузка*, но его можно изменить с поле ввода. Порядок нумерации не имеет значения.

На узлах номер



В поле ввода, введите номера узлов, в которых действует нагрузка. В диалоговом окне *Новая узловая нагрузка*, можно выбрать узлы также в графическом виде в помощью функции [↵].



Когда вы выбрали в графическом виде ввод, нажав кнопку на панели инструментов, поле ввода отключено, и вы должны сначала ввести данные нагрузки. После нажатия [OK] можно выбрать соответствующие узлы один за другим в рабочем окне.

Сила P_x / P_y / P_z

Узловая сила представляет вектор, относящийся к глобальной системе координат. Если сила не действует параллельно к одной из глобальных осей, то ее компоненты X, Y и Z должны быть определены и введены в соответствующие поля ввода.

Когда тип модели был ограничен плоской системой в диалоговом окне *Основные данные*, у вас нет доступа ко всем трем полям ввода или графам таблицы.

Момент M_x / M_y / M_z

Узловые моменты также относятся к глобальной системе координат X,Y,Z. Тем не менее, момент, который действует в пологом направлении, должен быть разделен на его X, Y и Z-составляющие, которые могут быть введены в соответствующие поля ввода.



Положительный момент действует по часовой стрелке вокруг соответствующей положительной глобальной оси. Ввод осуществляется более прозрачно с помощью глобальных осей координат, которые представлены в графике RFEM.

В дополнение к векторам, моменты могут быть представлены в виде арок. Для проверки настроек отображения (см. раздел 11.1.2, страница 449),

укажите на **Изобразить свойства** в меню **Дополнения**, и выберите **Редактировать**.

Открывается Диалоговое окно *Изобразить свойства*, в котором вы настраиваете *Категория Нагрузок* → *Узловые нагрузки* → *Узловые моменты*. Затем, опция отображения *Дуга* доступна для выбора в закладке справа.

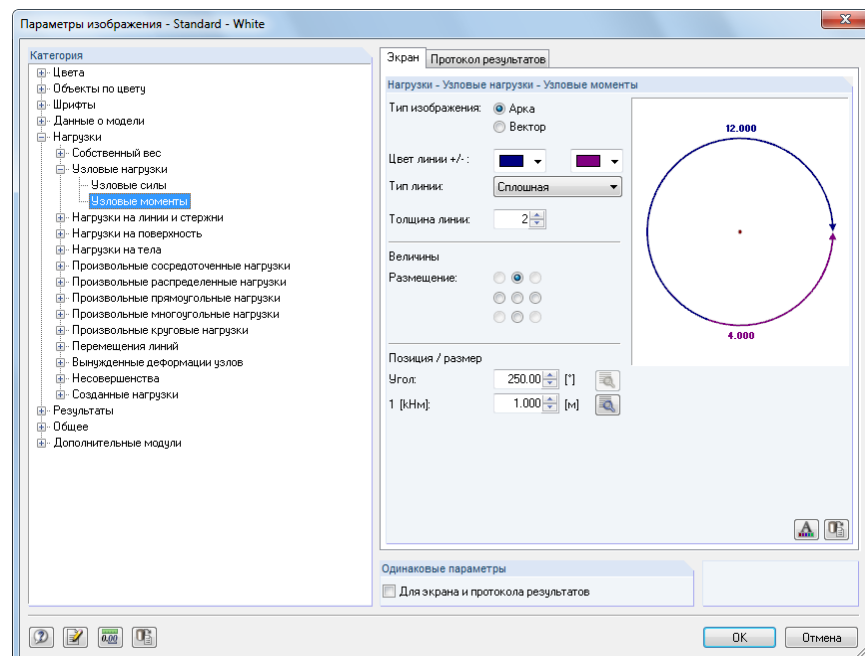


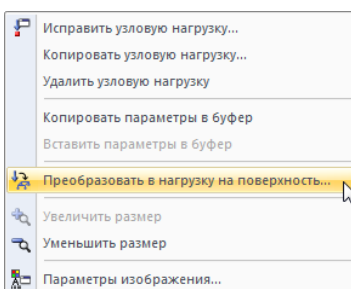
Рисунок 6.12: Диалоговое окно *Изобразить свойства* (раздел диалога): *Узловые моменты* с опцией отображения *Дуга*



Также возможно импортировать узловые нагрузки из листов Excel (см. раздел 12.5.2, страница 615).

Часто, узловые нагрузки resultуют в исключения, потому что нагрузка концентрирована когда она помещена в отдельный узел KE. для сокращения данного эффект, выберите **Конвертировать узловую/линейную нагрузку в поверхностную нагрузку** в меню **Инструменты**. Можно также использовать контекстное меню узловой нагрузки, отображенное слева от доступа к диалоговому окну для конвертации узловых нагрузок. Откройте контекстное меню с помощью щелчка на объект.

Откроется диалоговое окно (см. Рисунок 6.13), в котором вы определяете параметры для распределения нагрузки. После щелчка на [OK] будет создана соответствующая свободная прямоугольная или круговая нагрузка.



Контекстное меню условий нагрузки

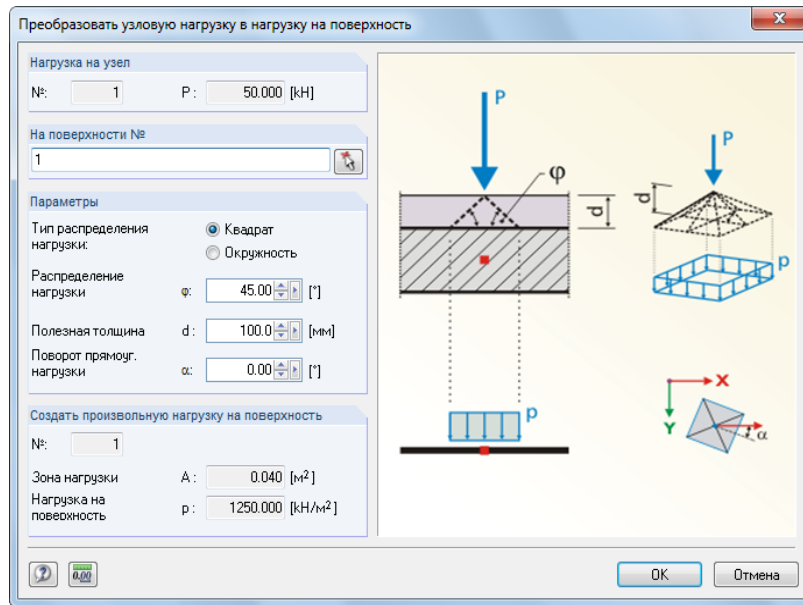


Рисунок 6.13: Диалоговое окно *Преобразовать узловую нагрузку в нагрузку на поверхность*

6.2 Нагрузка на стержень

Общее описание

Нагрузки на стержни представляют собой силы, температурные воздействия или введенные деформации, которые действуют на стержни.

Чтобы применить нагрузку на стержень, стержень должен быть сначала определен.

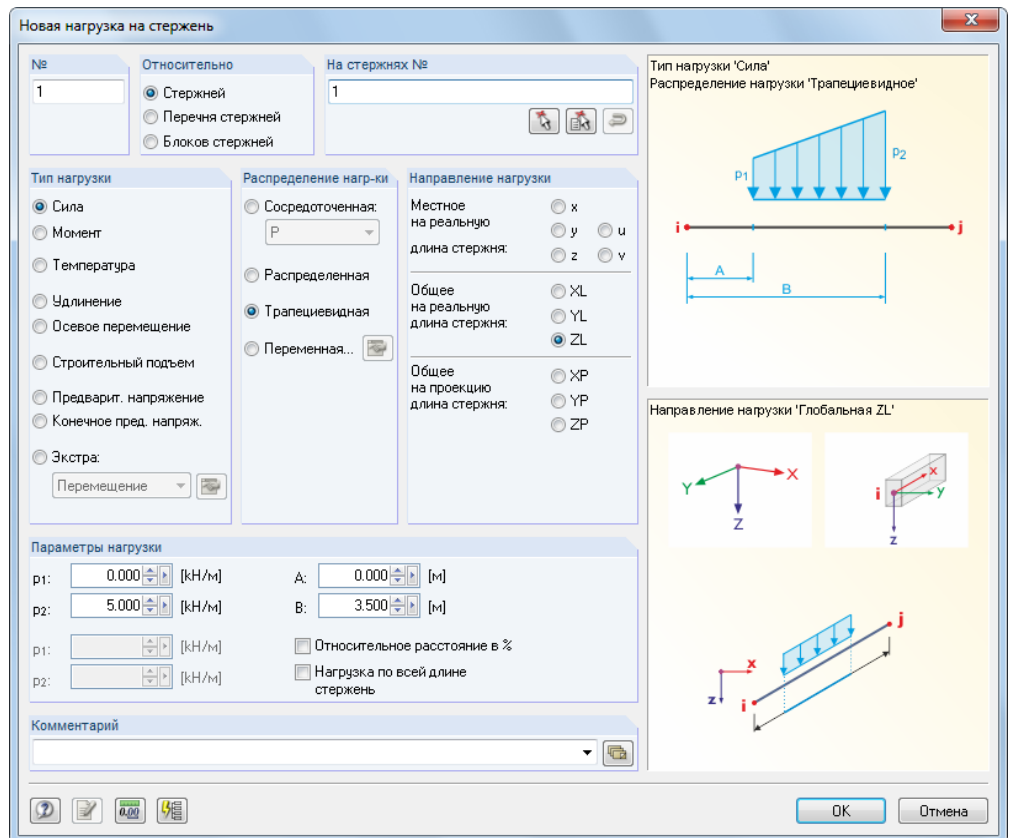


Рисунок 6.14: Диалоговое окно *Новая нагрузка на стержень*

3.2 Нагрузки на стержень

№	Относительно	На блоках стержней	C		E	F	G	H	I	J	K	L	M
			Тип нагрузки	Нагрузка									
1	Стержни	1	Сила	Трапециевидные	x	15.000		5.000	0.000	3.500	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	Перечень стержней	12	Предварит. на	Достоянная	x	5.000					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	Блоки стержней	10	Сила	Сосредоточенные	z	0.000			0.000		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	Перечень стержней	2,4	Сила	двые	z	15.000		10.000	0.000	1.000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5			Момент										
6			Температура										
7			Прод. деформация										
8			Прод. перемещение										
9			Строительный подъем										
			Предварит. напряжение										
			Конечное пред. напряж.										
			Перемещение										
			Наклон										

Условные нагрузки | Нагрузки на стержень | Наг | поверхность | Нагрузки на тело | Произвольные сосредоточенные нагрузки

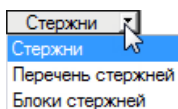
Тип нагрузки (F7 для выбора)

Рисунок 6.15: Таблица 3.2 Нагрузки на стержень

Номер нагрузки на стержень назначается автоматически в диалоговом окне *Новая нагрузка на стержень*, но его можно изменить с поле ввода. Порядок нумерации не имеет значения.

Соотнести к

Определите элементы модели, к которым вы хотите применить нагрузку на стержень. Могут быть выбраны следующие опции:



Стержни

Нагрузка действует на отдельный стержень или на каждый стержень из нескольких стержней.

Список стержней

Нагрузка действует на соединение стержней, которое определено в списке. Поэтому, когда используются трапециевидные нагрузки на стержень, параметры нагрузки на применяются к каждому стержню индивидуально, а как общая нагрузка на все стержни списка стержней. Воздействия нагрузки трапециевидных нагрузок на стержень на отдельные стержни контрастирует к перечню стержней, который показан на Рисунок 6.16.

Воспользуйтесь перечнем стержней чтобы применить нагрузки на все стержни без определения непрерывных стержней. Более того, можно быстро изменить соответствие нагрузки отдельным стержням.

Блоки стержней

Нагрузка действует на блок стержней или на каждый блок из нескольких блоков стержней. Также как и список стержней описанный выше, параметры нагрузки применяются к соединению стержней, включенные в блок стержней.

Блоки стержней разделяются на непрерывные стержни и группы стержней (см. раздел 4.21, страница 171). Нагрузки на блоках стержней можно применить к непрерывным стержням без каких-либо проблем. К группам стержней, однако, требуется относиться внимательно: Соответствие группе стержней обычно проблематичное для трапециевидных нагрузок.

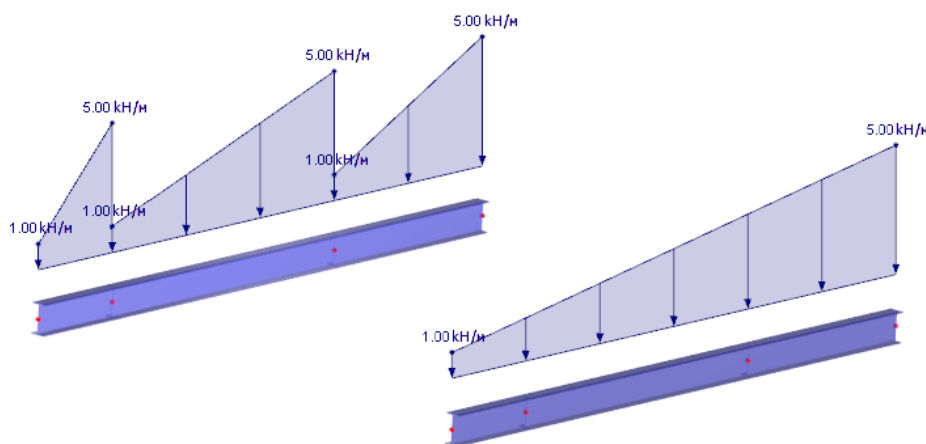


Рисунок 6.16: Трапециoidalная нагрузка в соответствии со стержнем (слева) и список стержней (справа)

На стержнях номер

В поле ввода, введите номера стержней или блоков стержней, на которые действует нагрузка. В диалоговом окне можно выбрать узлы также в графическом виде с помощью функции [^].

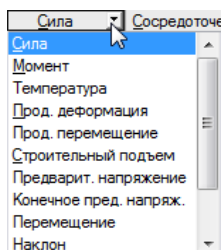
Когда вы выбрали в графическом виде ввод, нажав кнопку на панели инструментов, поле ввода отключено, и вы должны сначала ввести данные нагрузки. После нажатия [OK] можно выбрать соответствующие стержни или блоки стержней один за другим в рабочем окне.

Для трапециевидной или переменной нагрузки со ссылкой нагрузки на список стержней, можно настроить номера стержней с помощью кнопки [Перевернуть направление стержней], показанной слева.

Тип нагрузки

В этом диалоговом разделе вы определяете тип нагрузки. В зависимости от вашего выбора, определённые части диалогового окна, соответственно колонки таблицы, будут отключены. Могут быть выбраны следующие типы нагрузок:

Тип нагрузки	Краткое описание
Сила	Сосредоточенная нагрузка, распределенная нагрузка или трапециевидная нагрузка
Момент	Сосредоточенный момент, распределенный момент или трапециевидный момент
Температура	Температурная нагрузка, равномерно распределенная по сечению стержня, или разница температуры между верхней и нижней стороной стержня Нагрузка применяется как единая или трапециевидная на длине стержня или как трапециевидная на сечении. Положительное значение нагрузки означает, что стержень или верхняя часть нагреваются.
Удлинение	Вынужденное растяжение или сжатие Δ стержня Положительное значение нагрузки означает, что стержень растягивается. Таким образом, предварительное напряжение, как сокращение стержня, должно быть введено отрицательно. Используйте кнопку диалога, показанную слева, чтобы определить нагрузку из-за усадки от параметров для сокращения и усадки при высыхании (см. Рисунок 6.24 с описанием на страница 247).



Осевое перемещение	Вынужденное растяжение или сжатие Δl стержня
Кривизна	Вынужденная кривизна стержня
Предварительное напряжение	Сила предварительного напряжения действующая на стержень перед расчётом Положительное значение нагрузки означает, что стержень растягивается.
Конец предварительного напряжения	Осевая сила будет доступна на стержне после расчёта (не возможно для жестких стержней и канатов) Положительное значение нагрузки означает, что стержень растягивается.
Перемещение	Перемещение количества Δ для определения линий влияния
Вращение	Вращение вокруг угла ϕ для линий влияния
Заполнение трубы - полное	Равномерная нагрузка в связи с полным заполнением трубы Укажите плотность веса γ содержания трубы.
Заполнение трубы - частичное	Равномерная нагрузка в связи с частичным заполнением трубы В дополнение к плотности веса γ содержания трубы, укажите высоту заполнения d .
Вращение	Центробежная сила от массы и угловой скорости ω на стержне Ось вращения может быть определена в отдельном диалоговом окне, открываемом с помощью кнопки [Редактировать].

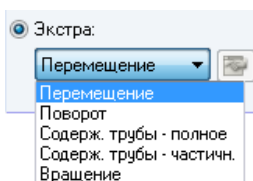
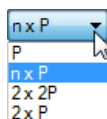


Таблица 6.1: Типы нагрузок

Графика в правом углу диалогового окна отображает выбранный тип нагрузки, включая влияния знаков, установленных для сил и деформаций.

Распределение нагрузки

В разделе диалога *Распределение нагрузки* предлагаются различные варианты для представления эффекта нагрузки. Диалоговая графика в правом верхнем углу может помочь вам его понять.



Составные нагрузки

Распределение	Диаграмма	Описание
Сосредоточенная P	<p>Тип нагрузки "Сила" Распределение нагрузки "Сосредоточенное"</p> 	<p>Сосредоточенная нагрузка, сосредоточенный момент</p> <p>В разделе диалога <i>Параметры нагрузки</i>, укажите размер сосредоточенной нагрузки или момент и расстояние точки приложения нагрузки по отношению к началу стержня.</p>
Сосредоточенная n x P	<p>Тип нагрузки "Сила" Распределение нагрузки "n x P"</p> 	<p>Составные сосредоточенные нагрузки или моменты</p> <p>Список предлагает несколько вариантов для пар нагрузок или нескольких сосредоточенных нагрузок, таких как осевые нагрузок.</p> <p>Опция, показанная слева, подходит для одиночных сил, которые равны по размеру и действуют с равномерным шагом. В раз-</p>

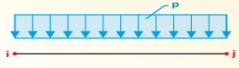
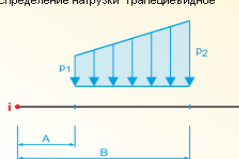
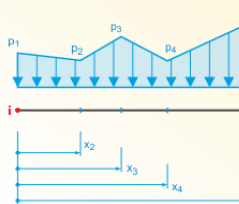
		деле диалога <i>Параметры нагрузки</i> , определите размер сосредоточенной нагрузки, расстояние между первой нагрузкой и началом стержня, а также расстояние нагрузок друг от друга.
Равномерная	<p>Тип нагрузки 'Сила' Распределение нагрузки 'Постоянное'</p> 	<p>Равномерно распределённая нагрузка, равномерно распределённый момент</p> <p>В разделе диалога <i>Параметры нагрузки</i>, укажите размер равномерной нагрузки стержня или момент.</p>
Трапециевидная	<p>Тип нагрузки 'Сила' Распределение нагрузки 'Трапециевидное'</p> 	<p>Трапециевидная нагрузка, трапециевидный момент</p> <p>В разделе диалога <i>Параметры нагрузки</i>, определите оба значения нагрузки и расстояния для распространения линейно переменной нагрузки, как показано на графике диалога. Треугольная нагрузка создается путем установки одного значения нагрузки до нуля.</p> <p>Если отмечен флажок <i>Относительное рас-</i></p>
Переменная	<p>Тип нагрузки 'Сила' Распределение нагрузки 'Переменное'</p> 	<p>Полигонально распределенная нагрузка</p> <p>При нажатии кнопки [Редактировать переменную нагрузку], показанной слева, открывается диалоговое окно, показанное на Рисунок 6.17, где можно ввести или импортировать параметры распределения нагрузки.</p>



Таблица 6.2: Распределения нагрузки

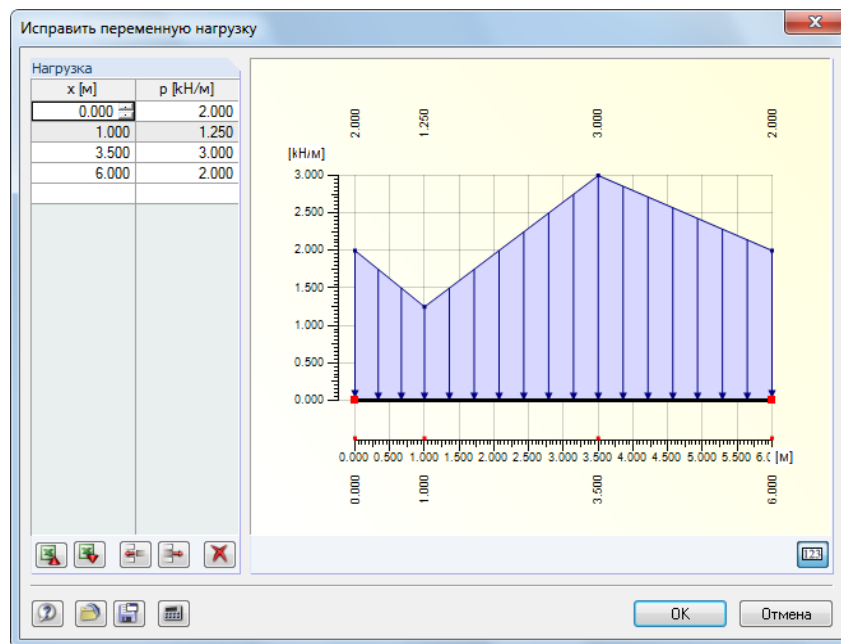


Рисунок 6.17: Диалоговое окно *Редактировать переменную нагрузку*

Если вы хотите представить переменную нагрузку, можно свободно определить x - местоположением стержня с соответствующими координатами нагрузки p . Вы только должны удостовериться, что x -местоположения определяются в порядок возрастания. Используйте синхронизирующуюся графику для немедленной проверки введенных данных.

Кнопки в этом диалоговом имеют следующие функции:






Кнопка	Функция
	Экспорт таблицы в MS Excel
	Импорт таблицы из MS Excel
	Вставка пустой строки выше указателя
	Удаляет активную строку
	Удаляет все вводы

Таблица 6.3: Кнопки диалогового окна *Редактировать переменную нагрузку*

Направление нагрузки

Нагрузка может быть эффективной в направлении глобальных осей X, Y, Z или локальных осей стержня x, y, z или u, v (см. главу 4.13, страница 129). Для расчёта согласно линейно статическому анализу не имеет значения, является ли нагрузка определённой как локальная или эквивалентно глобальной. Для геометрически нелинейных расчётов, однако, различия между локально и глобально определёнными нагрузками возможны: Если нагрузка определяется с глобальной направлении действия, то она сохраняет данное направление, когда конечные элементы начинают вращаться. В случае воздействия локального направлении, однако, нагрузка поворачивается на стержне в соответствии с искажением элементов.

Если тип модели был сведен к плоской системе в диалоговом окне *Основные данные*, вы не можете получить доступ ко всем направлениям нагрузки.

Локальное направление

Направление осей стержня описано в главе 4.17, пункт *Вращение стержня* на странице 157. Местная ось x представляет собой продольную ось стержня. Ось y представляет для симметричных сечений так называемую «сильную» ось, ось z соответственно "слабую" ось сечения стержня. В случае несимметричных сечений, грузы могут быть связаны с главными осями u и v , а также нормативными вводными осями u и z .

Примерами для нагрузок, определённых как местные, являются ветровые нагрузки, действующие на кровельные конструкции, температурные нагрузки или предварительные напряжения.

Глобальное направление

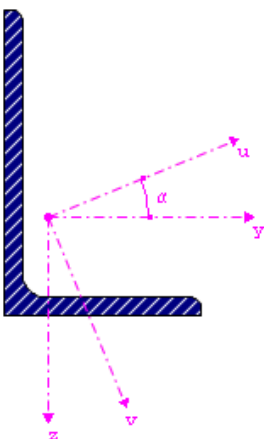
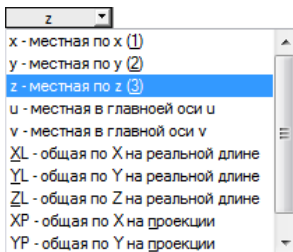
Положение локальных осей стержня не имеет значения для ввода нагрузки, если нагрузка действует в направлении оси глобальной системы координат XYZ .

Примеры для нагрузок, определённые как глобальные, являются снеговые нагрузки, действующие на кровельные конструкции и ветровые нагрузки на стены и фронтоны колонн.

Влияние нагрузки может быть связано с различными приведенными длинами:

- **связанные с истинной длиной стержня**

Нагрузка прилагается по всей длине стержня.





- **соотносительно к проектируемой длине стержня в X / Y / Z**

Длина приложения нагрузки преобразуется в проекцию стержня в одном из направлений глобальных систем координат. Выберите данную опцию, например, для определения снеговой нагрузки на проектируемую область плана поверхности крыши

RFEM применяет нагрузки стержня всегда в центре жесткости.. Умышленное кручение, происходящее из геометрии поперечного сечения (центр тяжести не равен центру сдвига) не рассматривается. Поэтому, когда используются несимметричные поперечные сечения, крутящий момент нагрузки, определяемый из расстояния x нагрузки от центра сдвига, должен быть применен дополнительно, если нагрузка вводится, например, в центре тяжести.

Параметры нагрузки

В этом разделе диалога, соответственно графе таблице, управляются значения нагрузки и, если применимо, дополнительные параметры. Поля ввода помечены и доступны в зависимости от полей выбора ранее активированных.

Нагрузка p_1 / p_2

Введите значения нагрузки в поля ввода. Присвойте знаки глобальным или локальным направлением осей.

Положительное значение нагрузки для предварительных напряжений, изменений температуры и осевых деформаций означает, что стержень напрягается и, следовательно, увеличивается.

После выбора трапецевидной нагрузки, укажите два значения нагрузки. Графика диалога в верхнем правом углу показывает параметры нагрузки.

Расстояние A / B

В этих двух полях введите расстояния от начала стержня до концентрированных и трапецевидных нагрузок. Кроме того, можно определить расстояния и относительно длины стержня, отметив флажок *Относительное расстояние в %* (см. ниже).

Графика диалога в верхнем правом углу помогает вам, когда вы вводите параметры нагрузки.

Относительное расстояние в %

Отметьте этот флажок, если вы хотите определить расстояния для концентрированных и трапецевидных нагрузок по отношению к длине стержня. В противном случае, записи в полях ввода для *Расстояния A / B*, описанные выше, представляют собой абсолютные диапазоны.

Нагрузка по всей длине стержня

Флажок можно активировать только у трапецевидных нагрузок. Выберите этот вариант, чтобы организовать применение линейно переменной нагрузки от начала стержня к концу стержня. Поля ввода *Параметры нагрузки B / B* больше не актуальны и поэтому отключены.

Пример нагрузок на стержень

Ввод нагрузок на стержень показан в примере ниже, в котором нагрузки на стержень применяются к конструкции плоской рамы. Не обязательно делить стержни промежуточными узлами, чтобы применять концентрированные нагрузки.

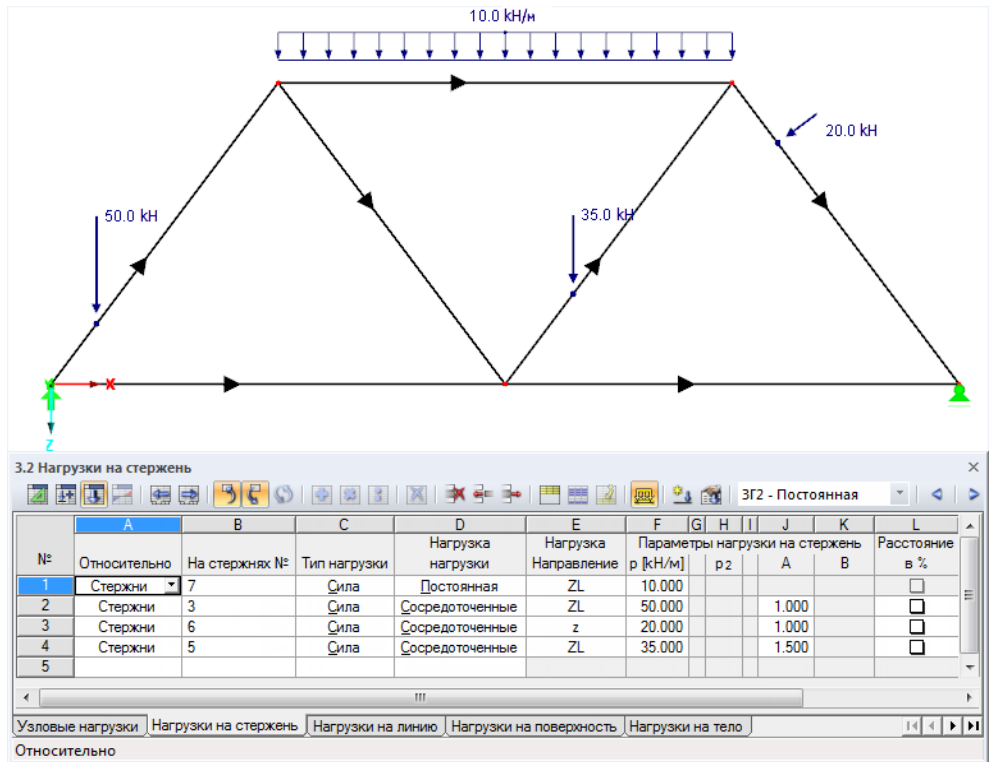


Рисунок 6.18: Каркасы с равномерной нагрузкой на верхний пояс и сосредоточенными нагрузками на диагоналях

6.3 Нагрузки на линию

Общее описание



Линейные нагрузки представляют собой силы и моменты, действующие на линии (см. раздел 4.2, страница 52).

Чтобы применить нагрузку на линии, линия должна быть предварительно определена.

Нагрузки на линию подобны нагрузкам на стержни. Для нагрузок на линии, однако, не возможно выделить свойства материала (например, температурные нагрузки или осевые натяжения).



Линейные нагрузки могут действовать на стержнях, потому что стержень обладает свойствами линии. Тем не менее, чтобы применить нагрузку на линию к стержню, линия должна принадлежать к поверхности. Следовательно, нагрузки на линию не могут быть применены к стержням в моделях, состоящих только из стержней.

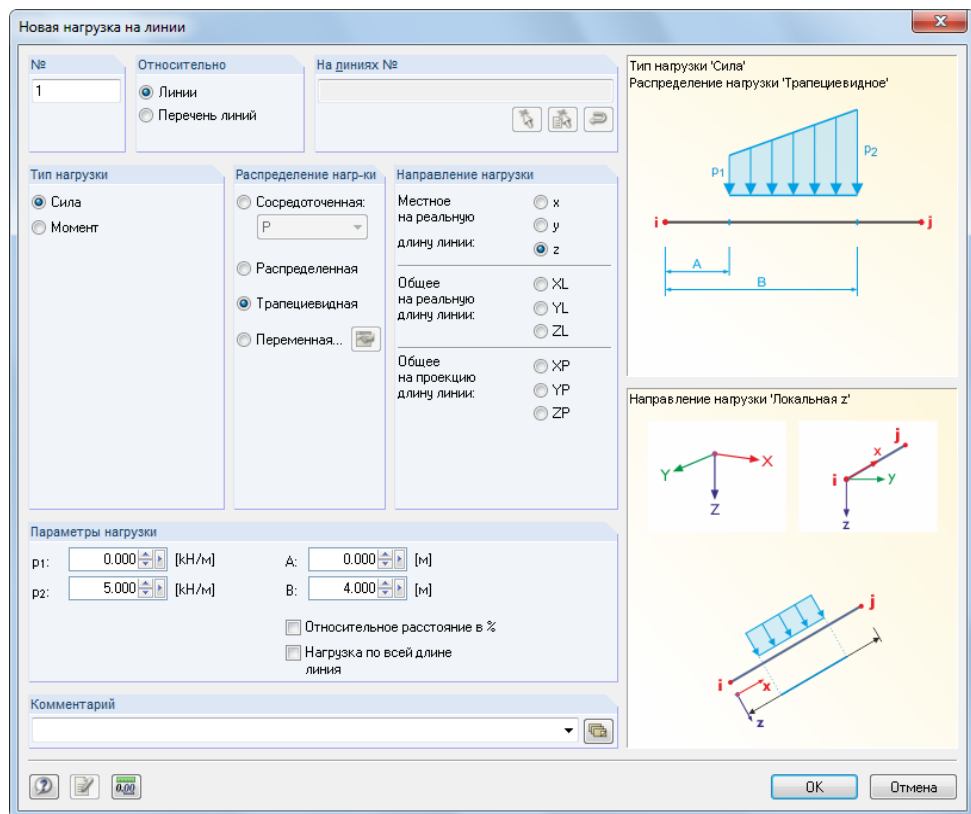


Рисунок 6.19: Диалоговое окно Новая нагрузка на линии

3.3 Нагрузки на линию

№	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
№	Относительно	На линиях №	Тип нагрузки	Нагрузка нагрузки	Нагрузка Направление	т [кН/м]	Параметры нагрузки на линию	p2	A	B	Расстояние в %	На всю Длину
1	Линии	11	Сила	Переменные	ZL	5.000	0.000	0.000	1.000		<input type="checkbox"/>	
2	Перечень линий	4,5	Сила	Трапециевид	z	0.000	5.000					<input checked="" type="checkbox"/>
3	Линии	2	Сила	Постоянная	XL	8.800						
4	Линии	2	Момент	Постоянная	YL	2.500						
5				Сосредоточенные								
6				Постоянная								
				Трапециевидные								

Условные нагрузки | Нагрузки на стержень | Нагрузки на линию | Нагрузки на поверхность | Нагрузки на тело

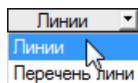
Тип распределения нагрузки на линию (F7 для выбора).

Рисунок 6.20: Таблица 3.3 Нагрузки на линию

Номер нагрузки на линии автоматически присваивается в диалоговом окне *Новая нагрузка на линию*, но может быть изменен в поле ввода. Порядок нумерации не важен.

Соотвести к

Определите объекты, к которым необходимо применить нагрузку на линии. Следующие опции могут быть выбраны:



Линии

Нагрузка действует по одной линии или по каждой линии нескольких линий.

Список линий

Нагрузка действует на объединение линий, определённых в список. Таким образом, при использовании трапециевидных линейных нагрузок, параметры нагрузки не применяются к каждой линии по отдельности, а как общая нагрузка на всех линиях списка линий (ср. Рисунок 6.16 на странице 235).

На линиях номер

В поле ввода введите количество линий, на которых действует нагрузка. В диалоговом окне Можно также выбрать узлы в графическом виде с помощью функции [↖].



Когда вы выбрали в графическом виде ввод, нажав кнопку на панели инструментов, поле ввода отключено, и вы должны сначала ввести данные нагрузки. После нажатия [OK] можно выбрать соответствующие линии одну за другой в рабочем окне.

Тип нагрузки

В этом разделе диалога или графе таблицы, можно определить тип нагрузки. В зависимости от вашего выбора, определённые части диалогового окна, соответственно графы таблицы, будут отключены. Могут быть выбраны следующие типы нагрузок:

Тип нагрузки	Краткое описание
Сила	Сосредоточенная, распределенная, трапециевидная или переменная нагрузка
Момент	Сосредоточенный момент, распределенный момент или трапециевидный момент

Таблица 6.4: Типы нагрузок

Распределение нагрузки

Раздел диалога *Распределение нагрузки* предлагает различные возможности для представления эффекта нагрузки. Графика в углу диалога может помочь вам понять.

Распределение нагрузки	Краткое описание
Сосредоточенная	Сосредоточенная нагрузка, сосредоточенный момент
Равномерная	Равномерно-распределенная нагрузка, равномерно-распределенный момент
Трапециевидная	Трапециевидная нагрузка, трапециевидный момент
Переменная	Полигонально распределенная нагрузка При нажатии кнопки [Редактировать переменную нагрузку], показанной слева, открывается диалоговое окно, показанное на Рисунок 6.17, странице 237, в котором можно ввести



параметры схемы нагрузки.

Таблица 6.5: Распределения нагрузки

Распределения нагрузок линейных нагрузок во многом соответствуют тем, которые у нагрузок на стержнях. Диаграммы подробно описаны в Таблица 6.2 на странице 237.

Направление нагрузки

Нагрузка может быть эффективной в направлении глобальных осей X, Y, Z или местных линейных осей x, y, z. Для расчёта согласно линейно статическому анализу не имеет значения, является ли нагрузка определённой как локальная или эквивалентно глобальной. Для геометрически нелинейных расчётов, однако, различия между локально и глобально определёнными нагрузками возможны: Если нагрузка определяется с воздействием в глобальном направлении, она сохраняет это направление, тогда как конечные элементы начинают крутиться. В случае воздействия локального направления, однако, нагрузка поворачивается на линии в соответствии с искажением элементов.

Локальное направление

Направление линейных осей иллюстрирована на Рисунок 4.96 на странице 108. Местная ось x представляет собой продольную ось линии. Ось z обычно проходит параллельно глобальной оси Z.

Глобальное направление

Положение локальных линейных осей не имеет значения для ввода нагрузки, если нагрузка действует в направлении оси глобальной системы координат XYZ.

Влияние нагрузки может быть связано с различными приведенными длинами:

- **связанные с истинной длиной линии**

Нагрузка прилагается по всей длине линии.

- **привязка к длине линии проекции**

Длина приложения нагрузки преобразуется в проекцию линии в одном из направлений глобальных систем координат. Длины проекции отображены на графике диалога справа.

Параметры нагрузки на линию

В этом разделе диалога, соответственно графе таблице, управляются значения нагрузки и, если применимо, дополнительные параметры. Поля ввода помечены и доступны в зависимости от полей выбора ранее активированных.

Нагрузка P / p / p₂ / M / m / m₂

Введите значения нагрузки в поля ввода. Присвойте знаки глобальным или локальным направлением осей. После выбора трапецевидной нагрузки, укажите два значения нагрузки. Графика диалога в верхнем правом углу показывает параметры нагрузки.

Расстояние A / B

В этих двух полях введите расстояния от начала линии до концентрированных и трапецевидных нагрузок. Можно определить их относительно длины линии, отметив флажок *Относительное расстояние в %* (см. ниже).

Графика диалога в верхнем правом углу помогает вам, когда вы вводите параметры нагрузки.

Относительное расстояние в %

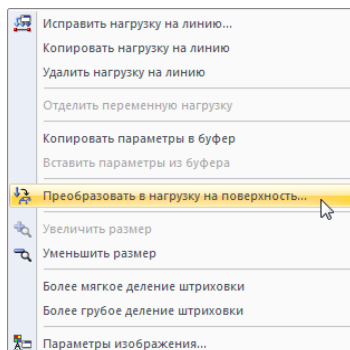
Отметьте этот флажок, для того чтобы определить расстояния для концентрированных и трапецевидных нагрузок по отношению к длине линии. В противном случае, записи в полях ввода для *Расстояния A / B*, описанные выше, представляют собой абсолютные диапазоны.

z
x - местная по x (1)
y - местная по y (2)
z - местная по z (3)
\underline{X} L - общая по X на реальной длине
\underline{Y} L - общая по Y на реальной длине
\underline{Z} L - общая по Z на реальной длине
XP - общая по X на проекции
YP - общая по Y на проекции
ZP - общая по Z на проекции

Нагрузка по всей длине линии

Флажок можно активировать только у трапецевидных нагрузок. Выберите этот вариант, чтобы организовать применение линейно переменной нагрузки от начала линии к концу линии. Поля ввода *Параметры нагрузки* V/V больше не актуальны и поэтому отключены.

Часто, нагрузка на линию приводит к исключениям, так как нагрузка концентрируется, когда вводится в одну линию. Для редукции данного эффекта, выберите **Преобразовать узловую /линейную нагрузку в нагрузку на поверхность** в меню **Инструменты**. Эта опция может использоваться для прямых линий. Можно также использовать контекстное меню нагрузки на линию, отображенное слева, чтобы открыть диалоговое окно для преобразования нагрузок на линию. Откройте контекстное меню, щелчком правой кнопки мыши на объект.



Контекстное меню нагрузки на линию

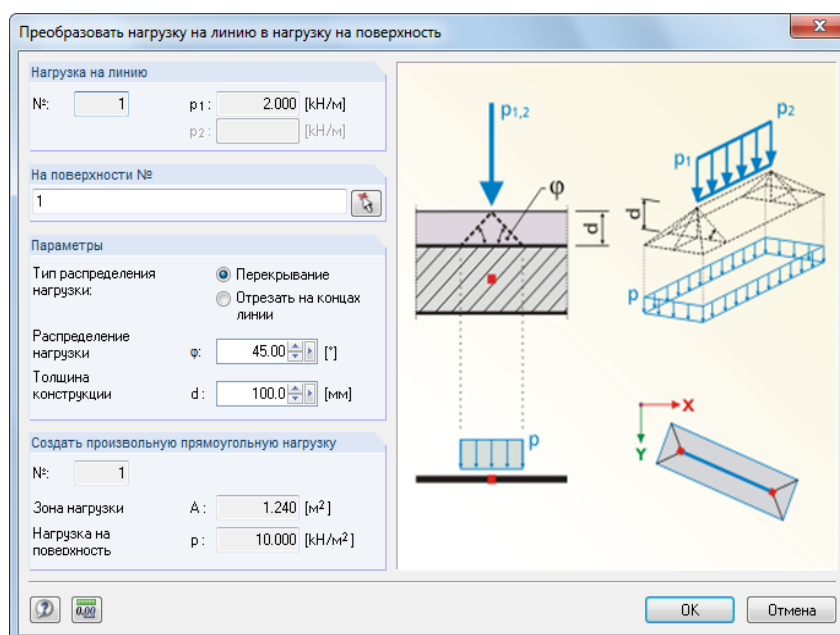


Рисунок 6.21: Диалоговое окно *Преобразовать нагрузку на линию в нагрузку на поверхность*

Откроется диалоговое окно, где вы определите параметры для распределения нагрузки. После нажатия [OK], будут созданы соответствующая свободная прямоугольная или многоугольная нагрузка.

6.4 Нагрузки на поверхность

Общее описание



Нагрузки на поверхность действуют на всех 2D элементах поверхности (см. раздел 4.4, страница 79).

Чтобы применить нагрузку на поверхность, поверхность должна быть предварительно определена.

Если поверхность подразделяется на поверхностные компоненты из-за пересечения (см. главу 4.22, страница 175), поверхностная нагрузка не является эффективной на компонентах, которые установлены как неактивные. Отверстия также опускаются.

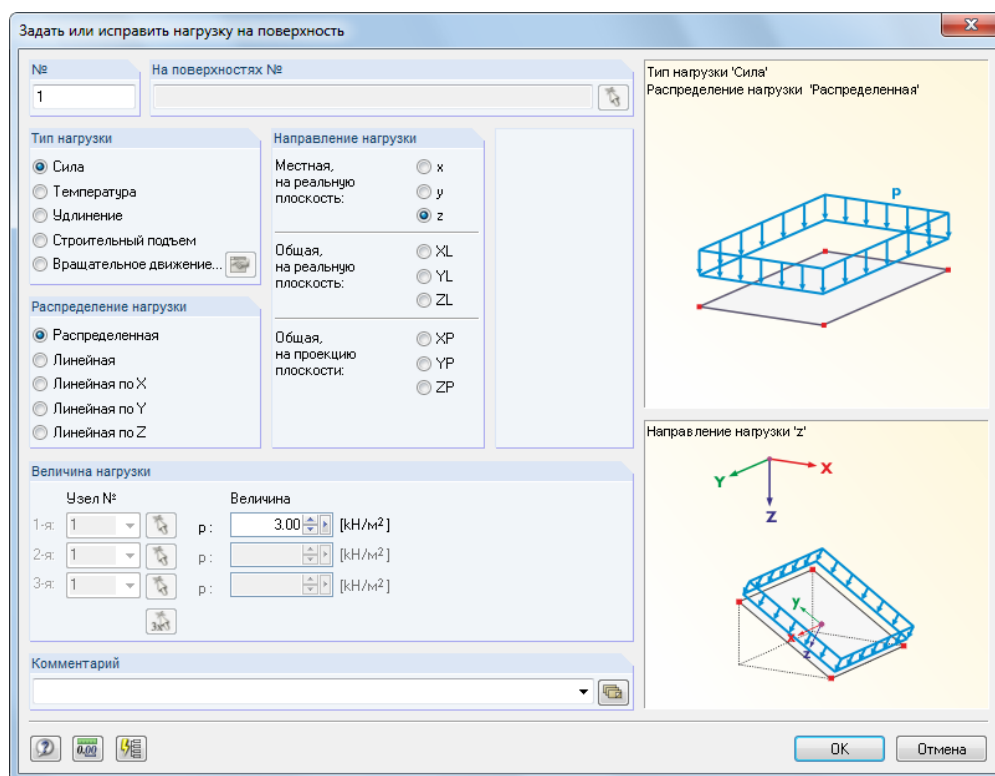


Рисунок 6.22: Диалоговое окно Новая нагрузка на поверхность

3.4 Нагрузки на поверхность

№	Поверхность №	Тип нагрузки	Нагрузка нагрузки	Нагрузка Направление	№	1-я угловая точка ε [-]	№	2-я угловая точка p2
1	1,2	Сила	Постоянная	ZL		2.00		
2	5	Сила	Линейный по	z	3	0.00	16	-64.00
3	1,2	Прод. деформация	Постоянная			25.00000		
4		Сила						
5		Температура						
6		Прод. деформация						
		Строительный подъем						
		Вращение						

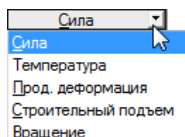
Узловые нагрузки | Нагрузки на стержень | Нагрузки на линию | Нагрузки на поверхность | Нагрузки на тело

Тип нагрузки (F7 для выбора)

Рисунок 6.23: Таблица 3.4 Нагрузки на поверхность

Номер нагрузки на поверхность автоматически присваивается в диалоговом окне Новая нагрузка на поверхность, но может быть изменен в поле ввода. Порядок нумерации не важен.

На поверхностях номер



В поле ввода введите номера поверхностей, на которых действует нагрузка. В окне диалога *Новая нагрузка на поверхность*, можно выбрать поверхности также в графическом виде с помощью функции [↵].

Когда вы выбрали в графическом виде ввод, нажав кнопку на панели инструментов, поле ввода отключено, и вы должны сначала ввести данные нагрузки. После нажатия [OK] можно выбрать соответствующие поверхности одну за другой в рабочем окне.

Тип нагрузки

В этом разделе диалога или графе таблицы, можно определить тип нагрузки. В зависимости от вашего выбора, определённые части диалогового окна, соответственно графы таблицы, будут отключены. Могут быть выбраны следующие типы нагрузок:

Тип нагрузки	Краткое описание
Сила	Равномерно распределенная или линейно переменная сила на
Температура	Температурная нагрузка, распределенная как равномерная или линейно переменная над толщиной поверхности Положительное значение нагрузки означает, что поверхность или верхняя сторона нагревается.
Удлинение	Вынужденное удлинение или деформация про сжатии ϵ поверхности Положительное значение нагрузки означает, что поверхность увеличивается. Для определения деформации усадки, используйте кнопку на экране слева. Откроется диалоговое окно, показанное на Рисунке 6.24, в котором можно ввести параметры для усадки.
Кривизна	Вынужденная кривизна поверхности
Вращение	Центробежная сила от массы и угловой скорости ω на поверхности. Ось вращения может быть определена в отдельном диалоговом окне, открываемом с помощью кнопки [Редактировать].

Таблица 6.6: Типы нагрузок

Параметры для поверхностных и стержневых нагрузок из-за усадки могут быть определены в отдельном диалоговом окне.

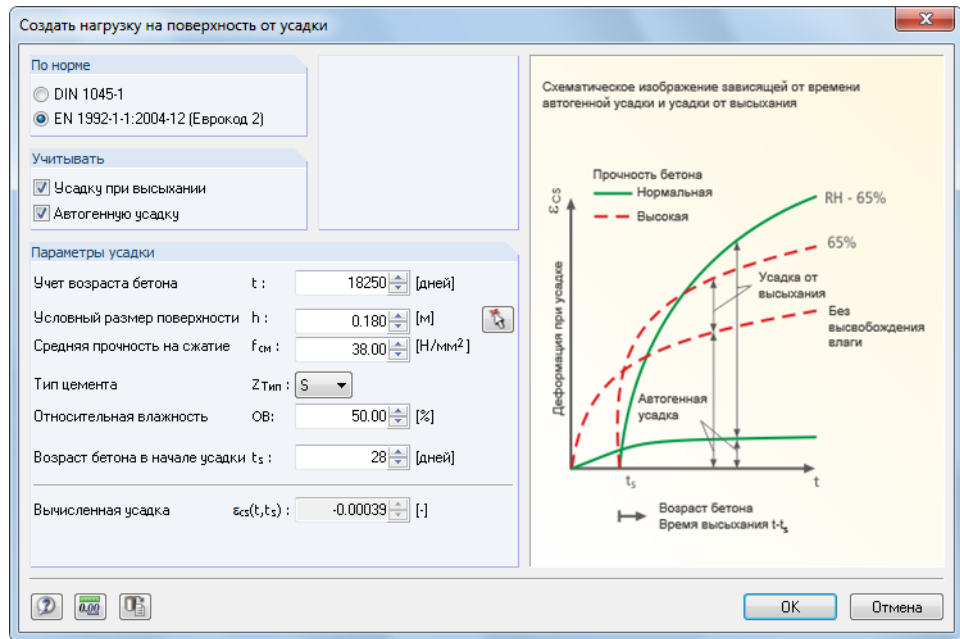


Рисунок 6.24: Диалоговое окно *Создать нагрузку на поверхность от усадки*

Усадка, как зависящего от времени изменения объема без действия внешней нагрузки или температурных эффектов, может быть классифицирована в усадку при высыхании, собственную усадку, пластическую усадку и карбонизационную усадку.

На основании существенных, влияющих переменных в процессе усадки (относительная влажность RH , эффективная конструктивная толщина h , прочность бетона f_{cm} , тип цемента $Z_{тип}$, возраст бетона на начало усадки t_s) вы определяете усадку $\epsilon_{cs}(t, t_s)$ на момент рассматриваемого возраста бетона t .

Нажмите [OK], чтобы передать значение как осевую деформацию ϵ в диалоговое окно *Новая нагрузка на поверхность*.

Распределение нагрузки

Нагрузка может действовать на поверхность как *Равномерная* или *Линейная*.

RFEM предоставляет несколько вариантов линейно переменных нагрузок:

Линейная

Введите значения нагрузки для трех узлов. Узлы используются для определения плоскости.

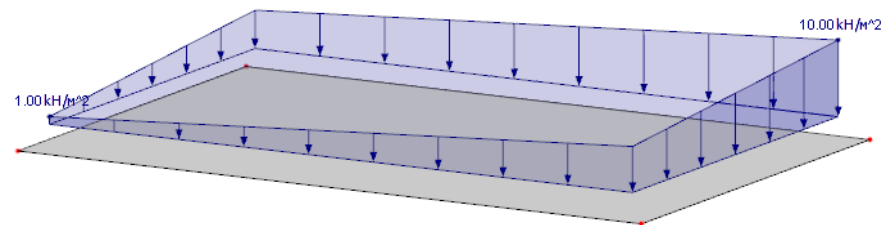
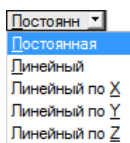


Рисунок 6.25: Линейно переменная нагрузка поверхности

Линейная в X / Y / Z

Если нагрузка на поверхность имеет переменное значение в направлении оси глобальной системы координат, требуются значения нагрузки только двух узлов. Они могут лежать вне напряженной поверхности при условии, что там генерируются узлы КЭ (узлы не могут быть свободными).

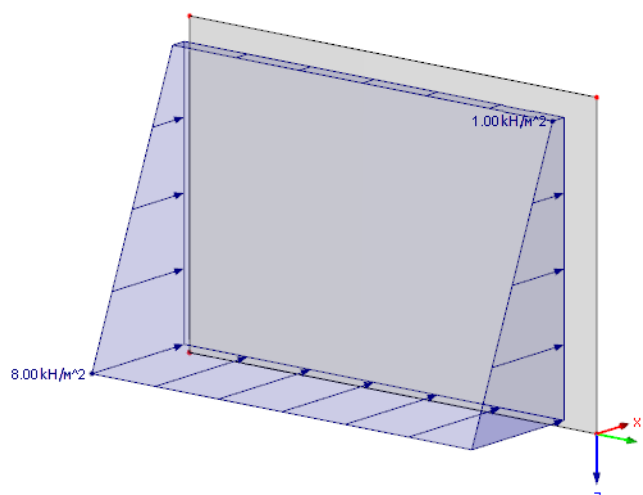


Рисунок 6.26: Нагрузка на поверхность, которая линейно переменная в направлении Z

Направление нагрузки

Нагрузка может быть эффективной в направлении глобальных осей X, Y, Z или местных осей x, y, z.

Местное направление на реальную поверхность

Нагрузки, действующие перпендикулярно к поверхности, обычно определены как местные в направлении **z**. Примерами применения являются ветровые нагрузки, действующие на поверхности крыши или внутреннее давление на оболочки резервуара.

Для отображения осей поверхности, нажмите на **Модель** в навигаторе *Изобразить*, выберите **Поверхности** и установите флажок на **Осевые системы поверхности x,y,z**. Можно также использовать контекстное меню поверхности (см. Рисунок 4.115, страница 125).

Глобальное направление на реальную поверхность

Направление локальных осей поверхности не имеет значения для расчёта в соответствии с линейным статическим анализом, если нагрузка действует в направлении оси глобальной системы координат XYZ. Для нелинейных расчётов, однако, различия между локально и глобально определёнными нагрузками возможны: Если нагрузка определяется с глобальной направленности действия, то она сохраняет данное направление, когда конечные элементы начинают вращаться. В случае воздействия локального направления, однако, нагрузка поворачивается в соответствии с искажением элементов.

Глобальное направление на проекцию поверхности

Нагрузка преобразуется в проекцию поверхности в одном из направлений глобальных систем координат. Выберите данную опцию, например, для определения снеговой нагрузки на проектируемую область плана поверхности крыши

Графика диалога в нижнем правом углу показывает проектируемые поверхности.

Параметры нагрузки на поверхность

В этом разделе диалога или столбце таблицы, управляются значения нагрузки и, если применимо, назначенные узлы. Поля ввода помечены и доступны в зависимости от полей выбора ранее активированных.

Нагрузка p / p_2 / p_3 / T / ΔT / ε / R / ω / α

Введите значения нагрузки в поля ввода. Присвойте знаки глобальным или локальным направлением осей.

z
x - местная по x (1)
y - местная по y (2)
z - местная по z (3)
\underline{X} L - Global in X on true surface
\underline{Y} L - Global in Y on true surface
\underline{Z} L - Global in Z on true surface
XP - Global in X on projected surface
YP - Global in Y on projected surface
ZP - Global in Z on projected surface

При выборе линейно переменной нагрузки, укажите несколько значений нагрузки. Графика диалога в верхнем правом углу показывает параметры нагрузки.

Узел номер

При выборе линейно переменной нагрузки, укажите три узла, на которых величины нагрузки могут быть определены. Узлы используются для определения плены. В диалоговом окне Можно также выбрать узлы в графическом виде с помощью [↖] функции.

Нагрузка от многослойной конструкции

Можно создавать нагрузки от веса области материалов, выступающих в качестве ламинированных слоев. Таким образом, можно легко определить, например структуру полов или напольных покрытий.

Найдите функцию в диалоговом окне *Новая нагрузка на поверхность* (Рисунок 6.22) для использования кнопки [▶] справа от поля ввода *Величина нагрузки*). В контекстном меню выберите *Многослойная конструкция*.

Откроется *База данных многослойного состава*, в которой можно ввести определённые пользователем слои материала.

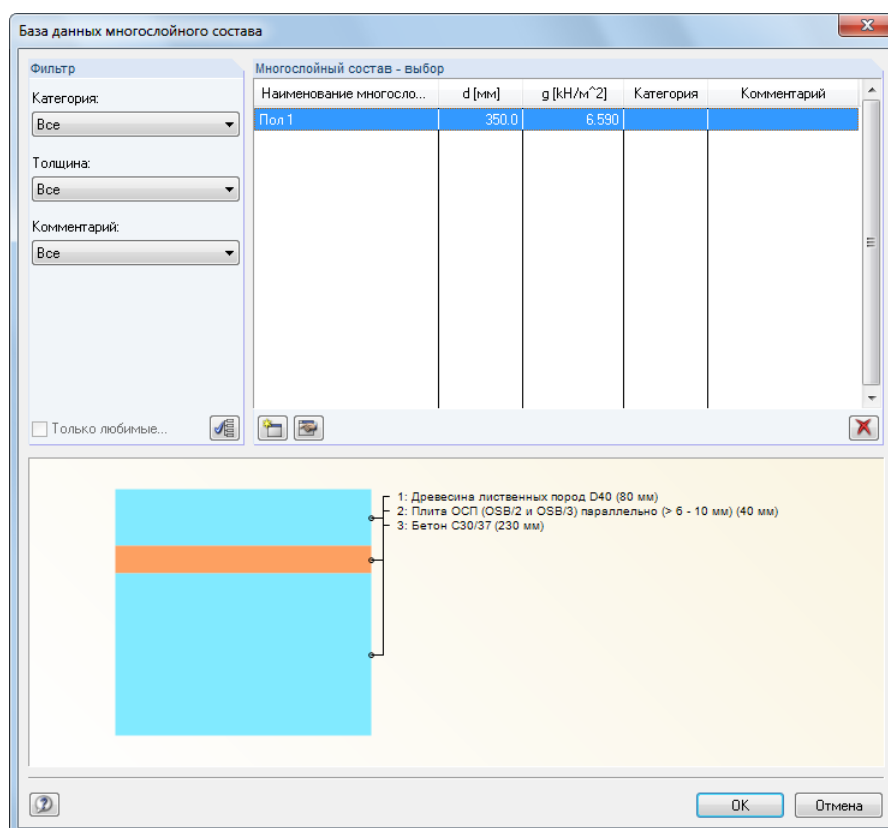


Рисунок 6.27: Диалоговое окно *База данных многослойного состава*

Концепт базы данных многослойного состава похож на базу данных материалов (см. раздел 4.3, страница 75). Используйте кнопки базы данных [Новый] и [Редактировать] для создания или изменения многослойных конструкций.

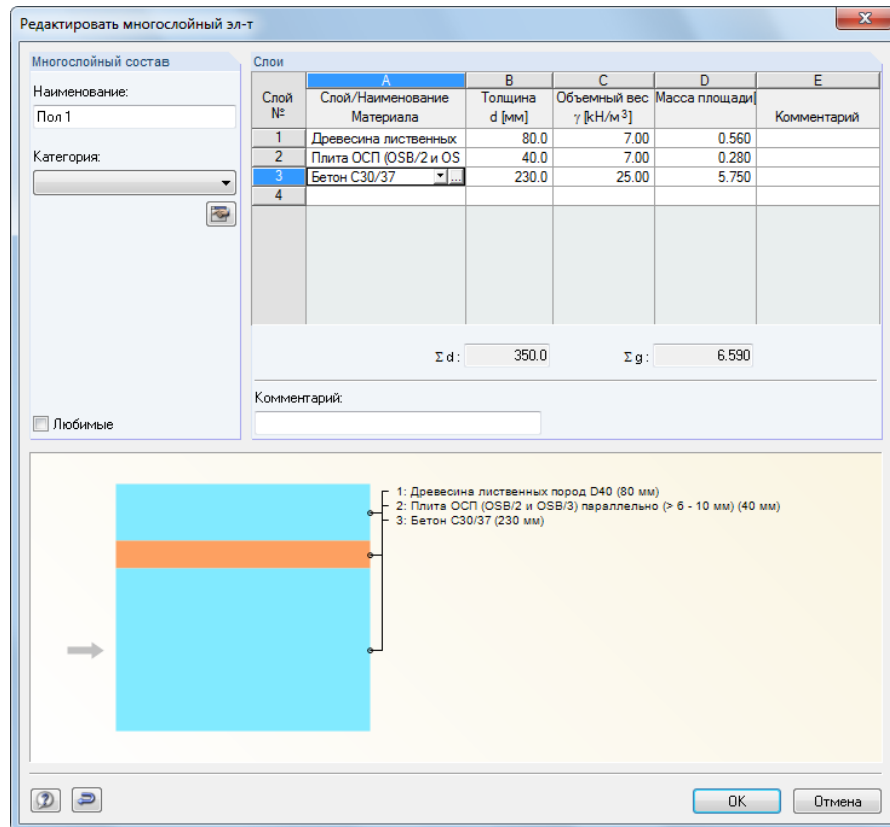


Рисунок 6.28: Диалоговое окно *Новый многослойный состав*, раздел диалога *Слой*



Слой *могут* быть составлены индивидуально. Кроме того, можно использовать кнопку [...], чтобы получить доступ к базе данных материалов (см. раздел 4.3, страница 75).

RFEM определяет вес зоны (столбец таблицы D) от *Толщины* и *Объемного веса*. Стрелка, показанная в графике диалога, указывает на текущий слой.

Отметьте все диалоговые окна с помощью [OK], чтобы импортировать вес области в начальное Диалоговое окно. Зеленый треугольник появляется в поле ввода (см. Рисунок, показанный слева на странице 249), который указывает на параметризованное вводное значение. Щелкните на треугольнике, чтобы получить доступ снова к входным параметрам для изменений.

6.5 Нагрузки на тело

Общее описание



Нагрузки на тело действуют на все 3D элементы сплошного тела (см. раздел 4.5, страница 91).

Чтобы применить нагрузку на тело, тело должно быть предварительно определено.

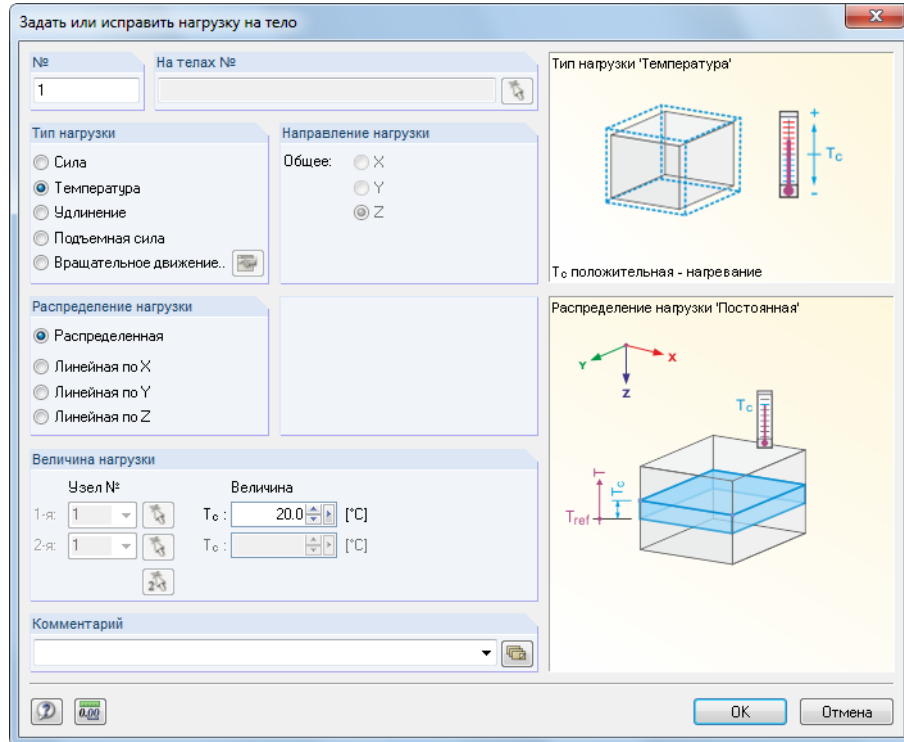
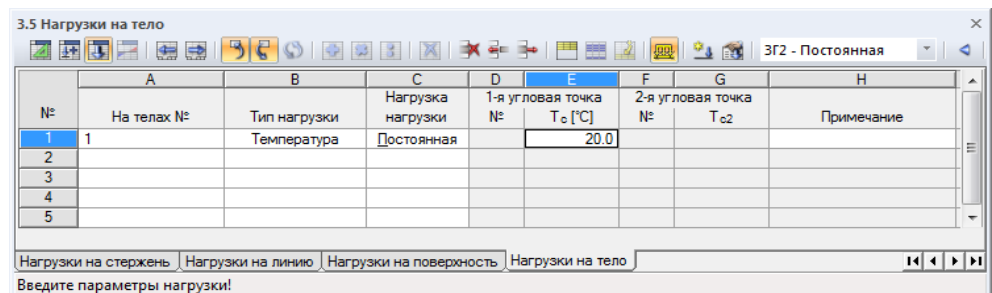


Рисунок 6.29: Диалоговое окно Новая нагрузка на твёрдое тело



№	А	В	С	Д	Е	Г	Н
	На телах №	Тип нагрузки	Нагрузка нагрузки	№	Т ₀ [°C]	№	Т ₀₂
1	1	Температура	Постоянная		20.0		
2							
3							
4							
5							

Рисунок 6.30: Таблица 3.5 Нагрузки на твёрдые тела

Номер нагрузки на твёрдое тело автоматически присваивается в диалоговом окне *Новая нагрузка на твёрдое тело*, но может быть изменен в поле ввода.

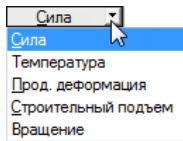
На телах номер



В поле ввода введите номера тел, на которых действует нагрузка. В окне диалога *Новая нагрузка на тело*, можно выбрать сплошные тела также в графическом виде с помощью функции [F].



Когда вы выбрали в графическом виде ввод, нажав кнопку на панели инструментов, поле ввода отключено, и вы должны сначала ввести данные нагрузки. После нажатия [OK] можно выбрать соответствующие сплошные тела одно за другим в рабочем окне.



Тип нагрузки

В этом разделе диалога или графе таблицы, можно определить тип нагрузки. Могут быть выбраны следующие типы нагрузок:

Тип нагрузки	Краткое описание
Сила	Нагрузка на твёрдое тело, действующая равномерно в одном из глобальных направлений
Температура	Равномерно распределенное или линейно переменное температурное изменение в сплошном теле. Положительное значение нагрузки означает нагревание.
Удлинение	Вынужденное растяжение или деформация при сжатии сплошного тела, которое равномерно распределено или линейно переменное. Положительное значение нагрузки означает, что твёрдое тело увеличивается.
Подъемная сила	Масса отторженного материала, плотность которого может быть введена или выбрана в [Библиоте КЭ]. <i>Плотность среды Воздух</i> относится к нормальной атмосфере 15°C на уровне моря.
Вращение	Центробежная сила от массы и угловой скорости ω сплошного тела. Ось вращения может быть определена в отдельном диалоговом окне, открываемом с помощью кнопки [Редактировать].

Таблица 6.7: Типы нагрузок

На твердое тело в форме поверхности или линейных нагрузок можно применить больше сил.

Распределение нагрузки

Нагрузка может действовать на твёрдое тело как *Равномерная* или *Линейная переменная*. Это относится к одной из глобальных осей X, Y или Z.

При линейно переменной нагрузке, задайте значения нагрузки двух узлов. Узлы могут лежать вне напряженного сплошного тела при условии, что там генерируются узлы КЭ (узлы не могут быть свободными).

Величина нагрузки

В этом разделе диалога или столбце таблицы, управляются значения нагрузки и, если применимо, назначенные узлы. Поля ввода помечены и доступны в зависимости от полей выбора ранее активированных.

Узел номер

При линейно переменной нагрузке, задайте два узла, на которых RFEM может определять величины. Узлы используются для определения плиты. В диалоговом окне Можно также выбрать узлы в графическом виде с помощью функции [^].

Величина нагрузки

Для равномерного распределения нагрузки, требуется только одно численное значение. Для линейно переменного изменения температуры или осевого напряжения, укажите два значения нагрузки.

Графика в диалоговом окне *Новая нагрузка на твёрдое тело* полезна при вводе параметров нагрузки.

6.6 Произвольные сосредоточенные нагрузки

Общее описание



Свободно сосредоточенная нагрузка действует как сила или момент в любом месте поверхности. В точке приложения нагрузки не будут генерироваться КЭ узлы.

Чтобы применить свободно сосредоточенную нагрузку, поверхность должна быть предварительно определена.

Узловые опорные силы, которые были импортированы из другой модели с помощью функции *Импорт опорных реакций как нагрузки* (см. Рисунок 8.14, страница 314) обрабатываются как свободно сосредоточенные нагрузки.

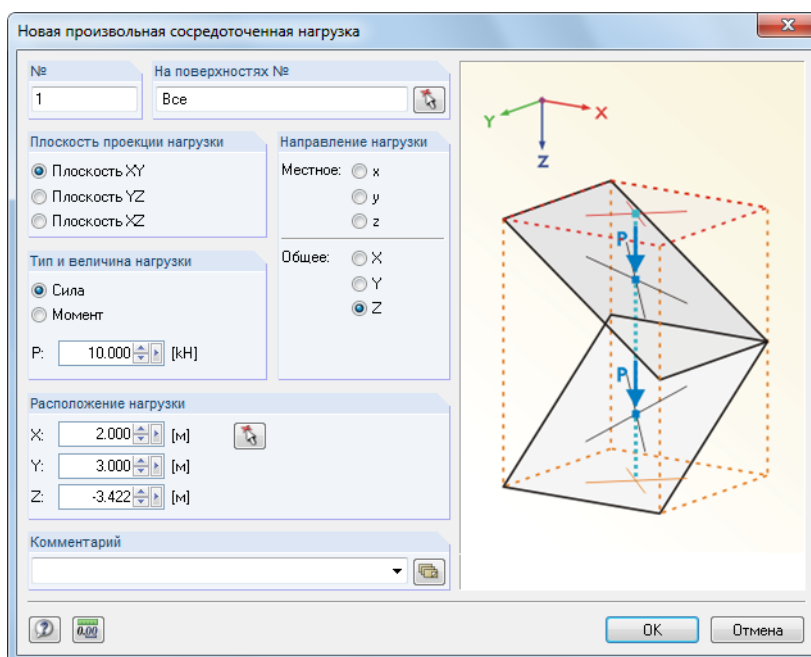


Рисунок 6.31: Диалоговое окно *Новая произвольная сосредоточенная нагрузка*

№	Поверхности №	Проекция	Нагрузка Тип	Нагрузка Направление	Расположение нагрузки		Величина наг	Примечание
					X [m]	Y [m]	P [kN]	
1	Все	XY	Сила	Z	5.530	2.900	10.000	
2	1	XY	Сила	z	1.000	2.000	-5.500	
3				x - местная по x (1)				
4				y - местная по y (2)				
5				z - местная по z (3)				
				X - общая по X				
				Y - общая по Y				
				Z - общая по Z				

Рисунок 6.32: Таблица 3.6 *Произвольные сосредоточенные нагрузки*

На поверхностях номер



В поле ввода введите номера поверхностей, на которых действует нагрузка. В диалоговом окне *Новая произвольная сосредоточенная нагрузка*, можно выбрать поверхности также в графическом виде с помощью [↵] функции.

Начиная с определённого *Расположения нагрузки*, воображаемая прямая линия "устанавливается" перпендикулярно к плоскости проекции. Когда линия пересекает какую-либо из перечисленных поверхностей, сосредоточенная нагрузка применяется к точке пере-

сечения. Таким образом, можно быстро выделить нагрузки подобного типа на несколько поверхностей.

Плоскость проекции нагрузки

Нагрузка может быть спроецирована только на одну из глобальных плоскостей XY, YZ или XZ. Как указано выше, создается вымышленная линия, которая начинается из расположения нагрузки и проходит перпендикулярно плоскости проекции. Нагрузка применяется там, где линия пересекает поверхность.

Плоскость проекции не должна быть перпендикулярной к поверхности, на которую действует нагрузка: Здесь нет точной точки пересечения с поверхностью.

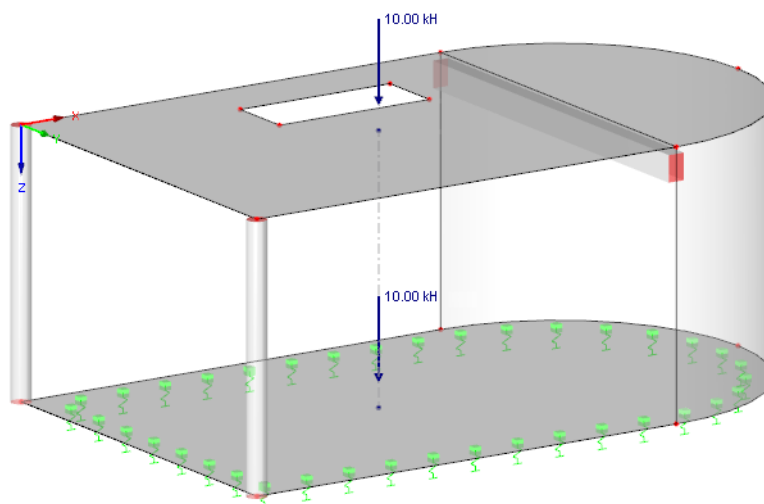


Рисунок 6.33: Свободно сосредоточенная нагрузка, действующая на потолке: плоскость проекции нагрузки XY с воздействием на потолочную плиту и плиту перекрытия

Тип нагрузки

Укажите, применяется ли одна сила или концентрированный момент. В поле ввода диалогового окна, указанного ниже, можно ввести численное значение нагрузки.

Направление нагрузки

Нагрузка может действовать в направлении местных осей поверхности x , y , z или глобальных осей X , Y , Z . Для отображения осей, используйте контекстное меню (см. Рисунок 4.115, страница 125) или навигатор *Изобразить*, в котором вы выбираете **Модель** → **Поверхности** → **Осевые системы поверхности x, y, z** .

Расположение груза

Введите координаты положения нагрузки в поля ввода. В диалоговом окне можно выбрать положение нагрузки также в графическом виде с помощью функции [\wedge].

Величина нагрузки

В графе таблицы соответственно вводимом поле, введите числовое значение сосредоточенной силы или момента.



6.7 Произвольные нагрузки на линию

Общее описание



Произвольные распределенные нагрузки действуют как равномерные или линейно переменные силы вдоль свободно определяемой линии поверхности. Никаких узлов КЭ не будет генерировано вдоль данной линии.

Чтобы применить произвольную распределенную нагрузку, поверхность должна быть предварительно определена.

Линейные опорные силы, которые были импортированы из другой модели с помощью функции *Импорт опорных реакций как нагрузки* (см. Рисунок 8.14, страница 314) обрабатываются как произвольные распределенные нагрузки.

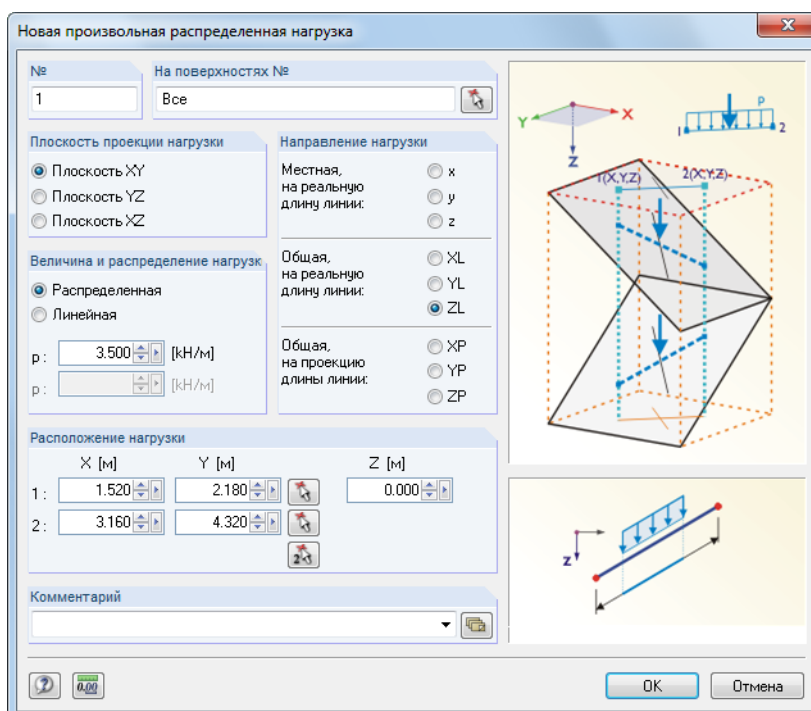


Рисунок 6.34: Диалоговое окно *Новая произвольная распределенная нагрузка*

№	Поверхности №	Проекция	Нагрузка	Направление	Расположение нагрузки				Величина нагрузки [кН/м]	
					X1 [m]	Y1 [m]	X2 [m]	Y2 [m]	p1	p2
1	Все	XY	Постоянная	ZL	1.520	2.180	3.160	4.320	3.500	
2	1,3	XY	Линейный	z	4.700	4.760	8.120	3.300	2.000	
3										
4										
5										
6										

Рисунок 6.35: Таблица 3.7 *Произвольные распределенные нагрузки*

На поверхностях номер



Данное поле ввода управляет номерами поверхностей, на которых действует нагрузка. В окне диалога *Новая произвольная распределенная нагрузка*, можно выбрать поверхности также в графическом виде с помощью функции [↵].

Начиная с двух точек, определённых *Расположением нагрузки*, две вымышленные прямые линии "устанавливаются" перпендикулярно к плоскости проекции. Когда линии пересекают какую-либо из перечисленных поверхностей, нагрузка применяется к соединяемой линии обеих точек пересечения. Таким образом, можно быстро выделить нагрузки подобного типа на несколько поверхностей.

Плоскость проекции нагрузки

Нагрузка может быть спроецирована только на одну из глобальных плоскостей XY, YZ или XZ. Как указано выше, создаются две вымышленные линии, которые начинаются из обоих положений нагрузки и проходят перпендикулярно плоскости проекции. Начальная и конечная точки свободной линии нагрузки назначаются везде, где линии пересекают поверхность.

Плоскость проекции не должна быть перпендикулярной к поверхности, на которую действует нагрузка: Здесь нет точных точек пересечений с поверхностью.

Распределение нагрузки

Укажите если применяется равномерная ли линейно переменная сила. В поле ввода диалога, указанного ниже, можно ввести одно или два численных значения.

Направление нагрузки

Нагрузка может действовать в направлении местных осей поверхности x, y, z или глобальных осей X, Y, Z. Нагрузки, действующие перпендикулярно к поверхности, обычно определены как местные в направлении **z**.

Если общая действующая нагрузка не действует перпендикулярно к линии, динамическая нагрузка может относиться к различным исходным длинам:

- **связанные с истинной длиной линии**

Нагрузка прилагается по всей длине линии.

- **привязка к длине линии проекции**

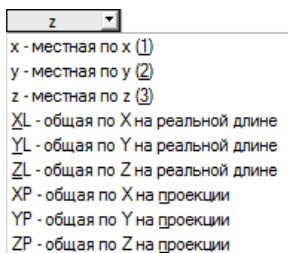
Длина приложения нагрузки преобразуется в проекцию линии в одном из направлений глобальных систем координат. Длины проекции отображены в графике диалога в нижнем правом углу.

Расположение груза

Введите координаты положения нагрузки в поля ввода. В диалоговом окне можно выбрать положение нагрузки также в графическом виде с помощью функции [↵].

Величина нагрузки

В графе таблицы соответственно вводном поле, введите числовое значение нагрузки на линию.



6.8 Произвольные прямоугольные нагрузки

Общее описание

Произвольные прямоугольные нагрузки действуют как равномерные или линейно переменные нагрузки на поверхность в прямоугольной, свободно определяемой зоне поверхности.

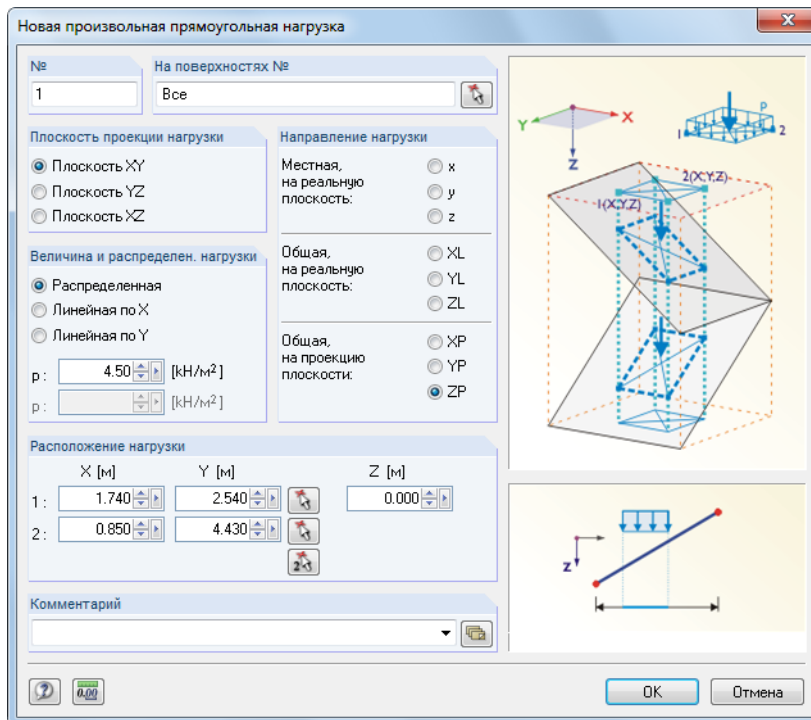


Рисунок 6.36: Диалоговое окно *Новая произвольная прямоугольная нагрузка*

№	Поверхности №	Проекция	Нагрузка нагрузки	Нагрузка Направление	Расположение нагрузки				Величина нагрузки [кН/м²]	
					X1 [m]	Y1 [m]	X2 [m]	Y2 [m]	p1	p2
1	Все	XY	Постоянная	ZP	1.740	2.540	0.850	4.430	4.500	
2	2	XY	Линейный по X	z	3.410	3.200	4.450	4.100	2.000	5.500
3										
4										
5										
6										

Рисунок 6.37: Таблица 3.8 *Произвольные прямоугольные нагрузки*

На поверхностях номер

Данное поле ввода управляет номерами поверхностей, на которых действует нагрузка. В окне диалога *Новая произвольная прямоугольная нагрузка*, можно выбрать поверхности также в графическом виде с помощью функции [↩].

Начиная с двух точек, определённых *Расположением нагрузки*, две вымышленные прямые линии "устанавливаются" перпендикулярно к плоскости проекции. Когда линии пересекают какую-либо из перечисленных поверхностей, нагрузка применяется к соединяемой диагонали обеих точек пересечения. Таким образом, можно быстро выделить нагрузки подобного типа на несколько поверхностей.

Плоскость проекции нагрузки

Нагрузка может быть спроецирована только на одну из глобальных плоскостей XY, YZ или XZ. Как указано выше, создаются две вымышленные линии, которые начинаются из обоих положений нагрузки и проходят перпендикулярно плоскости проекции. Начальная и конечная точки диагонали прямоугольника назначаются везде, где линии пересекают поверхность.

Плоскость проекции не должна быть перпендикулярной к поверхности, на которую действует нагрузка: Здесь нет точных точек пересечений с поверхностью.

Распределение нагрузки

Укажите если применяется равномерная ли линейно переменная нагрузка. В поле ввода диалога, указанного ниже, можно ввести одно или два численных значения.

Направление нагрузки

Нагрузка может действовать в направлении местных осей поверхности x, y, z или глобальных осей X, Y, Z.

- **Местная связанная с реальной областью**

Нагрузки, действующие перпендикулярно к поверхности, обычно определены как местные в направлении z.

- **Общая привязка к реальной площади**

Направление локальных осей поверхности не имеет значения для расчёта в соответствии с линейным статическим анализом, если нагрузка действует в направлении оси глобальной системы координат XYZ. Примером для отношения нагрузки к истинной области является собственный вес.

- **Общая привязка к проекции площади**

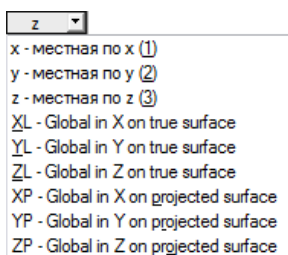
Нагрузка преобразуется в проекцию поверхности в одном из направлений глобальных систем координат. Случаем для применения является, например, снеговая нагрузка. Графика диалога в нижнем правом углу показывает проецируемые поверхности.

Расположение груза

Введите координаты расположения нагрузки в поля ввода. В диалоговом окне можно выбрать положение нагрузки также в графическом виде с помощью функции [↵].

Величина нагрузки

В графе таблицы соответственно вводимом поле, введите числовое значение области нагрузки.



6.9 Произвольные концентрические нагрузки

Общее описание



Произвольные круговые нагрузки действуют как равномерные или линейно переменные нагрузки на поверхность в круговой, произвольно определяемой части поверхности.

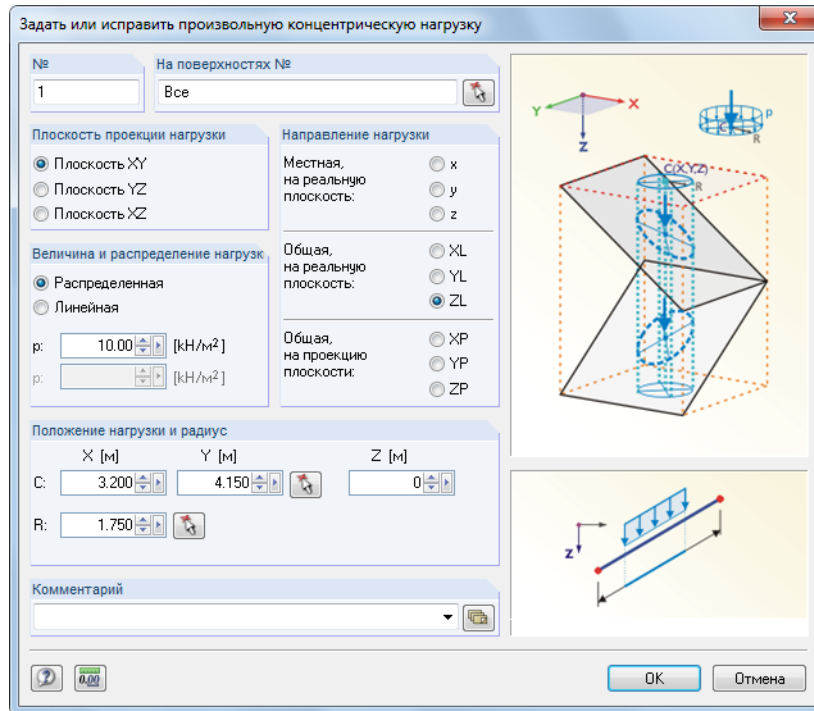


Рисунок 6.38: Диалоговое окно *Новые произвольные концентрические нагрузки*

3.9 Произвольные круговые нагрузки

№	Поверхности №	Проекция	Нагрузка нагрузки	Нагрузка Направление	Расположение нагрузки		Радиус R [m]	Величина нагрузки [кН/м ²]	
					X ₁ [m]	Y ₁ [m]		p _c	p _R
1	Все	XY	Постоянная	ZL	3.200	4.150	1.750	10.000	
2	1	XY	Линейный	z	5.000	3.000	2.000	15.000	10.000
3									
4									
5									
6									

Рисунок 6.39: Таблица 3.9 *Произвольные концентрические нагрузки*

На поверхностях номер



Данное поле ввода управляет номерами поверхностей, на которых действует нагрузка. В окне диалога *Новая произвольная круговая нагрузка*, можно выбрать поверхности также в графическом виде с помощью функции [↵].

Начиная с определённого *Расположения нагрузки*, воображаемая прямая линия "устанавливается" перпендикулярно к плоскости проекции. Когда линия пересекает любую из перечисленных поверхностей, круговая нагрузка прикладывается к точки пересечения, представляющего центр окружности с радиусом R . Таким образом, можно быстро выделить нагрузки подобного типа на нескольких поверхностях.

Плоскость проекции нагрузки

Нагрузка может быть спроецирована только на одну из глобальных плоскостей XY , YZ или XZ . Как указано выше, создается вымышленная линия, которая начинается из расположения нагрузки и проходит перпендикулярно плоскости проекции. Центр круговой нагрузки предполагается там, где линия пересекает поверхность.

Плоскость проекции не должна быть перпендикулярной к поверхности, на которую действует нагрузка: Здесь нет точных точек пересечений с поверхностью.

Распределение нагрузки

Укажите если применяется равномерная ли линейно переменная нагрузка. В поле ввода диалога, указанного ниже, можно ввести одно или два численных значения.

Направление нагрузки

Нагрузка может действовать в направлении местных осей поверхности x , y , z или глобальных осей X , Y , Z . Направления нагрузки описаны в предыдущем разделе 6.8 на странице 258.

Расположение нагрузки



В поля ввода, ввести координаты средней точки C круговой нагрузки. В диалоговом окне можно также выбрать центр окружности в графическом виде с помощью [↵] функции.

Радиус



Введите радиус R области круговой области нагрузки в поле ввода или в графу таблицы. В диалоговом окне можно выбрать радиус также в графическом виде в рабочем окне с помощью [↵] функции.

Величина нагрузки

В графе таблицы соответственно вводном поле, введите числовое значение области нагрузки.

6.10 Произвольные многоугольные нагрузки

Общее описание

Произвольные многоугольные нагрузки действуют как равномерные или линейно переменные нагрузки на поверхность в многоугольной, произвольно определяемой зоне поверхности.

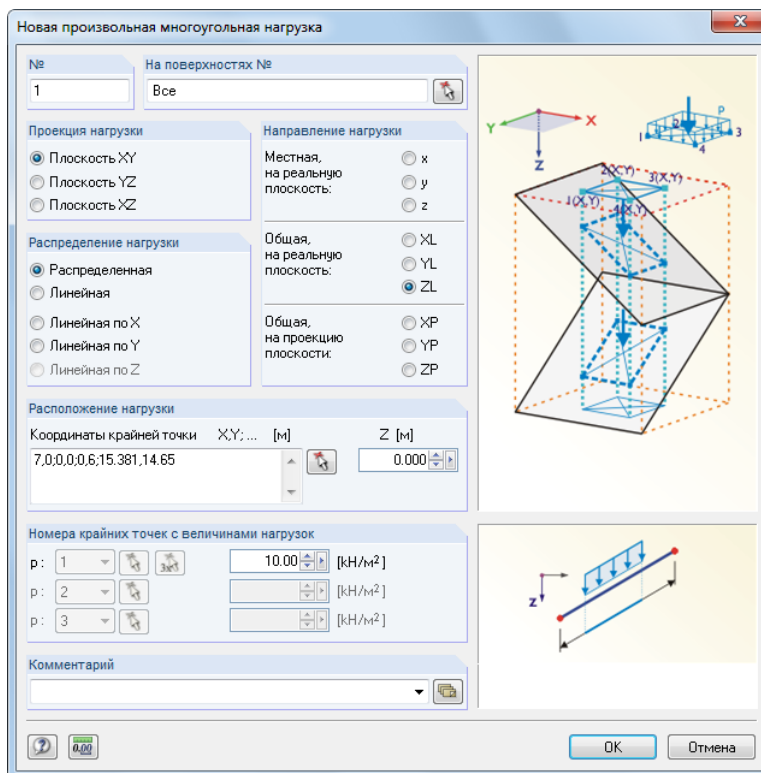


Рисунок 6.40: Диалоговое окно *Новая произвольная многоугольная нагрузка*

3.10 Произвольные многоугольные нагрузки

№	Поверхности №	Проекция	Нагрузка нагрузки	Нагрузка Направление	Координаты точек многоугольника [м]			1-я угловая точка №	2-я угловая точка №	3-я угловая точка №
					X ₁ , Y ₁	X ₂ , Y ₂	X ₃ , Y ₃ , ...			
1	Все	XY	Постоянная	ZL	7,0	0,0	0,6	15,381	14,65	
2										
3										
4										
5										
6										

Рисунок 6.41: Таблица 3.10 *Произвольные многоугольные нагрузки*

На поверхностях номер



Данное поле ввода управляет номерами поверхностей, на которых действует нагрузка. В окне диалога *Новая произвольная многоугольная нагрузка*, можно выбрать поверхности также в графическом виде с помощью функции [↖].

Начиная с угловых точек, определённых *Расположением нагрузки*, вымышленные прямые линии "устанавливаются" перпендикулярно к плоскости проекции. Когда они пересекают какую-либо из перечисленных поверхностей, то линия, соединяющая точки пересечения представляет собой границу области применяемой нагрузки. Таким образом, можно быстро выделить нагрузки подобного типа на несколько поверхностей.

Плоскость проекция нагрузки

Нагрузка может быть спроецирована только на одну из глобальных плоскостей XY , YZ или XZ . Как указано выше, создаются две вымышленные линии, которые начинаются из положений нагрузки и проходят перпендикулярно плоскости проекции. Угловые точки многоугольной нагрузки назначаются везде, где линии пересекают поверхность.

Плоскость проекции не должна быть перпендикулярной к поверхности, на которую действует нагрузка: Здесь нет точных точек пересечений с поверхностью.

Распределение нагрузки

Укажите если применяется равномерная ли линейно переменная область нагрузки. В разделе диалога *Номера крайних точек с величинами нагрузок* ниже, можно ввести одно (*Равномерная*), два (*Линейная в X / Y / Z*) или три (*Линейная*) численных значения.

Направление нагрузки

Нагрузка может действовать в направлении местных осей поверхности x , y , z или глобальных осей X , Y , Z . Направления нагрузки описаны в разделе 6.8 на странице 258.

Расположение груза

Введите *Координаты крайней точки* в поля ввода. Рекомендуется определять многоугольную цепь в графическом виде с помощью функции диалога [^]. В поле ввода, соответственно графе таблицы, введите координаты точки, отделенные точкой. Пары координат отделяются одна от другой с помощью точки с запятой.

Пример: координаты угловой точки X, Y [м] 2,3;1.6,4.7;5,45;6,25;3,2

Третья составляющая координат определяется автоматически плоскостью проекции нагрузки. В примере, это Z -координата, которая может быть определена отдельно в поле ввода в диалоговом окне. При графическом определении координат, составляющая несоответствуют, потому что активная рабочая плоскость имеет решающее значение.

Номера крайних точек

При определении линейно переменных нагрузок на область, введите две (*Линейная в X / Y / Z*) или три (*Линейная*) угловые точки с соответствующими значениями нагрузки. Можно определить или в графическом виде выбрать те угловые точки, которые перечислены в разделе диалога *Расположение нагрузки*, используемые для определения граничных линий. Нельзя выбрать узлы RFEM. Поэтому, номера угловых точек относятся к последовательности *Координат крайних точек*.

Величина нагрузки

В графе таблицы соответственно вводном поле, введите числовое значение области нагрузки. Для линейно переменного распределения, нужно ввести два или три значения.

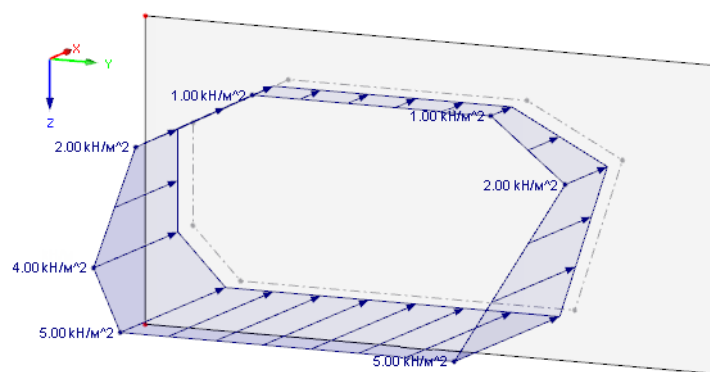


Рисунок 6.42: Многоугольная нагрузка, линейно переменная в направлении Z : плоскость проекции нагрузки YZ и местное направление нагрузки z

6.11 Вынужденные деформации опираемых узлов

Общее описание

Вынужденная деформация узлов является перестановкой или Вращением закрепленного узла, например, благодаря усадке колонны.

Вынужденные деформации узлов могут быть применимы только к узлам, у которых есть опора в направлении деформации.

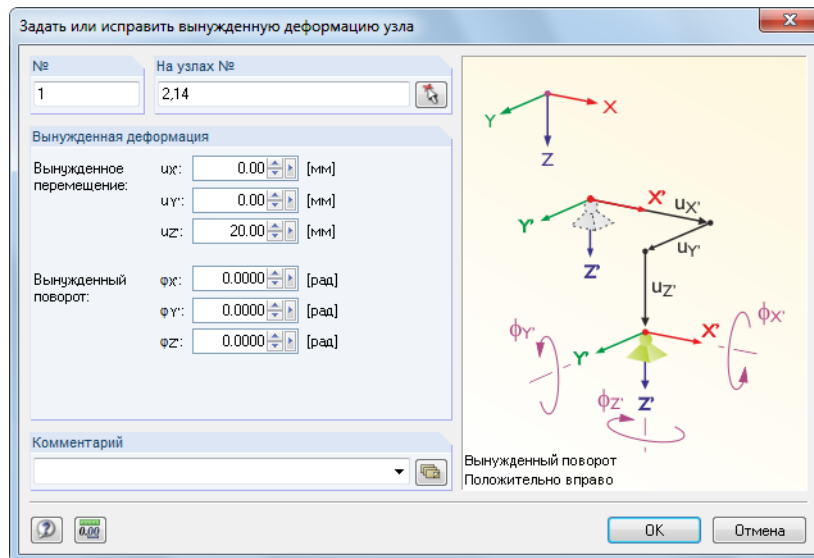


Рисунок 6.43: Диалоговое окно Новая вынужденная деформация узла

№	На узлах №	Перемещение			Поворот			Примечание
		u _x [мм]	u _y [мм]	u _z [мм]	φ _x [рад]	φ _y [рад]	φ _z [рад]	
1	2,14	0,00	0,00	20,00	0,0000	0,0000	0,0000	
2	3	0,00	0,00	35,00	0,0000	0,0000	0,0000	
3								
4								
5								
6								
7								

Рисунок 6.44: Таблица 3.3 Вынужденные деформации узлов

Номер нагрузки назначается автоматически в Диалоговое окно *Новый Вынужденная деформация узла*, но его можно изменить в поле ввода.

На узлах номер

В данном поле ввода введите номера узлов, на которые действует вынужденная нагрузка. В диалоговом окне можно выбрать узлы также в графическом виде с помощью функции [↵].

Когда вы выбрали в графическом виде ввод, нажав кнопку на панели инструментов, поле ввода отключено, и вы должны сначала ввести деформацию. После нажатия [OK] можно выбрать соответствующие узлы один за другим в рабочем окне.



Вынужденное смещение $u_x' / u_y' / u_z'$

Вынужденные перемещения относятся к глобальной системе координат. Если смещение узла опоры не действует параллельно одной из глобальных осей, его составляющие X, Y и Z должны быть определены и введены в соответствующие поля ввода.

Графика в диалоговом окне объясняет, как смещения и знаки являются эффективными.

Вынужденный Вращение $\phi_x' / \phi_y' / \phi_z'$

Вращения узла относятся также к глобальной системе координат X, Y, Z. Таким образом, перекоз, налагаемый вращению, требует разделение на X, Y и Z составляющие.

Положительное налагаемое Вращение действует по часовой стрелке вокруг соответствующей положительной глобальной оси.

6.12 Вынужденные смещения опираемых линий

Общее описание

Вынужденным перемещением линий является перемещение опорной линии, например, благодаря усадке фундамента.

Вынужденные перемещения линий могут быть применены только к линиям, которые поддерживаются в направлении перемещения.

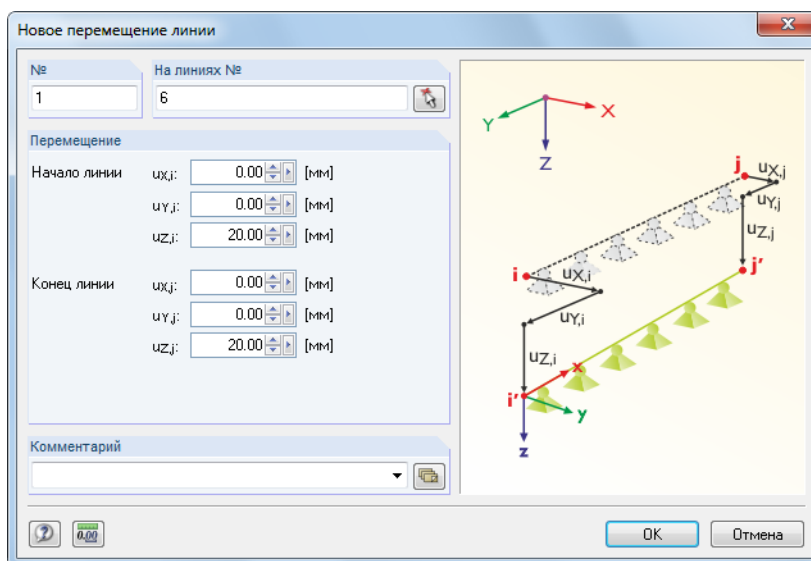


Рисунок 6.45: Диалоговое окно *Новое вынужденное перемещение линии*

№	На линиях №	Перемещение в начале [мм]			Перемещение на конце [мм]			Примечание
		$u_{x,i}$	$u_{y,i}$	$u_{z,i}$	$u_{x,j}$	$u_{y,j}$	$u_{z,j}$	
1	6	0.00	0.00	20.00	0.00	0.00	20.00	
2	3,19	0.00	0.00	25.00	0.00	0.00	25.00	
3								
4								
5								
6								
7								

Рисунок 6.46: Таблица 3.12 *Вынужденные перемещения линий*

Номер нагрузки назначается автоматически в окне диалога *Новое вынужденное перемещение линии*, но его можно изменить в поле ввода.

На линиях номер



В данном поле ввода введите номера линий, на которые действует вынужденное перемещение. В диалоговом окне можно выбрать узлы также в графическом виде с помощью функции [↵].



При выборе графического ввода, поле ввода отключено, и вы должны ввести перемещение в первую очередь. После нажатия [OK] можно выбрать соответствующие линии одну за другой в рабочем окне.

Вынужденное смещение u_x / u_y / u_z

Начало линии

Вынужденные перемещения относятся к глобальной системе координат X,Y,Z. Три поля ввода предназначены для перемещения на начального узла опираемой линии.

Если перемещение опираемой линии не действует параллельно одной из глобальных осей, то должны быть определены его X-, Y-и Z-составляющие.

Конец линии

В полях ввода введите перемещение в конечный узел опираемой линии.



Для визуализации направления линии, используйте навигатор *Отобразить*: Выберите **Модель** → **Линии**: → **Направления Линий** (см. Рисунок 4.26, страница 53).

6.13 Несовершенство

Общее описание



Есть две возможности определения несовершенств в программе RFEM:

- **Эквивалентные нагрузки** применяются к стержням.
- Используется предварительно деформированная **эквивалентная** модель.

В этом разделе описывается несовершенство в виде эквивалентных нагрузок. Подробную информацию о том, как генерировать эквивалентные модели с помощью дополнительного модуля **RF-IMP** найдете в главе 7.3.1 на странице 291.

Чтобы применить несовершенство, стержень должен быть предварительно определен.

Несовершенство представляет собой производственные отклонения в геометрии модели и в свойствах материала. В EN 1993-1-1, п. 5.3, применение несовершенств выполняется в качестве предварительного изгиба (отклонения) и наклона (раскачивания). Таким образом, несовершенство учитывается посредством других равнозначных нагрузок.

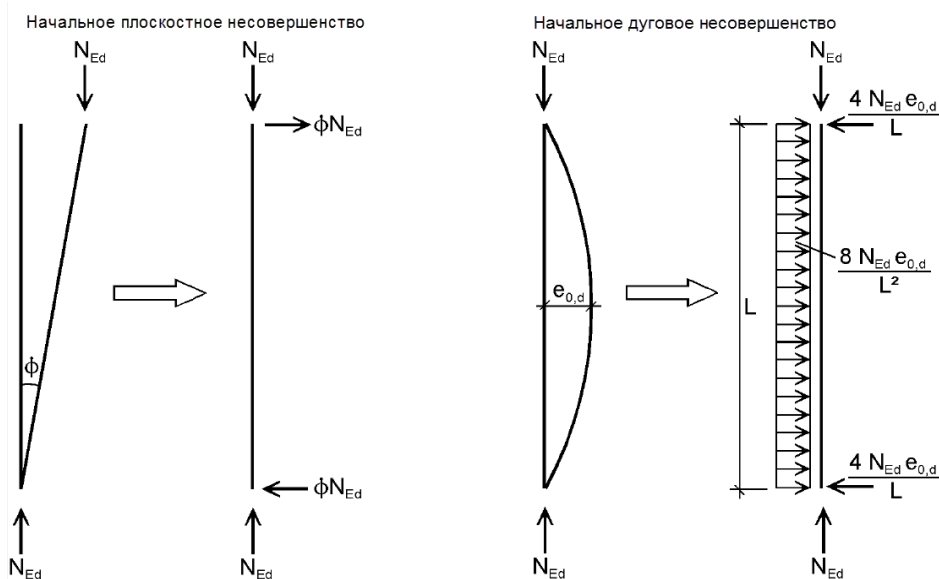


Рисунок 6.47: Эквивалентные нагрузки в соответствии с EN 1993-1-1



Эквивалентные нагрузки также учитывается RFEM, когда расчёты производятся в соответствии с линейным статическим анализом. Пожалуйста, обратите внимание, что чистое загрузение с несовершенством не будет производить внутренних сил. Модель должна дополнительно иметь некоторые "реальные" нагрузки, вызывая осевые силы в стержне с несовершенством.

Рекомендуется управлять нагрузками и несовершенством в отдельных загрузениях. Они могут быть объединены друг с другом надлежащим образом в сочетания нагрузок. Загружения с чистым несовершенством должны быть классифицированы как тип воздействия **Несовершенство** в основных данных для загрузений (см. Рисунок 5.3, страница 183). В противном случае, проверка достоверности будет отображать сообщение из-за отсутствия нагрузок.

Как правило, несовершенство, должно быть установлен сходно с самой низкой потерей устойчивости собственного значения в наиболее неблагоприятном направлении.

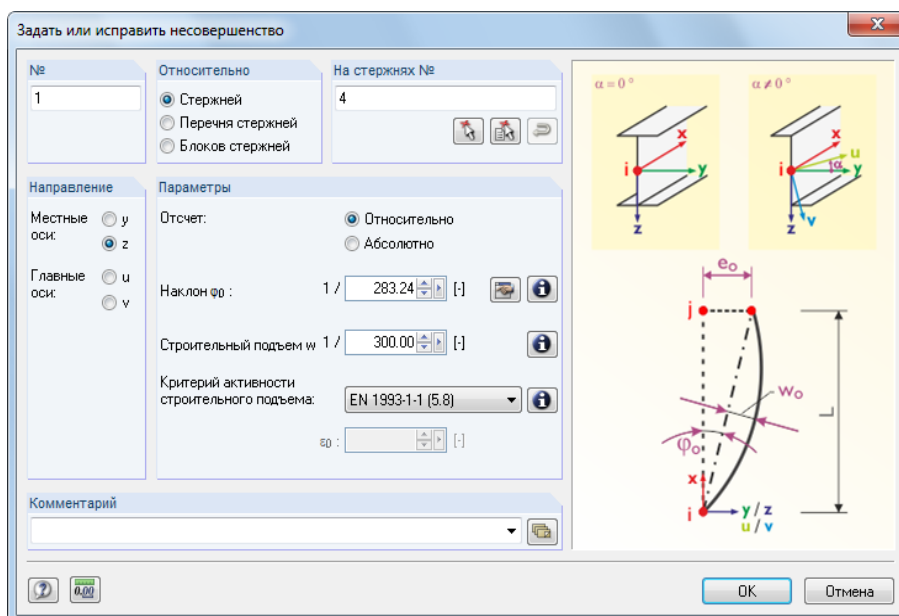
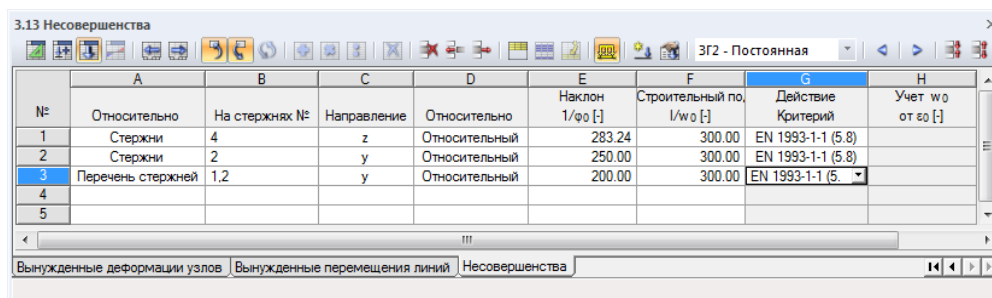


Рисунок 6.48: Диалоговое окно Новое несовершенство



№	A		B		C		D		E		F		G		H	
	Относительно	На стержнях №	Направление	Относительно	Наклон 1/φ ₀ [°]	Строительный по- I/w ₀ [°]	Действие Критерий	Учет w ₀ от ε ₀ [°]								
1	Стержни	4	z	Относительный	283.24	300.00	EN 1993-1-1 (5.8)									
2	Стержни	2	y	Относительный	250.00	300.00	EN 1993-1-1 (5.8)									
3	Перечень стержней	1.2	y	Относительный	200.00	300.00	EN 1993-1-1 (5.8)									
4																
5																

Рисунок 6.49: Таблица 3.13 *Несовершенство*

Номер несовершенства автоматически присваивается в диалоговом окне *Новое несовершенство*, но может быть изменен в поле ввода. Порядок нумерации не имеет значения.

По отношению к

Определите объекты, к которым необходимо применить несовершенство. Следующие опции могут быть выбраны:

Стержни

Несовершенство действует на один отдельный стержень или на каждый стержень нескольких выбранных стержней.

Список стержней

Несовершенство действует на объединение стержней, которые определены в списке. Таким образом, предварительные деформации и склонности не применяются к каждому стержню по отдельности, а в виде общего несовершенства ко всем стержням перечня стержней. Эффекты нагрузки несовершенства на отдельных стержнях в отличие от списка стержней показаны на Рисунок 6.50.

Воспользуйтесь перечнем стержней, чтобы применять несовершенство всех стержней без определения непрерывных стержней.

Блоки стержней

Несовершенство действует на блок стержней или на каждый стержень нескольких выбранных стержней. Как и в списке стержней, описанном выше, параметры применяются к объединению стержней, включенных в блок стержней.

Блоки стержней подразделяются на непрерывные стержни и группы стержней (см. раздел 4.21, страница 171). Несовершенства у блоков стержней могут быть применены к непрерывным стержням, лежащим на одной линии. Они не являются достаточными для групп стержней или непрерывных стержней, которые потеряли устойчивость.

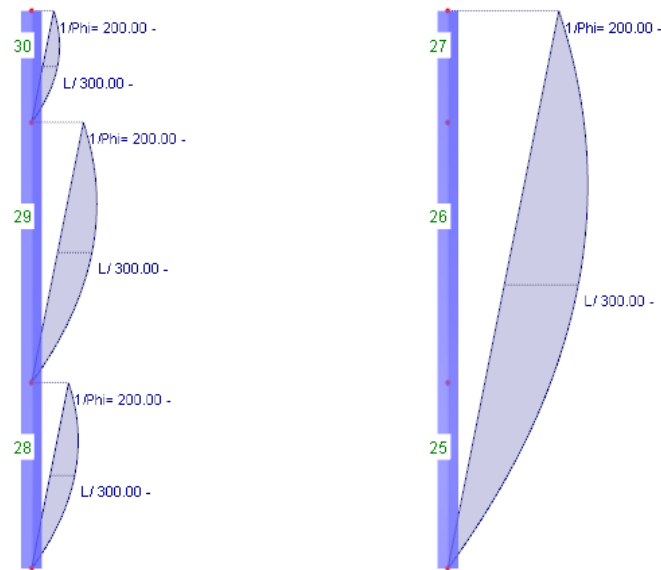


Рисунок 6.50: Несовершенство со ссылкой на стержни (слева) и список стержней (справа)

На стержнях номер

В поле ввода введите номера стержней или блоков стержней, на которых действует несовершенство. В диалоговом окне Можно также выбрать узлы в графическом виде с помощью функции [^].

Когда вы выбрали в графическом виде ввод, нажав кнопку на панели инструментов, поле ввода отключено, и вы должны сначала ввести все данные несовершенств. После нажатия [OK] можно выбрать соответствующие стержни или блоки стержней один за другим в рабочем окне.

Для несовершенств ссылкой на список стержней можно упорядочить номера стержней надлежащим образом с помощью кнопки диалога [Перевернуть направление стержней], например, чтобы изменить наклон в графическом отображении. Однако последовательность не имеет значения для расчётов из-за одинаковых эквивалентных нагрузок.

Направление

Несовершенство может быть применено только в направлении локальных осей стержня u или z . Когда используются несимметричные сечения, главные оси u и v дополнительно доступны для выбора (см. главу 4.13, страница 129). Невозможно определить глобально действующий наклон или предварительный изгиб.

Направление осей стержня описано в главе 4.17, пункт *Вращение стержня* на странице 157. Ось u представляет для симметричных сечений так называемую «сильную» ось, ось z соответственно «слабую» ось сечения стержня.

Если в диалоговом окне был выбран тип модели для плит или стен *Основные данные*, то можно выбрать только направление z .

Соответствие

Значения наклона и предварительного изгиба можно определить двумя способами:

Относительный позволяет ввести взаимные значения φ_0 и w_0 по отношению к длине стержня, *Абсолютный* позволяет непосредственное определение геометрических размеров.

Наклон $1/\varphi_0$

φ_0 указывает на степень наклона, как это описано, например, в EN 1993-1-1, пункт 5.3.2. Введите ответное значение φ_0 , соответственно абсолютное значение, в поле ввода. Все



иллюстрации параметров могут отображены в диалоговом окне, с использованием кнопки [Инфо].

Кроме того, в диалоговом окне находится кнопка [Рассчитать наклон], предназначенная для расчёта наклона в соответствии с различными нормами в отдельном диалоговом окне.

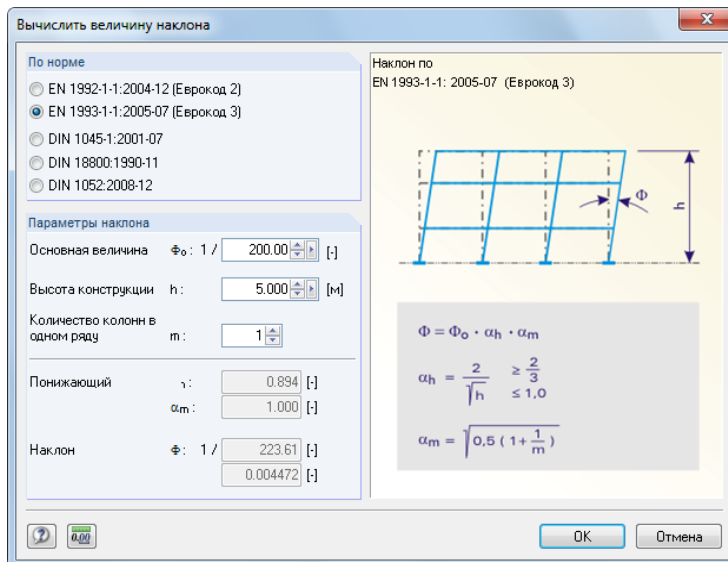


Рисунок 6.51: Диалоговое окно *Вычислить величину наклона*

В зависимости от настройки, выбранной в разделе диалога *В соответствии со нормой*, в разделе диалога *Параметры наклона* доступны различные поля ввода. На основе значений, введенных в полях ввода в диалогах, в соответствии с нормами рассчитываются понижающие коэффициенты и наклоны. Нажмите [ОК], чтобы передать значения в исходное диалоговое окно.

Кривизна I/w₀

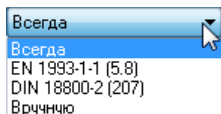
Кривизна w₀ или e_{0,h} определяет степень отклонения, которая должна применяться в соответствии с нормой (например, DIN 18800 часть 2, ур. (204) или EN 1993-1-1, пункт 5.3.2). Кривизна зависит от продольного изгиба кривой напряжения сечения и связана с длиной стержня L или введена как абсолютное значение.

Критерий воздействия

Для того, чтобы определить, каким образом кривизна обрабатывается во взаимодействии с наклонами стержня, для выбора доступны следующие опции:

- **Кривизна**
всегда учитывается во всех случаях.
- **EN 1993-1-1 (5.8)**
Влияние кривизны e_{0,d} применяется для стержней с отношением ширины к длине $\bar{\lambda}$, определенным по EN 1993-1-1:2005, пункт 5.3.2 (6), уравнение (5.8).
- **DIN 18800-2 (207)**
w₀ применяется только для коэффициентов стержня ε, превышающих определенное значение. Данное положение относится к DIN 18800, часть 2, el. (207).
- **Вручную**
Критерий активности может быть определен пользователем.

Для отображения критерия в диалоговой графике, используйте кнопку [Инфо].



Рассмотреть кривизну w_0 от ε_0

Кривизна рассматривается в дополнение к наклону, если коэффициент стержня ε выше, чем значение, определённое в этом поле ввода. DIN 18800-2 уравнение (207) устанавливает $\varepsilon > 1.6$ для большинства случаев.

6.14 Сгенерированные нагрузки

RFEM предлагает несколько генераторов, которые можно использовать для того, чтобы легче создавать нагрузки (см. главу 11.8, страница 563 и след.). Созданные нагрузки на стержни или поверхности отражены в таблице 3.14 и в навигаторе *Данные*.

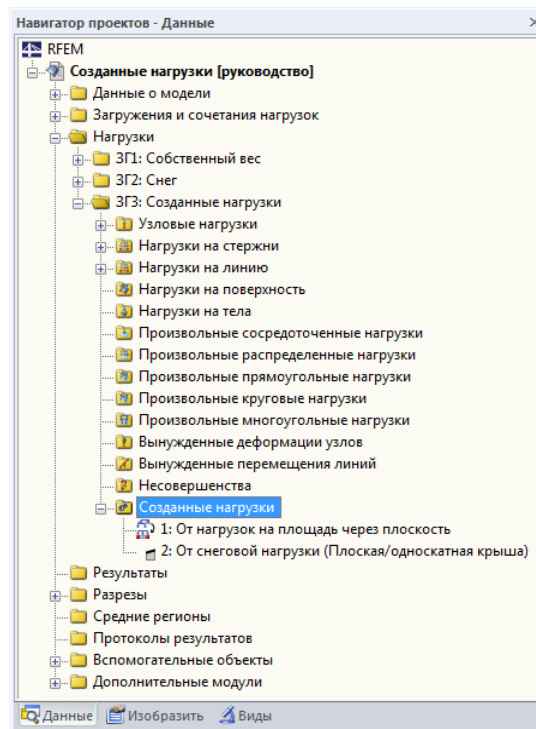
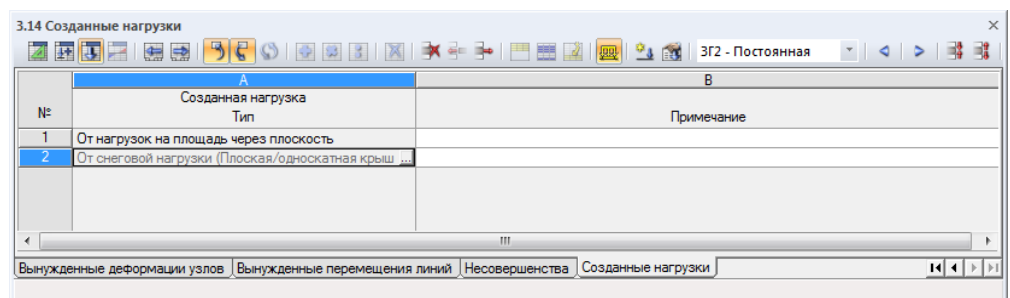


Рисунок 6.52: Навигатор Данные для Генерированных нагрузок



№	Созданная нагрузка	Тип	Примечание
1	От нагрузок на площадь через плоскость		
2	От снеговой нагрузки (Плоская/односкатная крыша ...)		

Рисунок 6.53: Таблица 3.14 Генерированные нагрузки



Диалоговые окна оригинального генератора хранятся в виде конкретных объектов нагрузок, которые также могут быть доступны для модификации: Дважды щелкните на пункт навигатора или используйте кнопку стола [...], чтобы открыть исходное диалоговое окно снова (см., например, Рисунок 11.194, страница 575), где можно настроить параметры генерации нагрузки.

7. Расчет

7.1 Проверка исходных данных

Перед началом расчёта, рекомендуется проверить данные о конструкции и нагрузках, а также данные модели. При проверке выявляется наличие всех необходимых данных об отдельных элементах конструкции и нагрузках, если соотношения между данными определены правильно и соответствие модели данным соотношениям.

Возможные ошибки можно быстро исправить, потому что доступ к неправильной строке возможен непосредственно из таблицы (см. Рисунок 7.2).

7.1.1 Проверка достоверности



В программе RFEM можно проверить достоверность введенных данных о конструкции и нагрузках. Чтобы запустить проверку достоверности, выберите **Проверка достоверности** в меню **Инструменты** или используйте соответствующую кнопку на панели инструментов.

Откроется диалоговое окно для определения входных данных для перепроверки.

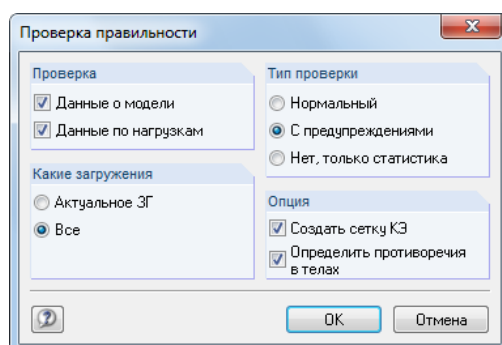


Рисунок 7.1: Диалоговое окно *Проверка достоверности*

В разделе *Тип проверки* можно выбрать один из трех вариантов:

- **Нормальный**

Речь идет о нормальной проверке, при которой проверяется полнота введенных параметров и правильность заданных соотношений.

- **С предупреждением**

После выбора данного варианта, будет проведена детальную проверку, при которой программа также ищет узлы с одинаковыми координатами или узлы с неограниченными степенями свободы.

При обнаружении несоответствия, появится сообщение с подробной информацией об ошибке. Пользователь может прервать проверку, и сразу устранить ошибку.

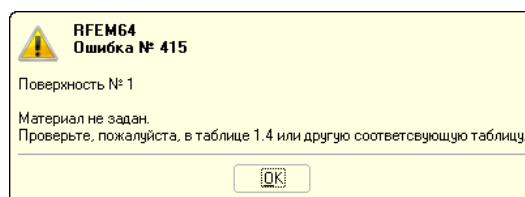


Рисунок 7.2: Проверка достоверности с предупреждением

- **Только статистика**

Данная функция служит для отображения итога введенных данных, например размеры конструкции, общий вес, количество узлов, линии, опоры, нагрузка на стержень или на поверхность и т.д.).

С помощью отметки флажка *Создать сеть элементов* в ходе проверки достоверности может быть создана сеть КЭ. Для получения более подробной информации см. раздел 7.2 на странице 276.

Итог введенных данных будет отображена всегда после успешного проведение всех трех типов проверки достоверности.

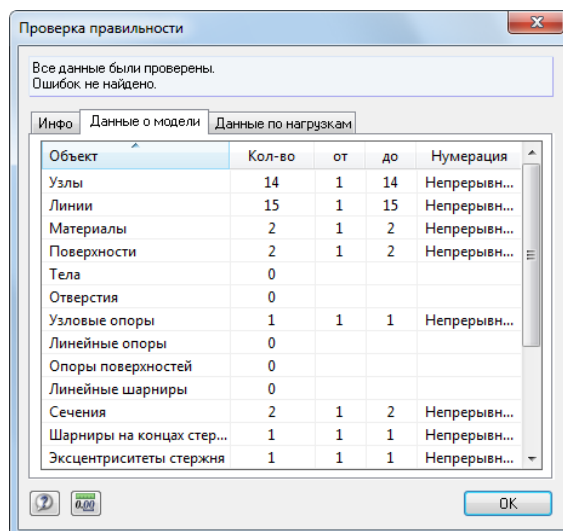


Рисунок 7.3: Результат проверки достоверности, вкладка *Данные о модели*

7.1.2 Проверка модели конструкции

Кроме общей проверки достоверности, которая описана выше, можно провести детальную проверку модели, при которой программа специально ищет ошибки, возникшие при моделировании. Чтобы открыть запустить проверку, выберите **Проверка модели** в меню **Инструменты**.

Пользователь может выбрать один из нескольких вариантов проверки.

Идентичные узлы

Программа RFEM фильтрует все узлы с одинаковыми координатами. Они объединены в группы, показанные в диалоговом окне.



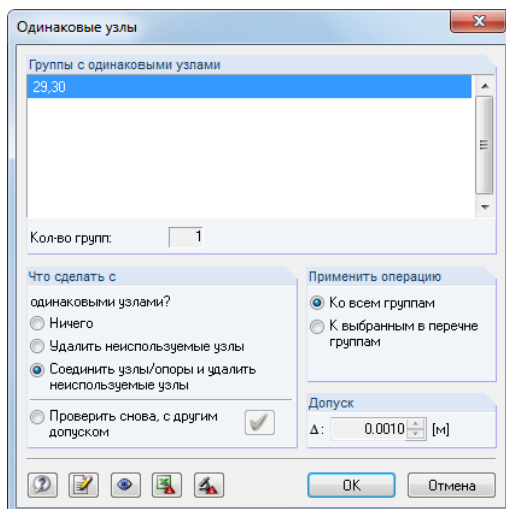


Рисунок 7.4: Результаты проверки модели для идентичных узлов

В разделе диалога *Что сделать с одинаковыми узлами*, можно решить какие двойные узлы будут применяться. В разделе диалога *Применить операцию*, вы определяете применяется ли ваш выбор для всех групп, перечисленных выше, или только к выбранной строке.

В разделе диалога *Допуск*, своего рода тонкая настройка доступна для определения зоны, где координаты оцениваются как идентичные. Эта функция особенно полезна для моделей, импортированных из программ САПР. В этом случае линии часто короткие из-за узлов, лежащих в тесном взаимодействии. Если такие узлы фильтруются с соответствующим допуском, а затем унифицируются, то можно избежать численных проблем из-за коротких стержней или линий.

Перекрывающиеся стержни



Используйте эту опцию для фильтрации всех стержней, перекрывающихся длинами частично или полностью.

Если перекрывающиеся стержни обнаружены, они будут показаны в диалоговом окне, где они сортируются по группам. Текущая группа будет обозначена стрелкой, отображенной в рабочем окне. После нажатия на кнопку [OK], можно решить эту проблему.

Перекрещивающиеся несоединенные стержни



Проверка ищет стержни, которые пересекаются, но не имеют общего узла в точке пересечения.

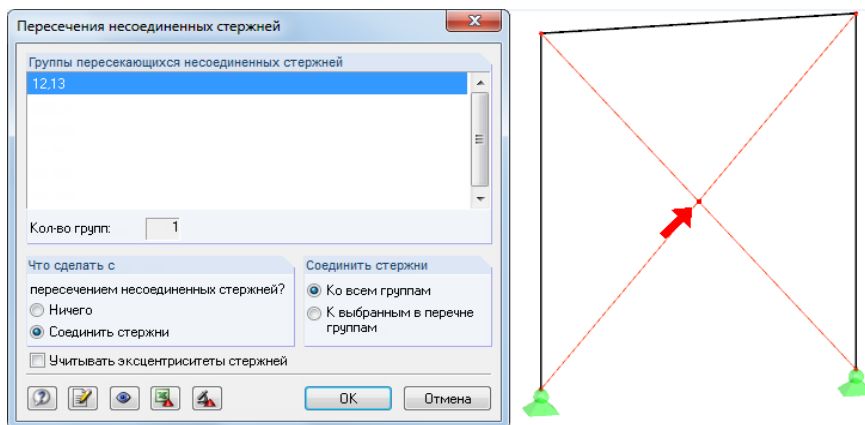


Рисунок 7.5: Результаты проверки модели для пересечения стержней

Результаты проверки показаны в диалоговом разделе *Группы пересекающихся несоединенных стержней*. Стержни пересечения перечислены в группах. Группа, которая в данный момент выбрана, обозначается стрелкой на графике.

В разделе диалога *Что сделать с*, вы решаете что вы хотите сделать со стержнями пересечения. Опция *Соединить стержни* полезна для реальных возможностей передачи внутренней силы, но, например, не для обычных диагональных пересечений со связями.

Перекрывающиеся линии

Используйте эту опцию для фильтрации всех линий, перекрывающихся длинами частично или полностью.

Если перекрывающиеся линии обнаружены, они будут показаны в диалоговом окне, где они сортируются по группам. Текущая группа будет обозначена стрелкой, отображенной в рабочем окне. После нажатия на кнопку [OK], можно решить эту проблему.

Перекрещивающиеся несоединенные линии

Используйте эту опцию для поиска линий, пересекающих без разделения общего узла в точке пересечения. Результаты показаны в диалоговом разделе *Группы пересекающихся несоединенных линий* (см. Рисунок 7.5). Перекрестные линии входят в группы. Группа, которая в данный момент выбрана, обозначается стрелкой на графике.

В разделе диалога *Что сделать с*, вы решаете как рассматривать пересекающиеся линии.

Перекрывающиеся поверхности

Используйте эту опцию для фильтрации всех поверхностей, перекрывающихся частично или полностью.

Если перекрывающиеся поверхности обнаружены, они будут показаны в диалоговом окне, где они сортируются по группам. Текущая группа будет обозначена выбором цвета, показанным в рабочем окне. После нажатия на кнопку [OK], можно решить эту проблему.

Поверхностями с минимальной кривизной

Можно искать поверхности с незначительным отклонением плоскости.

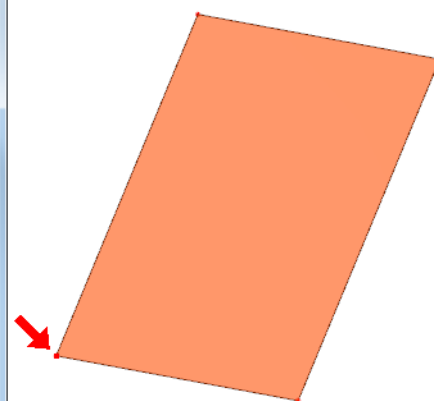
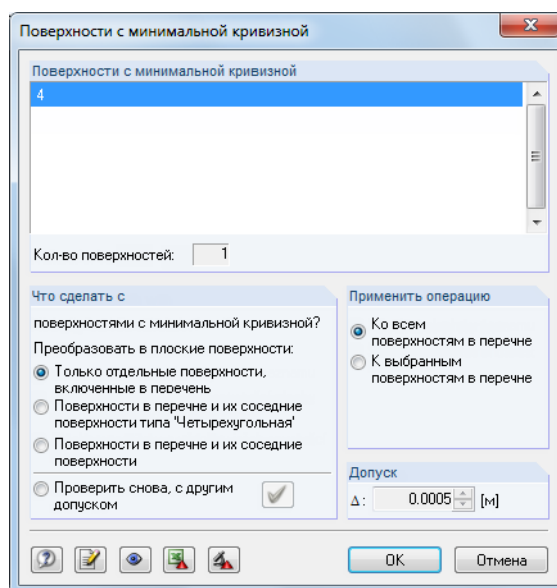


Рисунок 7.6: Результаты проверки модели для минимально изогнутых поверхностей

Если поверхности с незначительной кривизной обнаруживаются, они будут показаны в диалоговом окне, где они сортируются по группам. Текущая группа с углом отклонения от плоскости, обозначена стрелкой, отображенной в рабочем окне.

Раздел диалога *Что сделать* с предлагает вам специальные возможности проверки как рассматривать данные поверхности. В разделе диалога *Применить операцию*, вы решаете, применяется ли ваши настройки для всех групп, перечисленных выше, или только к выбранной поверхности



В диалоговом разделе *Допуск* своего рода тонкая настройка доступен для определения плоскости. Кроме того, можно *проверить снова с другими допусками* на изогнутых поверхностях в случае модификации.

Кнопки

Кнопки в диалоговых окнах проверки модели имеют следующие функции:





	Применяют изменения диалогового раздела <i>Что сделать с</i>
	Переход к RFEM рабочему окну для регулировки вида
	Экспорт перечисленных объектов в таблицу Excel
	Создает новый частичный вид для каждой группы объектов

Таблица 7.1: Кнопки в диалоговых окнах проверки модели

7.1.3 Повторное генерирование модели



RFEM пересматривает автоматически небольшие несоответствия, существующие в модели, произошедшие в процессе моделирования или вытекающие из обмена данными с программами САПР. Чтобы получить доступ к соответствующей функции,

выберите **Повторно сгенерировать модель** в меню **Инструменты**.

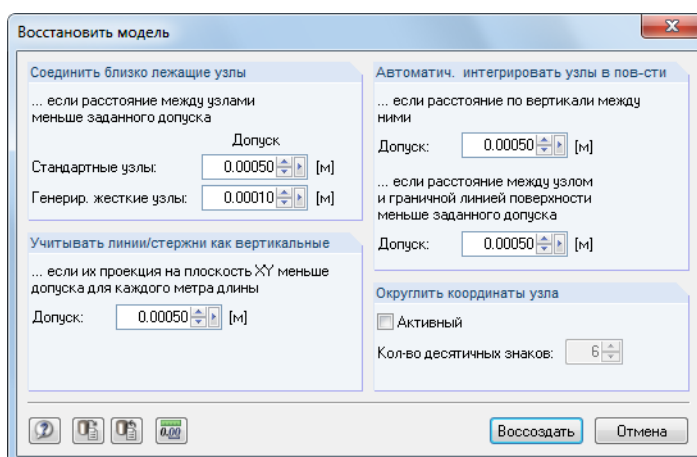


Рисунок 7.7: Диалоговое окно *Восстановить модель*

В диалоговом разделе *Соединить близко лежащие узлы*, определите порог для расстояний узлов: Если значение падает ниже *Допуска*, узлы считаются идентичными и будут объединены в один узел. Как избыточные узлы будут удалены, изменение нумерации объектов может быть результатом.

В разделе диалога *Учитывать линии/стержни как вертикальные*, можно контролировать положение местной линии и осей стержней. Направление осей для стержней в вер-

тикальном положении существенно отличается от стержней в основной (склонны) позиции (см. главу 4.17, страница 158). Чтобы наложить вертикальное положение для общего положения, можно использовать поле ввода *Допуск*. Таким образом, можно предотвратить оси стержня от «переключения», которое также благоприятно для ввода нагрузки и вывода внутренних сил.

Используйте опции в диалоговом разделе *Автоматически интегрировать узлы в поверхности* для узлов с только очень небольшим расстоянием к поверхности или границе, чтобы включить их автоматически в список интегрированных объектов поверхности (см. страницу 87). В результате, ручная интеграция является необходимостью. Обратите внимание, что внутренняя проверка проводится до начала расчёта: Если расстояние узлов до поверхности слишком велик, они будут рассматриваться как не принадлежащие к поверхности.

Наконец, можно активировать функцию *Округлить координаты узла* автоматически. Определите соответствующие количество знаков после запятой.

7.1.4 Удаление неиспользуемых нагрузок

Нагрузки могут быть определены только на объектах, существующих в модели. Тем не менее, в процессе моделирования может случиться, что стержни или поверхности с назначенными нагрузками удаляются из системы. Как правило, RFEM удаляет их нагрузки тоже. Если проверка достоверности по-прежнему находит нагрузки на несуществующих объектах, можно удалить их. Чтобы найти неиспользуемые нагрузки,

укажите на **Удалить нагрузки** в меню **Инструменты** и затем выберите **Неиспользуемые нагрузки**.

Применить меню, отображенное слева, для выбора также других объектов нагрузки для специального перемещения.

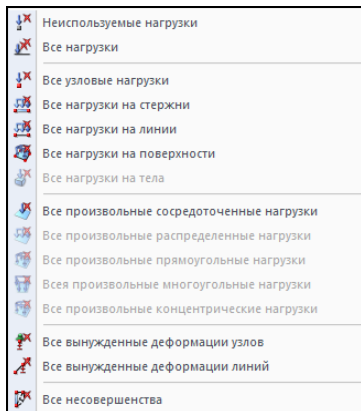
7.2 Сетка конечных элементов

С программой RFEM можно рассчитывать элементы стержней, плиты, стены, своды и сплошные тела. Перед расчётом данных, сетка КЭ должна быть сгенерирована для создания соответствующих 1D-, 2D и 3D элементов.

Анализ КЭ требует разделение конструктивной системы на мелкие подсистемы, представленные конечными элементами. Для каждого элемента устанавливаются условия равновесия. Создается линейная система уравнений, у которой много неизвестных величин. Чем больше уточнены размер ячеек конечных элементов, тем точнее будут результаты. С другой стороны, чрезвычайно увеличивается время вычисления из-за количества данных, которые должны быть рассчитаны, в качестве дополнительных уравнений должны быть решены для каждого дополнительного узла КЭ.

Сетка КЭ создается автоматически. Тем не менее, есть несколько вариантов управления созданием сетки.

Полезные ссылки, касающиеся дискретизации и метода конечных элементов можно найти в [15].



Меню *Инструменты* → *Удалить нагрузки*



7.2.1 Основы конечных элементов в программе RFEM

1D элементы

Для элементов стержня, предполагается, что поперечное сечение при деформации остается плоским.

1D элементы стержня используются для представления балок, ферм, ребер, кабелей и жестких соединений.

У 1D элемента стержня в общей сложности 12 степеней свободы: шесть в начале и шесть в конце элемента. Они относятся к перемещениям (u_x, u_y, u_z) и вращениям ($\varphi_x, \varphi_y, \varphi_z$). При расчёте данных конструкции линейно, растяжение, сжатие и кручение выражены в виде линейных функций от оси x стержня, независимо от изгиба и сдвига. Они аппроксимируются полиномом 3-го порядка по x , в том числе влиянием касательных напряжений в результате поперечных сил V_y и V_z . Матрица жесткости $K_L(12, 12)$ описывает линейное поведение 1D элементов. Взаимное взаимодействие осевой силы с изгибом в случае геометрически нелинейных задач выражается в матрицу жесткости $K_{NL}(12, 12)$. Подробную информацию можно найти в [18] и [19].

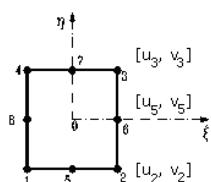
Для расчётов в соответствии с анализом больших деформаций рекомендуется использовать дробление линий сетки КЭ (см. раздел 4.23, страница 179), так что результаты могут быть рассчитаны точно.

2D элементы

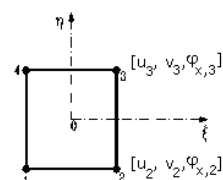
Как правило, четырехугольные элементы используются в качестве 2D элементов. Генератор сетки добавляет треугольные элементы, где это необходимо.

Степени свободы в угловых узлах четырехугольных и треугольных элементов такие же, как у 1D элементов: степени свободы перемещения (u_x, u_y, u_z) и вращения ($\varphi_x, \varphi_y, \varphi_z$). Таким образом, совместимость 1D и 2D элементов в узлах гарантирована. Параметры определяются в плоской, локальной системе координат элементов и будут преобразованы в глобальной системе координат при создании глобальной матрицы жесткости.

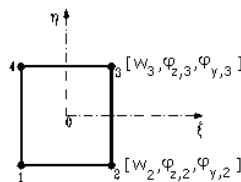
Доля эффекта мембраны



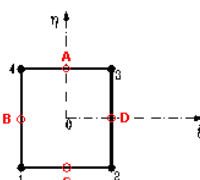
Исключение промежуточных точек



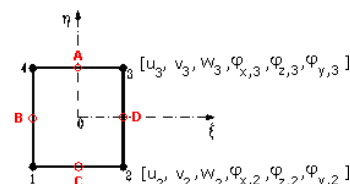
Доля изгиба (MITC4 по Бату)



Подключение поперечных деформаций сдвига в точках A, B, C, D



Составной элемент оболочки



Деформации сдвига: γ_{xz}, γ_{yz}

Рисунок 7.8: элементы оболочки RFEM (четырёхугольник)

Плоские элементы оболочки основаны на теории Миндлина/РЕЙССНЕРА. Рисунок 7.8 показывает подходы элементов в графическом виде представлений. Для обеспечения прямой связи с элементами стержня, выбирается подход квадрата в плоскости оболочки (u_x, u_y). Устраняя промежуточные узлы, элемент с четырьмя узлами создается с дополнительной степенью свободы φ_x . Это позволяет стеновым элементам соединяться напрямую с балочными элементами. На основе смешанной интерполяции поперечных деформаций,

вращения сечений, а также перпендикулярные деформации при сдвиге, элементы MITC4 (Смешанная интерполяции тензорных компонентов), приводимых БАТЕМ и ДВОРКИНЫМ [24], также применяются.

На данный момент, элементы стержня рассматриваются непосредственно решением дифференциального уравнения согласно анализу второго порядка. Учет эффектов свертывания не возможен с кручением Сен-Венана.

Анализ мембран основан на принципах БЕРГАНА [20], [21], [22]. Основные функции подразделяются, например, для треугольных элементов в три деформации сплошного тела, три постоянных условия деформации и три специальные линейные градиенты напряжения и деформации. В элементе, поле деформации является квадратичным и поле напряжений является линейным. Матрица жесткости элементов \mathbf{K}_L затем преобразуется в девять коллективных параметров типов u_x, u_y, φ_z . Компоненты этой матрицы затем добавляются к общей матрице жесткости (18, 18), вместе с компонентами, вызывающими изгиб и эффекты сдвига. Эта матрица является результатом концепции Линн/Диллона. Затем, применяются так называемые плиты Миндлина, это означает, что плиты с искажением отдельного сдвига анализируются в соответствии с методом Тимошенко. Таким образом, RFEM способен найти правильное решение для обоих толстых и тонких плит (НАВЬЕ плиты).

В случае геометрически нелинейных задач, не возможно разделить состояние напряжения-деформации в плоское состояние и в изгиб со сдвигом. Взаимные влияния этих состояний рассматриваются в матрице \mathbf{K}_{NL} . RFEM использует довольно простой, но эффективный тип \mathbf{K}_{NL} матрицы, которая основана на подходах ЗЕНКЕВИЧА [23]. Применяется квадратный компонент ε_2 из тензора деформаций ГРИН/ЛАГРАНЖА $\varepsilon = \varepsilon_1 + \varepsilon_2$. Предполагается линейное распределение $u_z(x, y)$ плоского состояния напряжения и линейных распределений $u_x(x, y)$ and $u_y(x, y)$ взаимодействия с изгибом. Это предположение возможно, потому что основной эффект взаимодействия зависит от первого вывода дифференциального уравнения, и потому влияние компонентов более высокого порядка быстро уменьшается с делением на более мелкие элементы. Правильность этой процедуры была доказана несколькими численными расчетами.



Чтобы применить элементы оболочек, толщина элементов должна быть значительно меньше, чем их размер. Если это не так, то рекомендуется моделировать объекты в виде тел.

3D элементы

Следующие 3D элементы реализованы в RFEM: тетраэдр, пятигранник (призма, пирамида) и шестигранник. Более подробную информацию о применяемых элементах и матрицах вы найдете в [48]. Соответствующую документацию можно запросить в DLUBAL SOFTWARE GMBH.

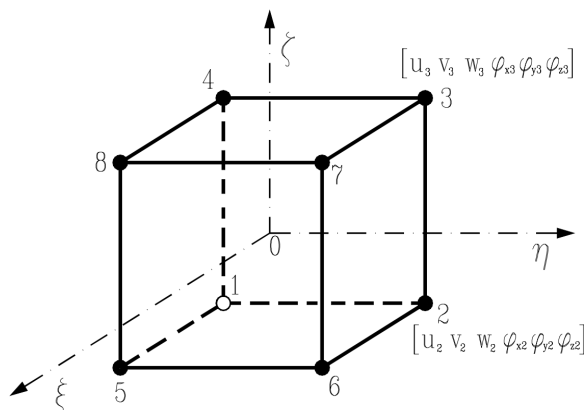


Рисунок 7.9: Сплошной элемент (шестигранник)

7.2.2 Параметры сетки КЭ



Чтобы открыть диалоговое окно для настройки параметров сетки КЭ, выберите **Параметры сетки КЭ** в меню **Расчёт**.

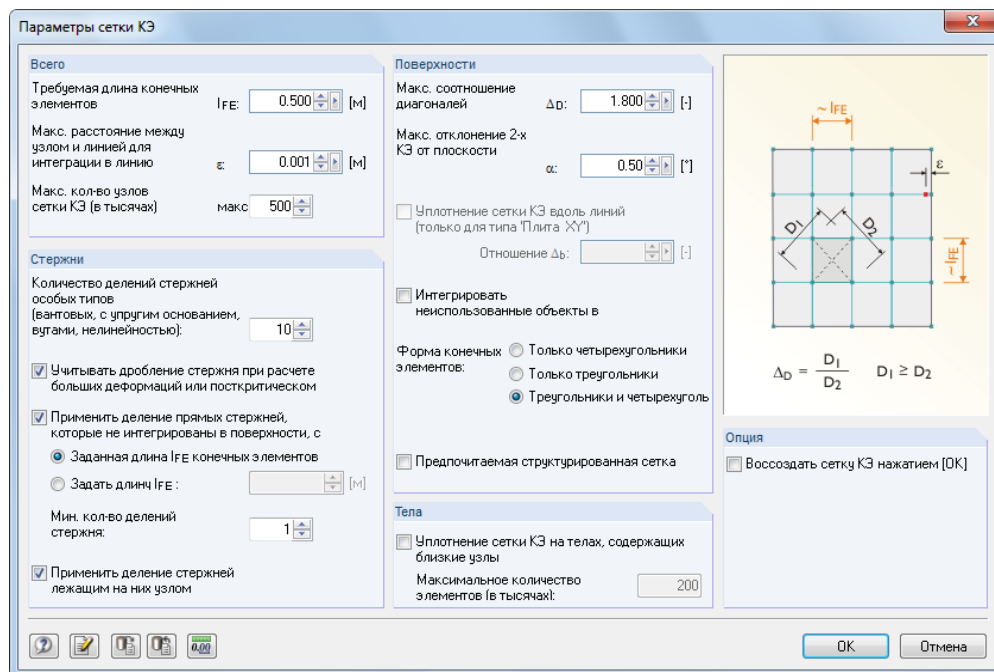


Рисунок 7.10: Диалоговое окно *Параметры сетки КЭ*

Общие

Требуемая *длина конечных элементов* контролирует глобальный размер сетки. Чем тоньше сетка, тем обычно будут более точные результаты. Тем не менее, количество данных, которые должны быть рассчитаны, а также время вычисления увеличиваются, также как дополнительные уравнения должны быть решены в любом дополнительном узле КЭ. Кроме того, эффекты сингулярности возникают чаще в мелкоячеистой сетки КЭ.



Для выполнения расчёта КЭ необходима дискретизация. Размер ячейки, который слишком тонкая, значительно замедляет расчёт без улучшения качества результатов. Требуемая длина, которая слишком продолжительная, не может определить граничные условия удовлетворяющим образом. Как правило, для соответствующей боковой длины конечных элементов может быть дана следующая рекомендация: между граничными линиями поверхности должно быть сгенерировано от восьми до десяти конечных элементов. По возможности избегайте определения менее четырех элементов.

Во втором поле ввода этого раздела диалога, вы определяете допустимое расстояние узлов сетки ϵ от линии. Если расстояние узла больше, чем введенное значение, для него будет создан новый узел КЭ.

Максимальное *количество узлов сетки* определяется с верхним пределом в последнем поле ввода диалогового раздела *Основные* для ограничения количества создаваемых узлов и, таким образом, обеспечивая эффективность программы и компьютера.

Стержни

Для кабеля, основания и стержней с вутами или стержней с пластическими свойствами, можно указать количество внутренних структурных разделений, что приводит к реальному разделению стержня с помощью промежуточных узлов. Тем не менее, если стержень размещен на граничной линии поверхности или если линия определения дробления сетки КЭ, спецификация не имеет никакого эффекта.

Отметьте флажок *Учитывать дробление стержня при расчёте больших деформаций или посткритическом расчёте* чтобы разделить также балки промежуточными узлами для расчёта в соответствии с анализом больших деформаций так, чтобы эти стержни рассчитывались с более высокой точностью. Число делений стержней определяется в поле ввода выше.

Если вы выберете *Применить дробление также для прямых стержней, которые на интегрированы в поверхности*, узлы КЭ будут созданы на всех свободных стержнях и будут учтены в расчётах в соответствии с линейной статическим анализом и анализом второго порядка. Длина конечных элементов либо определяется глобальной требуемой длиной $l_{кэ}$, установленной в разделе диалога *Основные* или будет введена вручную.

С отметкой опцию *Использовать деление для стержней с узлами, лежащими на них*, RFEM генерирует узлы КЭ на тех местах стержня, где находятся конечные узлы других стержней, без всякой связи, существующей между этими стержнями.

Поверхности

Наиболее точные результаты определяются для элементов, по форме подходящих как можно к квадрату. Для квадрата, отношение диагоналей $D_1/D_2=1$. В поле ввода *Макс. соотношение диагоналей прямоугольника КЭ*, введите предельное значение Δ_D для соотношения диагоналей. Если это значение установлено слишком высоко, существует риск того, что элементы создаются с очень острыми углами или с углами, большими чем 180 градусов. Это может привести к численным проблемам.

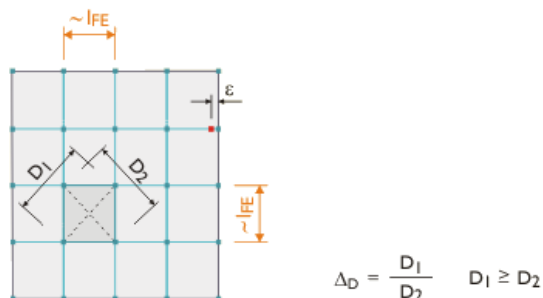


Рисунок 7.11: Элементы с диагоналями D_1 и D_2

Изогнутая поверхность превращается в плоские элементы при создании сетки КЭ. Введенное значение в поле ввода *Максимальное отклонение от плоскости двух конечных элементов* определяет максимально допустимый угол наклона α . Сетка будет автоматически уточнена на месте, где превышено значение.



Рисунок 7.12: Угол наклона α между двумя конечными элементами

Если модель определяется как плита типа *2D - в XY*, можно указать *Дробление сетки КЭ вдоль линий*, чтобы создать меньшие конечные элементы на всех линиях, и, таким образом, чтобы приблизить лучше, например, результаты вдоль линий опор. Отношение Δb относится к глобальному размеру сетки. Оно описывает расстояние от края уплотнения от линий.

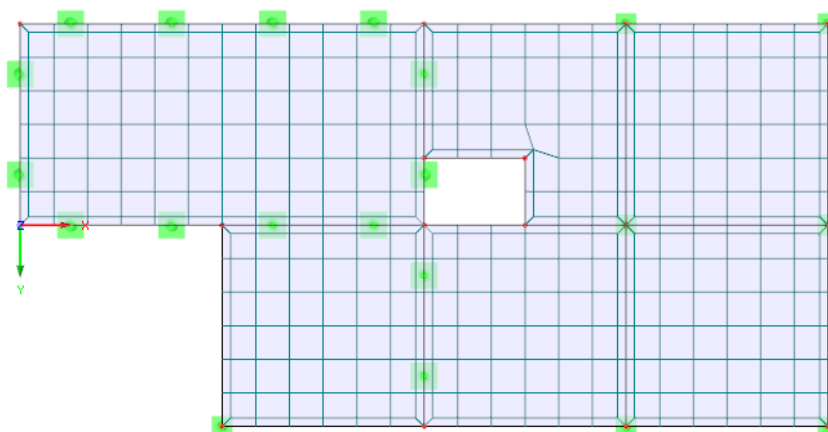


Рисунок 7.13: Дробление сетки КЭ вдоль граничных линий 2D-плиты

Отметьте флажок *Интегрировать также неиспользованные объекты в поверхности* для создания узлов КЭ также на объектах, которые не имеют никакой конкретной функции для поверхности (например, свободные узлы без опоры или нагрузки, конструкционные линии в поверхностях). Функция отключена по умолчанию, так что структурно не относящиеся к делу объекты не деформируют сетку КЭ.

Форма *конечных элементов* может быть определена с помощью следующих трех вариантов:

- Треугольники и четырехугольники: параметры по умолчанию
- Только треугольники: вариант в случае четырехугольников вызывает сильные искажения сетки
- Только четырехугольники: вариант для более высокой точности результатов

Опция отметки флажка *Предпочитаемая структурированная сетка* предполагает попытку выровнять сетку КЭ по граничным линиям поверхности. Данный тип создания сетки КЭ может быть определен для каждой поверхности отдельно (диалоговое окно *Изменить поверхность*, вкладка *Сетка КЭ*).

Предпочитаемая сетка состоит исключительно из четырехугольников. В общем случае, отображаемая сетка обеспечивает "более точные результаты". Так же неизвестные величины встречаются реже в системе уравнений, это рекомендуется для генерации сетки.

Возможность

Отметьте флажок *Воссоздать сетку КЭ нажатием [OK]* если вы хотите создать новую сетку КЭ после подтверждения окна диалога.

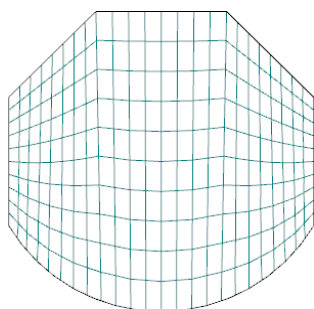
7.2.3 Дробление сетки КЭ

Воспользуйтесь возможностью дробления сетки КЭ для того, чтобы повлиять на создание сетки КЭ. Можно закончить сетку на соответствующих точках, например в зонах соединения. Дробления также используются, чтобы сделать соответствующий компромисс между точностью результатов и временем вычисления.

В принципе, есть четыре типа дробления сетки КЭ:

- Дробление вокруг узла
- Дробление на линии
- Дробление на поверхности
- Дробление на сплошном теле

Определение дробления сетки КЭ описано в главе 4.23 на странице 177.



Предпочитаемая сетка КЭ

7.2.4 Генерирование сетки КЭ



Для запуска создания сетки КЭ,

выберите **Создать сетку КЭ** в меню **Расчёт**.

Кроме того, сетка КЭ генерируется автоматически при запуске расчёта загрузки. Тем не менее, настоятельно рекомендуется проверить сгенерированную сетку перед началом расчёта, а также проверить доступность достаточности и "гармоничной" дискретизации или если области дробления по-прежнему необходимы.

С другой стороны, области малых значений для оценки результатов могут быть покрыты более крупноячейковой сеткой КЭ. Например, определяют поверхность "дробления сетки" с размером ячейки больше, чем целевая длина l_{FE} . Таким образом, можно ускорить расчёт, а также оценку.



Когда создание сетки КЭ было успешным,

выберите **Статистика сетки КЭ** в меню **Расчёт**

чтобы открыть диалоговое окно с информацией о созданной сетке КЭ.

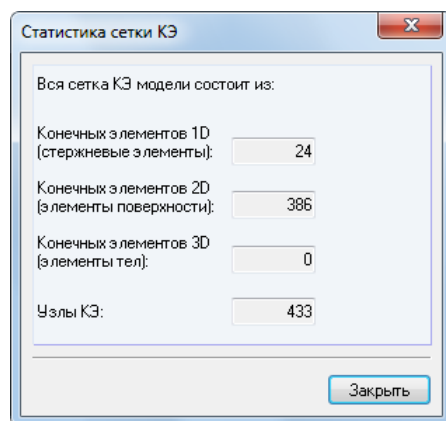


Рисунок 7.14: Диалоговое окно *Статистика сетки КЭ*

Статистика показывает, типы и количество сгенерированных конечных элементов, что является полезным для выбора соответствующего метода решения уравнения и оценки примерного времени вычисления (см. главу 7.3, страница 296).



Сетка КЭ удаляется автоматически при изменении данных модели. Кроме того, можно удалить сетку в частности. Для активации соответствующей функции,

выберите **Удалить сетку КЭ** в меню **Расчёт**.

Пожалуйста, обратите внимание, что все результаты, которые могут быть доступны, будут тоже удалены.

7.3 Параметры расчёта

Диалоговое окно *Редактировать загрузки и сочетания*

При создании загрузок и сочетаний нагрузок, уже можно определить параметры расчёта. Параметры можно указать в соответствующих вкладках диалогового раздела *Параметры расчёта* в диалоговом окне *Изменить загрузки и сочетания нагрузок*.

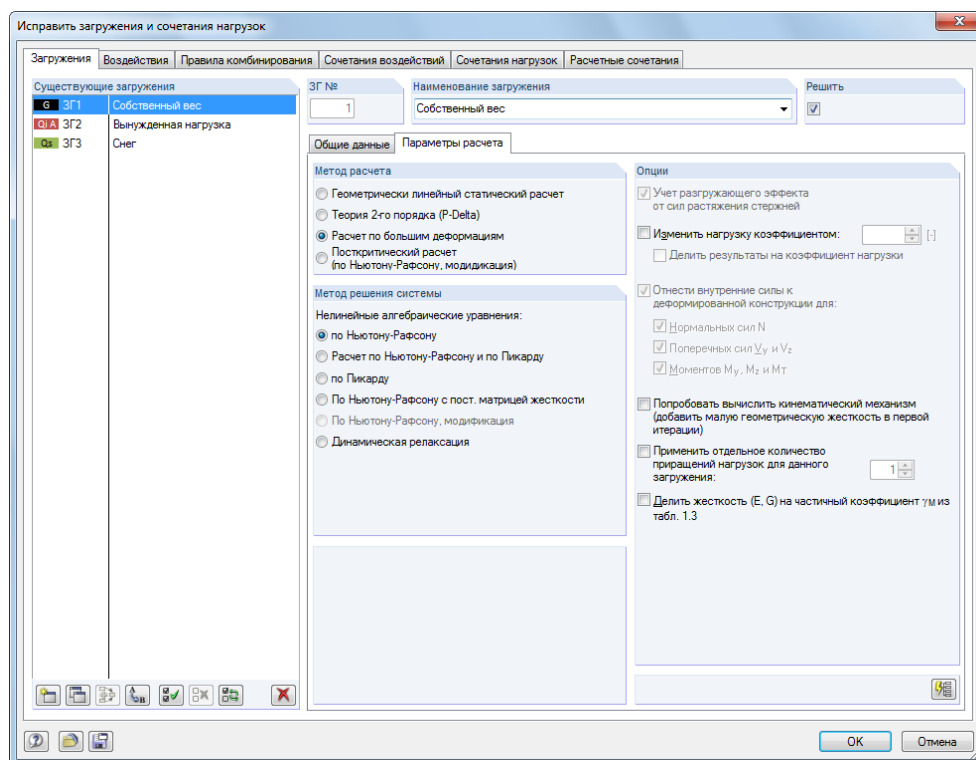


Рисунок 7.15: Диалоговое окно *Изменить загрузки и сочетания нагрузок*, таблицы *Загрузки* и *Параметры расчёта*

В дополнение к предложению вида о всех загрузках и сочетаниях нагрузок, диалоговое окно *Изменить загрузки и сочетания нагрузок* проверяет параметры расчёта для каждого загрузки, сочетания нагрузки и расчётного сочетания.

Диалоговое окно *Параметры расчёта*

Кроме того, можно получить доступ к параметрам расчёта в отдельном диалоговом окне.

Чтобы открыть диалоговое окно *Параметры расчёта*,

выберите **Параметры расчёта** в меню **Расчёт**

или используйте кнопку на панели инструментов, показанную слева.

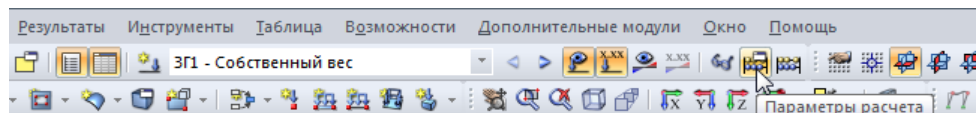


Рисунок 7.16: Кнопка [Параметры расчёта]

Диалоговое окно *Параметры расчёта* состоит из четырех закладок диалога. Первые три вкладки управляют параметрами расчёта каждого загрузки, соответственно нагрузки и сочетания нагрузки. В четвертой вкладке *Общие расчётные параметры* (см. Рисунок 7.22, страница 293), можно проверить и, при необходимости, отрегулировать спецификации, которые общеобязательны.

7.3.1 Загрузки и сочетания нагрузок

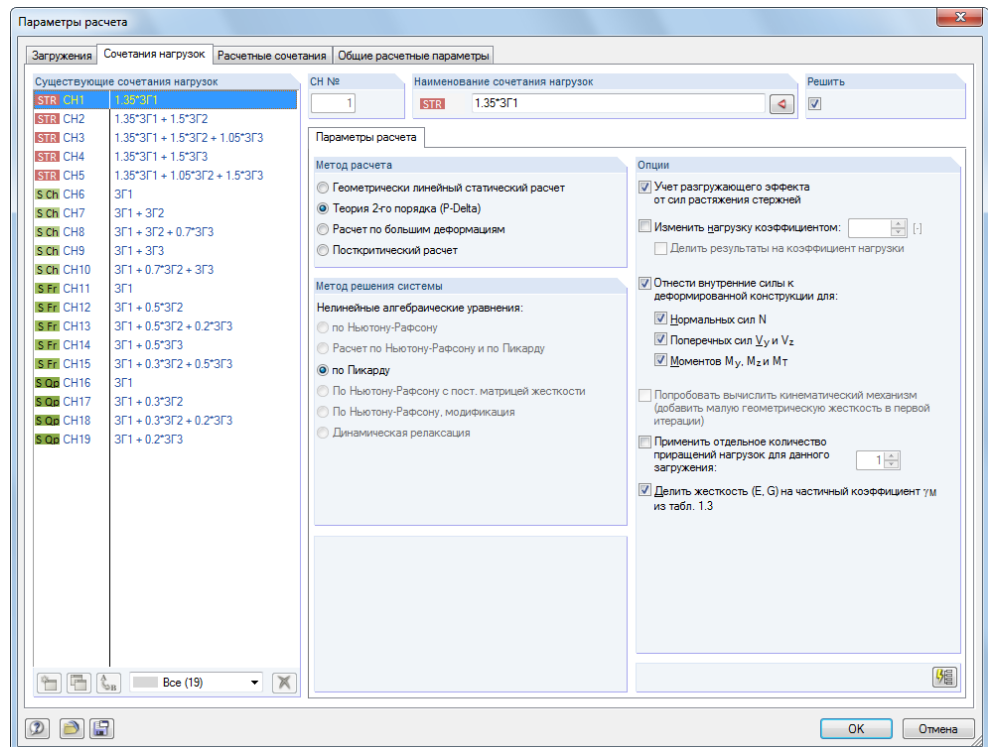


Рисунок 7.17: Диалоговое окно *Параметры расчёта*, вкладка *Сочетания нагрузок*

Раздел диалога *Существующие загрузки*, соответственно *Существующие группы нагрузок*, перечисляет все возможные загрузки и сочетания нагрузок. Можно настроить *Параметры расчёта* выбранной записи в диалоговом разделе с правой стороны.



Кнопка [Применить настройки] присваивает текущие спецификации всем загрузками и сочетаниям.

Закладка диалога *Сочетания нагрузок* разделена на вкладки раздела диалога *Параметры расчёта*, *Модифицировать жесткости* (см. страницу 289) и, если применимо, *Дополнительные опции* (см. страницу 290).

7.3.1.1 Вкладка *Параметры расчёта*

Метод расчёта

В этом диалоговом разделе, вы решаете рассчитывается ли загрузка/сочетание по *линейной статическому анализу*, *анализу второго порядка* или *анализу больших деформаций*. Выбрать опцию *Посткритический расчёт* (по Ньютону-Рафсону, модификация) чтобы провести анализ устойчивости в соответствии анализом больших деформаций в отношении критической ошибке всей структуры.

RFEM предусматривает линейный расчёт в соответствии с линейно статическим анализом для загрузок и нелинейный расчёт согласно анализу второго порядка для сочетаний нагрузок.



Когда модель включает в себя элементы кабеля, большой анализ деформации предлагается во всех случаях. элементы кабеля всегда вычисляются по методу анализа больших деформаций, остальные стержни - в соответствии с выбранным методом анализа.

Теория 2-го порядка

Общий "структурный" анализ второго порядка используется для определения равновесия на деформированной системе. Деформации предполагаются небольшие. Если осевые силы доступны в системе, они приведут к увеличению изгибающих моментов. Таким образом, расчёт согласно анализу второго порядка по Тимошенко [10] имеет силу только когда осевые силы значительно выше, чем поперечные сил. Дополнительный изгибающий момент ΔM проявляется из осевой силы N и упругого рычага e_{el} .

$$\Delta M = N \cdot e_{el}$$

Формула 7.1

Для структурных систем, подвергающихся давлению, есть линейная связь между нагрузкой и внутренними силами. Как правило, вы должны рассчитать также с n -кратным воздействием.

Разница осевого усилия в итерациях представляет критерий разрыва. Для элементов стержней, жесткость-модифицирующая осевая сила, имеющая решающее значение при анализе по теории второго порядка, предполагается постоянной на всем стержне. Расчёт останавливается, как только определённое значение разности нормальной силы падает ниже. Можно влиять на этот предел разрыва в диалоговом разделе *Точность и допуски* во вкладке диалога *Общие расчётные параметры*.

Для нелинейных расчётов согласно анализу второго порядка, предположения о линейно упругом анализе такие же, со следующими дополнениями:

- Не происходят пластические деформации.
- Внешние силы остаются верными к направлению.
- Для стержней с непостоянной осевой силой (например, столбцы) среднее значение осевой силы N применяется для определения коэффициента стержня ε .

Расчёт по методу больших деформаций

Расчёт по большим деформациям ("теория 3-о порядка") учитывает продольные и поперечные силы при анализе внутренних сил. Если выбран расчёт в соответствии с данным расчётом по большим Деформациям, то все поверхности и стержни будут рассчитываться согласно этой теории расчёта.



Матрица жесткости для деформированной системы создается после каждого шага итерации. Обратите внимание, что существуют значительные различия между нагрузками, определённых как локальные и глобальные: Например, когда нагрузка на поверхность, определённая как глобальная по Z , действует на пол, она сохраняет свое направление, если конечные элементы деформируются. Но когда нагрузка действует в направлении локальной оси поверхности z , то она приводит к деформации на каждом элементе в соответствии с деформацией элемента.

Пост-критический анализ

Выполняется анализ устойчивости в отношении закритической ошибки. Метод представляет собой модифицированный расчёт в соответствии с методом анализа больших деформаций НЬЮТОНА-РАСИНА, в котором влияние осевых сил рассматривается для изменения, происходящих при сдвиге и жесткости при изгибе. Тангенциальная матрица жесткости сохраняется в каждом шаге итерации. В случае особенностей (что означает неустойчивость), матрица жесткости предыдущей итерации будет использоваться для новых геометрических, дополнительных итераций, пока тангенциальная матрица жесткости текущей настройки не станет регулярной (стабильной).

Метод решения системы нелинейных алгебраических уравнений

Для выбора доступны шесть методов решения нелинейной, алгебраической системы уравнений:

Метод решения системы

Нелинейные алгебраические уравнения:

- по Ньютону-Рафсону
- Расчет по Ньютону-Рафсону и по Пикарду
- по Пикарду
- По Ньютону-Рафсону с пост. матрицей жесткости
- По Ньютону-Рафсону, модификация
- Динамическая релаксация

по Ньютону-Расину

Решение в соответствии по НЬУТОНУ-РАСИНУ предустановлен для большого анализа деформаций. Нелинейная система уравнений решается численно с помощью итерационных приближений с касательными. Тангенциальная матрица жесткости определяется как функция текущего состояния деформации; она инвертируется в каждом цикле итераций. В большинстве случаев, достигается быстрая (квадратичная) сходимость.

Можно влиять на производительность конвергенции с помощью количества приращений нагрузки, установленных во вкладке диалога *Общие параметры расчёта*.

по Ньютону-Расину в сочетании с методом Пикара

Во-первых, применяется подход в соответствии с по ПИКАРУ (см. ниже). После нескольких итераций, программа изменяется на метод НЬУТОНА-РАСИНА. Основная идея этого подхода заключается в использовании относительно сильного метода ПИКАРА для первых шагов итерации для избегания сообщений о нестабильности. За данным начальным приближением следует быстрый метод согласно НЬУТОНА-РАСИНА для нахождения предельного состояния равновесия.

В разделе диалога *Параметры* вкладки диалога *Общие расчётные параметры*, можно определить процент, который используется для итераций в соответствии с методом ПИКАРА при применении комбинированного метода (см. Рисунок 7.22, страница 293).

по Пикару

Способ в соответствии ПИКАРА, также известный как метод секущей, можно подразумевать как аппроксимацию конечных разностей метода Ньютона. Программа учитывает разницу между ходом текущей итерации и первоначальным ходом итерации в текущем шаге приращения нагрузки.

Часто, собирание происходит медленнее, чем в методе расчёта в соответствии с НЬУТОНА-РАФСОНОМ. Но метод оказывается сильнее в отношении нелинейных задач, что делает расчёт более стабильным.

Метод Ньютона-Рафсона с постоянной матрицей жесткости

Этот вариант метода НЬУТОНА-РАФСОНОМ может быть выбран для расчётов по теории анализа больших деформаций. Матрица жесткости создается только один раз в первом шаге итерации, и затем она используется во всех последующих циклах расчёта.

Таким образом, расчёт выполняется быстрее, но не так стабильно, как расчёты по нормальному или модифицированному методу НЬУТОНА-РАФСОНОМ.

Модифицированный метод Ньютона-Рафсона

Этот метод используется для выполнения пост-критического анализа (см. раздел диалога *Метод расчёта* выше), где диапазон с нестабильностью должен быть преодолен. Если нестабильность доступна и матрица жесткости не может быть обращена, программа использует матрицу жесткости последнего стабильного шага итерации. Программа продолжает рассчитывать с этой матрицей, пока не будет достигнуто вновь диапазона стабильности.

Динамическая релаксация

Данный метод подходит для расчётов по теории больших деформаций и для решения задач в отношении пост-критического анализа. Вводится искусственный параметр времени. С учетом инерции и затухания, ошибка может быть обработана как динамическая проблема. Этот подход использует явный метод времени-интеграции; матрица жесткости не будет обращена.

Никакой части модели не разрешается иметь равный нулю удельный при расчёте с динамической релаксацией.

Этот метод включает в себя затухание Рэлея, которое может определяться с помощью констант α и β в соответствии со следующим уравнением с выводов по времени:

$$M\ddot{u} + C\dot{u} + Ku = f$$

где M Матрица массы

C Матрица демпфирования $C = \alpha M + \beta K$

K Матрица жесткости

f Вектор внешних сил

u Дискретизированный вектор перемещения

Формула 7.2

Возможности

Учесть благоприятные воздействия изменить нагрузку коэффициентом

После отметки флажка, можно ввести коэффициент в поле ввода, в котором все грузы, содержащиеся в загрузении или сочетании будут умножены. Коэффициент также находит свое отражение в векторах нагрузки и значениях графики. Как правило, негативные факторы также не допускаются.

Старые нормы предполагают умножить нагрузки глобально с помощью определённого коэффициента, чтобы увеличить эффекты согласно анализу второго порядка для стабильности расчётов. С другой стороны, расчёт должен быть выполнен с характерными нагрузками. Оба требования могут быть выполнены путем ввода коэффициента больше чем 1.00 и с помощью отметки флажка *Деление результатов по коэффициенту нагрузки*.

При анализе конструкции в соответствии с действующими нормами, нагрузка не должна редактироваться с помощью какого-либо коэффициента. Вместо этого, частичные коэффициенты безопасности и коэффициенты сочетаний должны применяться для суперпозиции в сочетаниях нагрузок и расчётных сочетаниях.

Изменить жесткость

При отметке данного флажка, коэффициенты жесткости материала (см. раздел 4.3, страница 64), сечения (см. раздел 4.13, страница 128) и стержни (см. раздел 4.17, страница 155) рассматриваются в расчёте. Настройки могут быть определены подробно во вкладке диалога *Изменить жесткость* (см. главу 7.3.1.2, страница 289).

Активировать дополнительные опции

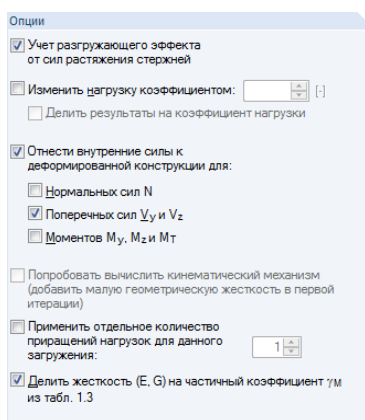
Потом функция отметки флажка закладки диалога *Дополнительные опции* становится доступной, где можно активировать начальные деформаций или силы загрузки, а также результаты дополнительного модуля для расчёта (см. главу 7.3.1.3, страница 290).

Учет разгружающего эффекта \n растяжения

Силы растяжения имеют благоприятное влияние на предварительно деформированные конструктивные системы. Таким образом, предварительная деформация уменьшается, а конструкция стабилизируется.

Существуют различные мнения о том, как рассматривать растягивающие силы, действующие благоприятно. Нормы содержат положения, согласно которым избавляющие действия должны быть рассмотрены с меньшим частичным коэффициентом надежности, чем неблагоприятные эффекты.

Частные коэффициенты надежности, которые варьируется от одного элемента к другому, не могут быть реализованы с приемлемым временем вычисления. Поэтому RFEM предлагает Вам возможность установить растягивающие усилия в целом к нулю для расчётов со-



гласно теории анализа второго порядка. При таком подходе вы будете определённно на безопасной стороне. Если вы хотите использовать эту опцию, снимите флажок.

С другой стороны, можно сказать, что нормы относятся к воздействиям, а не к внутренним силам. Таким образом, необходимо решить, для воздействия в целом, является ли это благоприятным или неблагоприятным. Таким образом, если неблагоприятное воздействие оказывает благоприятное влияние в определённых зонах модели, оно может быть определённно рассмотрено. Так что, если вы хотите, чтобы учесть осевые силы без каких-либо изменений в расчёте в соответствии с этим подходом, флажок должен быть отмечен (настройка по умолчанию).

Благоприятный эффект растягивающих сил следует рассматривать в большинстве случаев, например, для залов с креплениями или конструктивных систем, пострадавших от изгиба. Но имейте в виду, что облегчение из-за эффектов силы натяжения, действующей на балки с поддерживающими кабелями, может привести к нежелательному снижению деформаций и внутренних сил.

Отнести внутренние силы к деформированной конструкции

Этот параметр позволяет проводить нелинейные расчёты, показывающие осевые и поперечные силы, а также изгиб и крутящие моменты стержней по отношению к повернутой системе координат деформированной системы. Есть три флажка, доступные для типов внутренних сил *Нормальные силы*, *Поперечные силы* и *Моменты*.

Расчёт кинематического механизма

Можно попробовать сделать нестабильную модель, доступную для расчёта: Внутренне, малые пружины применяются для стабилизации модели в первой итерации. При достижении стабильного начального состояния, пружины будут удалены для последующих итераций.

Отдельная число приращений нагрузок

Можно определить индивидуальное число шагов приращения нагрузки для каждого нагружения и каждого сочетания нагрузки. Таким образом, число указано во вкладке диалога *Общие расчётные параметры* далее не действительно (см. 7.3.3, страница 294).

7.3.1.2 Вкладка *Редактировать жесткость*

Вкладка диалога отображается только когда в предыдущей вкладке *Параметры расчёта* отмечен флажок *Изменить жесткости (материал, сечения, стержни, сочетание нагрузок)*.

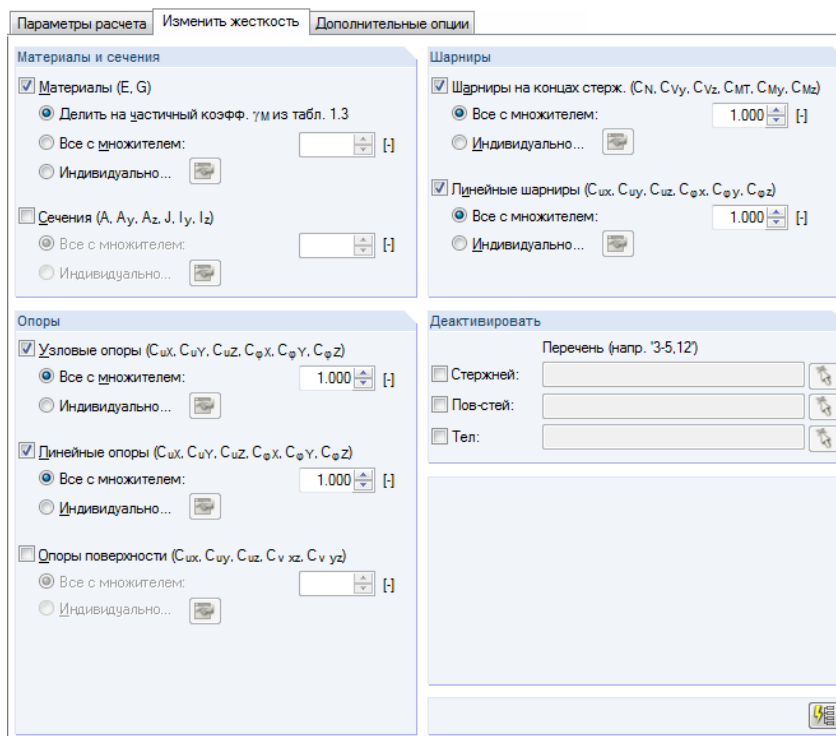


Рисунок 7.18: Вкладка диалога *Изменить жесткость*



Настройки, введенные в этой вкладке диалога, влияют только на загрузку или сочетание нагрузки, которые выбраны в списке слева. Кнопка [Применить настройки] передает текущие параметры всем загрузкам, соответственно сочетаниям.

Материалы и сечения / опоры / выпуски

С помощью спецификаций, указанных в трех разделах диалога, можно решить, как жесткости различных параметров модели учитываются при расчёте.

- *Умножить все с коэффициентом*
Укажите коэффициент, на который жесткость материалов, сечений, опор и выпусков глобально умножается.
- *По отдельности*
Используйте кнопку [Изменить], чтобы открыть новое диалоговое окно, где можно назначить конкретный коэффициент жесткости каждому объекту.



Деактивировать

Используйте три поля ввода, чтобы определить какие *Стержни*, *Поверхности* или *Сплошные тела* не являются под воздействием указанных изменений жесткости, что означает что они рассматриваются в расчёте с коэффициентом 1.0. Можно использовать функцию [^] чтобы выбрать объекты в графическом виде.



7.3.1.3 Вкладка *Дополнительные возможности*

Вкладка диалогового появится только тогда, когда флажок для *Активировать дополнительные опции* отмечена во вкладке диалога *Параметры расчёта* (см. Рисунок 7.17, страница 284).

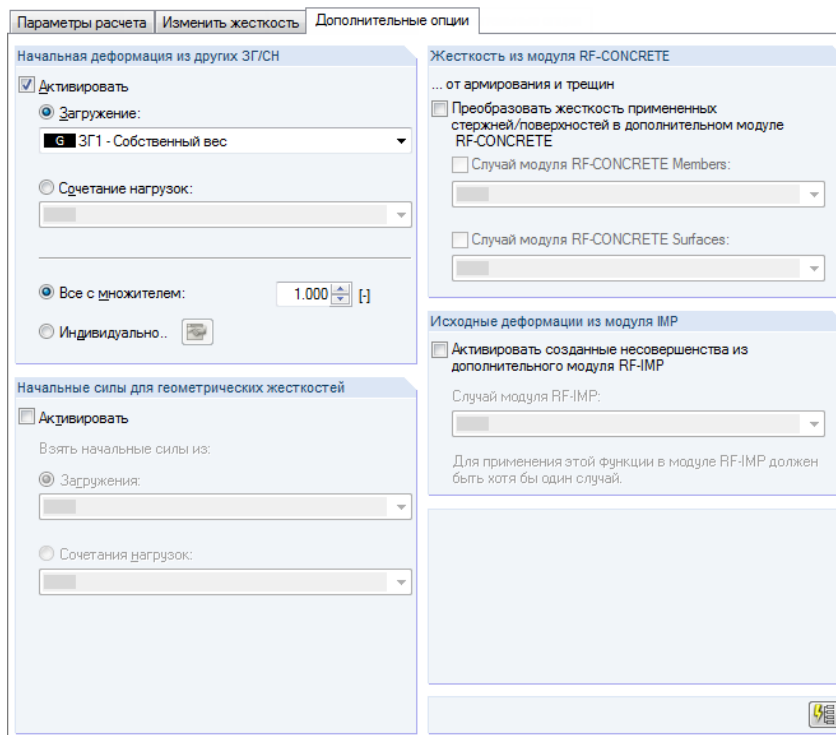


Рисунок 7.19: Вкладка диалога *Дополнительные опции*

Начальная деформация от другого нагружения/сочетания

Выберите нагружение или сочетание нагрузки, деформации которых вы хотите рассматривать как начальную нагрузку при расчёте. Узлы КЭ смещаются соответственно до начала расчёта. Если для выбранного нагружения или сочетания результаты пока не доступны, они будут рассчитываться автоматически.

Укажите коэффициент, с помощью которого вы хотите масштабировать деформации:

- *Умножить все на коэффициент*
Деформации стержней, поверхностей и тел глобально умножаются на указанный коэффициент.
- *По отдельности*
Используйте кнопку [Редактировать], чтобы открыть новое диалоговое окно, где можно назначить конкретный коэффициент масштабирования деформации каждому стержню, поверхности и сплошному телу.



Начальные силы для геометрической жесткости

Можно выбрать нагружение или сочетание, осевые силы которых вы хотите использовать для начальной деформации. Таким образом, можно рассмотреть, например, стабилизирующий эффект другого нагружения (чем указано выше в разделе диалога *Начальная деформация*).



Доступ к разделу диалога доступна только для расчёта согласно теории анализа второго порядка.

Жесткость из дополнительного модуля RF-CONCRETE

Жесткости железобетонных элементов, в результате армирования и анализа трещин в соответствии с нелинейным методом проектирования, проведенным в модулях RF-CONCRETE, могут быть приняты во внимание при расчёте. После отметки флажка, задайте вариант анализа дополнительного модуля **RF-CONCRETE Стержни** или **RF-CONCRETE Поверхности**.

Расчёты с жесткостями из RF-CONCRETE успешны только тогда, когда расчётные случаи были созданы, и если расчёты возможны без нерасчётных ситуаций.

Исходная деформация из дополнительного модуля RF-IMP

Несовершенство может быть рассмотрено в виде предварительно деформированной эквивалентной модели, созданной в дополнительном модуле **RF-IMP**. Когда программа не лицензирована, эквивалентное несовершенство для стержней (см. главу 6.13, страница 265) или начальные деформации загрузений (см. выше) могут быть применены вручную.

Расчёт на предварительно деформированной эквивалентной модели возможен только если эта модель была ранее создана в дополнительном модуле RF-IMP. Дополнительный модуль генерирует несовершенство на основании собственных значений из RF-STABILITY, RF-DYNAM или деформаций из загрузений RFEM, которые масштабированы до максимальной ординат.

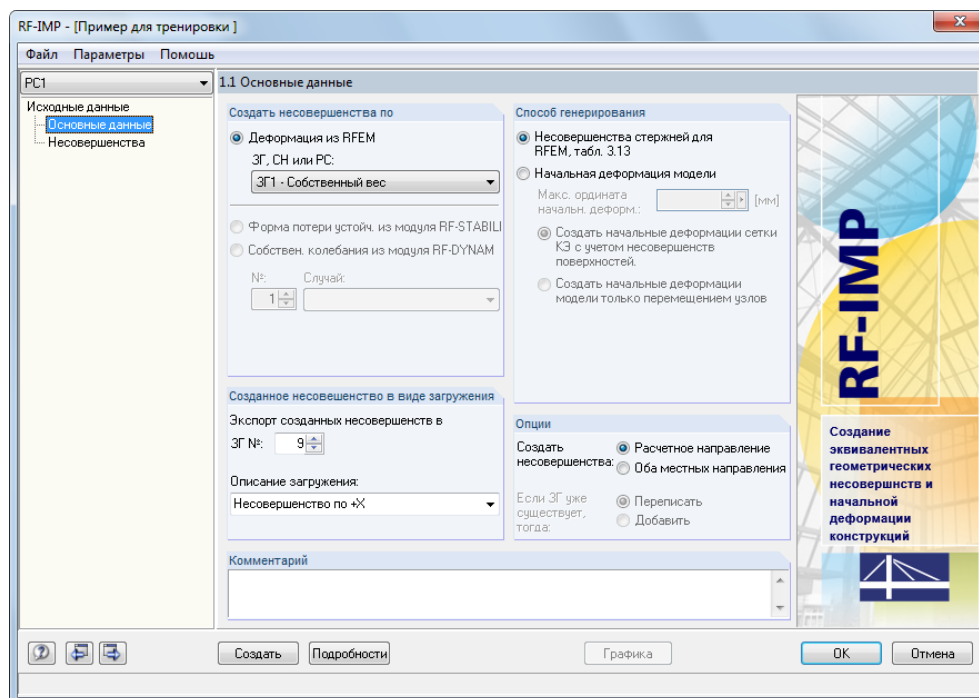


Рисунок 7.20: Дополнительный модуль RF-IMP с типом генерирования *Начальная деформация модели*

Эквивалентная модель хранится отдельно без изменения характерных геометрических данных. Координаты узлов КЭ приведены в соответствие с эквивалентной моделью не до расчёта сочетания нагрузок.

Можно использовать другую эквивалентную модель для каждого сочетания нагрузки. Выберите соответствующий случай из списка *СН* модуля *RF-IMP*.

7.3.2 Расчётные сочетания

Основные сведения о суперпозиции загружений в расчётные сочетания, см. главу 5.6 *Расчётные сочетания* на странице 217.

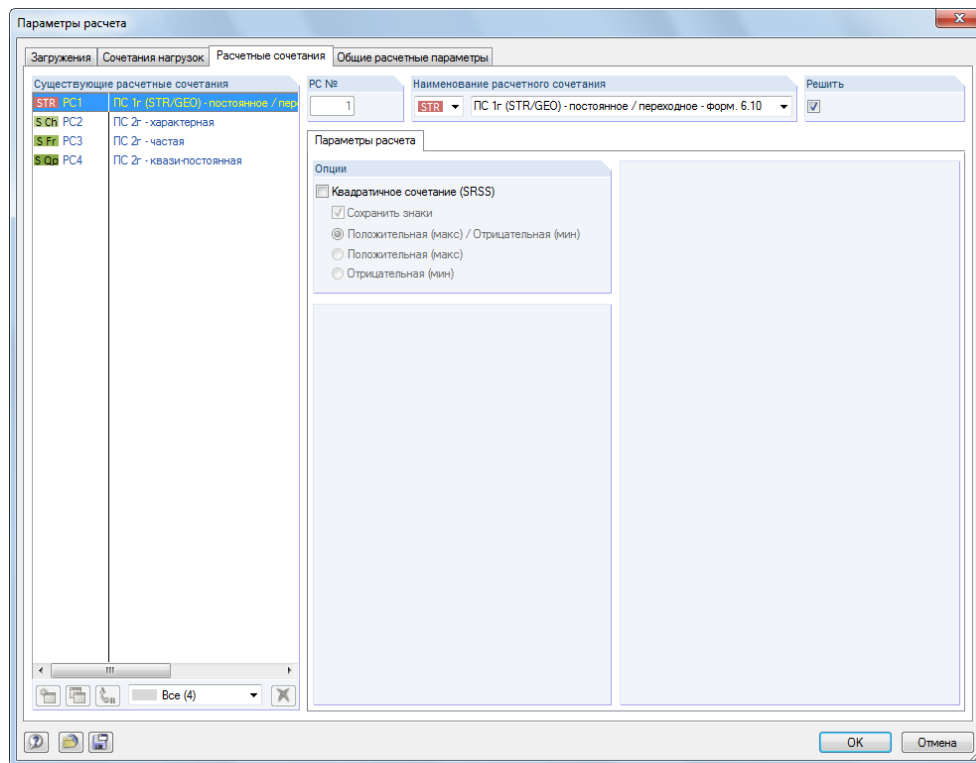


Рисунок 7.21: Диалоговое окно *Параметры расчёта*, вкладка *Расчётные сочетания*

В разделе диалога *Существующие расчётные сочетания*, вы найдете список всех созданных или сгенерированных расчётных сочетаний. Можно редактировать *Параметры расчёта* выбранной записи в диалоговом разделе с правой стороны.

Возможности

Квадратичное *сочетание* по умолчанию отключено. Таким образом, внутренние силы накладываются в дополнительной суперпозиции:

$$V = A_1 + A_2 + \dots + A_n$$

Формула 7.3

Значение по умолчанию подходит в большинстве случаев применения. Квадрат добавления внутренних сил имеет отношение к динамическому анализу, например, при объединении загружений за счет центробежных сил. В этом случае сумма Пифагора создается следующим образом:

$$V = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + \dots + A_n^2}$$

Формула 7.4

Когда активна функция квадрат добавления, можно использовать *Положительный / Отрицательный* варианты для того чтобы определить какие предельные значения загружений будут рассмотрены в супер сочетаниях, и если вы хотите *Сохранить знаки*. Таким образом, крайние значения модальных внутренних сил и деформаций, а также результа-

ты, принадлежащие к ведущим компонентам, могут быть определены в соответствии со знаками.

7.3.3 Глобальные расчётные параметры



Вкладка диалога *Общие расчётные параметры* управляет параметрами, которые обычно применяются ко всем загрузкам и сочетаниям нагрузок. Чтобы открыть соответствующее диалоговое окно,

выберите **Параметры расчёта** в меню **Расчёт**

или используйте кнопку на панели инструментов, показанную слева.

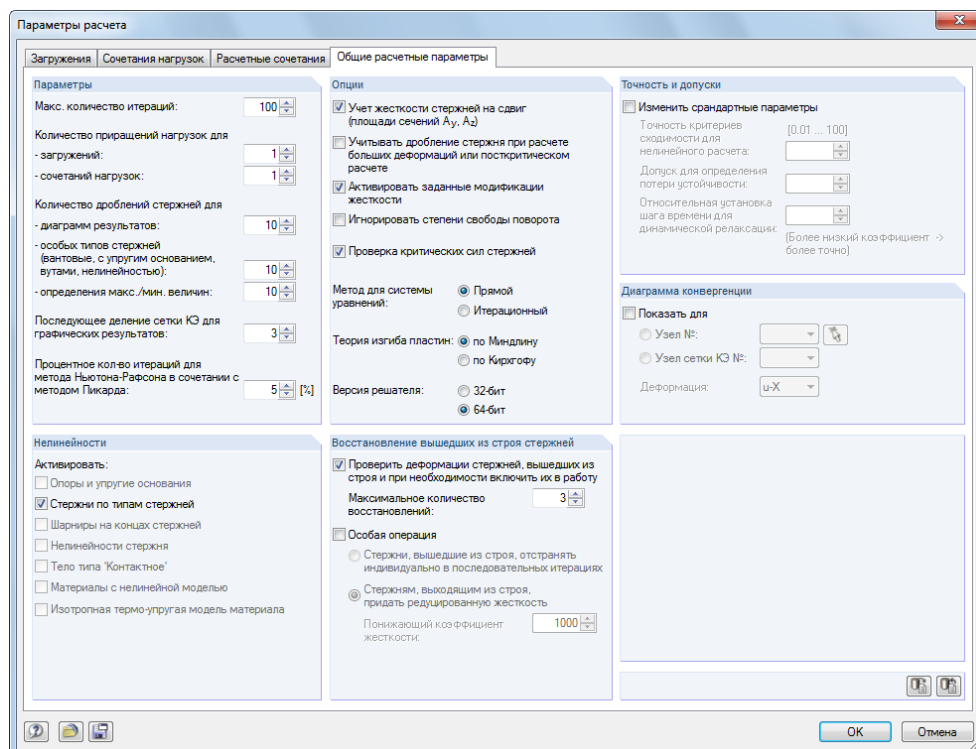


Рисунок 7.22: Диалоговое окно *Параметры расчёта*, вкладка *Общие расчётные параметры*

Параметры

Максимальное количество итераций

При использовании анализа второго порядка или метода больших деформации, а также объектов, которые нелинейно эффективны, вы должны проводить расчёт многократно. Значение в поле ввода определяет максимально возможное число расчётных трасс. Спецификация не имеет ничего общего с набором итерационного метода для системы уравнений, описанных для разделе диалога *Варианты*.

Когда вычисление достигает максимального числа итераций без достижения равновесия, RFEM отображает соответствующее сообщение. Результаты могут быть отображены в любом случае.

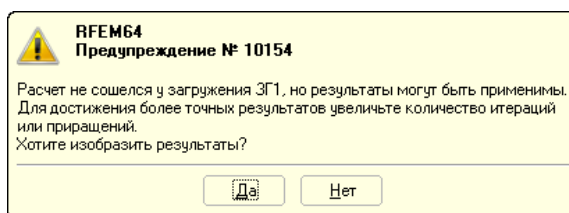


Рисунок 7.23: Сообщение, отображаемое для проблемы конвергенции

Количество приращений нагрузки

Технические характеристики данного поля ввода вступают в силу только для расчётов в соответствии с методом второго порядка или анализом по теории больших деформаций. Найти равновесие зачастую, при рассмотрении больших деформаций, бывает трудно. Неустойчивости можно избежать путем приложения нагрузки в несколько этапов.

Например, когда указаны два приращения нагрузки, половина нагрузки будет применяться на первом этапе. Итерации будут осуществляться, пока не будет найдено равновесие. Затем, на втором этапе, полная нагрузка будет применяться к уже деформированной системе и опять будут проводиться итерации, пока не будет достигнуто состояние равновесия.

Пожалуйста, имейте в виду, что приращения нагрузки оказывают неблагоприятное влияние на время вычислений. Таким образом, значение 1 (не постепенное приращение нагрузки) задается в поле ввода.

Кроме того, можно определить для каждого нагружения и сочетания, сколько приращений нагрузки вы хотите применить (см. главу 7.3.1.1, страница 288). Тогда, глобальные характеристики будут игнорироваться.

Количество дроблений стержней для диаграмм результатов

Поле ввода влияет на графическую диаграмму результатов, которой нет нигде, кроме сетки делений КЭ (например, из-за уточнения сетки КЭ или подключенной поверхности). Если установлено дробление на 10, программа RFEM делит длину самого длинного стержня в системе на 10. С системой связанным дроблением стержня программа RFEM определяет для каждого стержня графическое распределение результатов в точках дробления.

В окне диалога *Параметры сетки КЭ*, имеется другой вариант дробления, предполагаемый для других прямых стержней, которые не интегрированы в поверхности (см. Рисунок 7.10, страница 279). С помощью этой опции можно создать узлы КЭ на всех свободных стержнях, результаты которых используются для в графическом виде диаграмм результатов.

Количество дроблений стержней у особых типов стержней (вантовые, с упругим основанием, вутами, нелинейностью):

В отличие от предыдущего варианта дробления, настоящее дробление стержня теперь определяется внутренними промежуточными узлами. Спецификация влияет на кабели, стержни фундамента (контактные напряжения), конические стержни (интерполяции значений сечения) и стержни с пластическими свойствами (зоны деформации), если они еще не были разделены с помощью КЭ узлов: Данное дробление не имеет значения, если стержень расположен на граничной линии поверхности или если линия определения лежит на сетке КЭ.

Количество дроблений стержней для определения максимальных / минимальных значений

Это значение определяет внутреннее дробление, по которому определяются максимальные и минимальные внутренние силы стержней. Таким образом, дробление (настройка по умолчанию: 12) представляет собой основу для экстремальных значений, показанных

в таблицах результатов и графике. Дробление также используется для расчёта внутренних сил стержней в сочетаниях нагрузок.

Последующее деление сетки КЭ для в графическом виде результатов

Разделение контролирует точность в графическом виде распределений в пределах конечных элементов. В следующем примере сравниваются результаты с дроблением на 0 и 3.

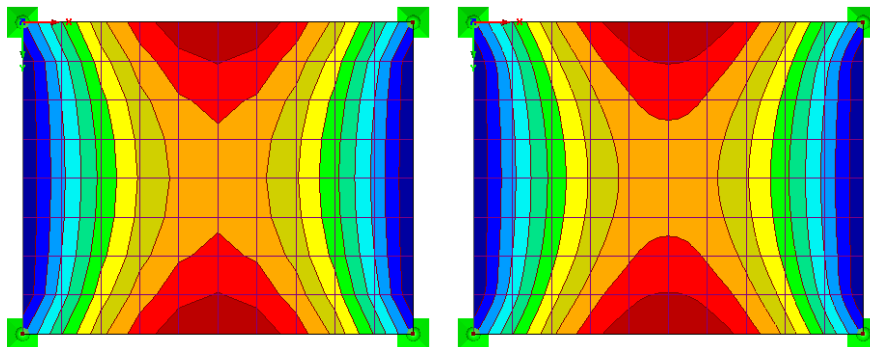


Рисунок 7.24: Графическая диаграмма результатов м-х дробления 0 (слева) и 3 (справа)

Процентное количество итераций метода Ньютона-Рафсона в сочетании с методом Пикара

Подход согласно ПИКАРУ действует на предположении о секущих жесткостях, но метод НЬЮТОНА-РАФСОНа предполагает касательные жесткости (см. главу 7.3.1, страница 285). Если выбрана опция расчёта по НЬЮТОНУ-РАФСОНУ в сочетании с расчётом по ПИКАРУ секущие жесткости используются в первой итерации перед тем, как касательные жесткости применяются для остальных итераций.

В поле ввода можно определить процент первых итераций с секущими жесткостями. Укажите значение по отношению к общему количеству итераций.

Возможности

Активировать поперечную жесткость стержней (площади сечений A_1 , A_2)

Учет жесткости сдвига приводит к увеличению деформаций из-за поперечных сил. Деформация сдвига практически не имеет значения для проката и сварных сечений. Для сечений тел и древесины, однако, рекомендуется рассмотреть сдвиговые жесткости для анализа деформаций

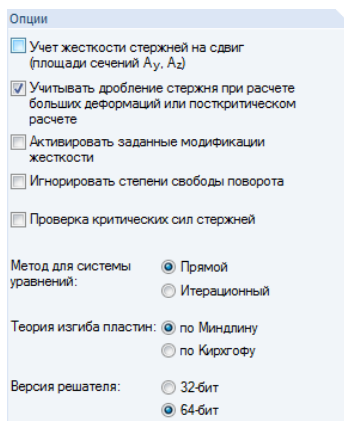
Деформации сдвига имеют силу только на конечных узлах стержней. Таким образом, однопролетная балка должна быть разделена на промежуточные узлы так, чтобы увеличение стало эффективным.

Активировать деление стержня при расчёте больших деформаций или посткритическом расчёте

Балки можно разделить на промежуточных узлы для расчёта в соответствии с анализом больших деформаций для расчёта таких стержней с более высокой точностью. Количество делений берется из поля ввода для кабельных и фундаментных элементов.

Изменить жесткость (материал, сечения, стержни, загрузки и сочетания нагрузок)

Используйте этот флажок, чтобы определить глобально если коэффициенты жесткостей для материалов (см. раздел 4.3, стр. 64), сечения (см. главу 4.13, стр. 128) и стержней (см. главу 4.17, стр. 155), рассматриваются в расчёте загрузений и сочетаний нагрузок. Факторы в диалоговых окнах стержней и сечений предустановлены каждый с 1.00. Таким образом, галочка во флажка обычно не влечет снижение или повышение жесткости.



Рассмотреть дополнительные опции

Если *Дополнительные опции* были определены для параметров расчёта загрузений и сочетаний (см. главу 7.3.1.3, стр. 290), можно активировать или деактивировать их, отметив и сняв этот флажок.

Игнорировать степени свободы вращения

Как правило, шесть степеней свободы должно рассматриваться в пространственных конструктивных системах. Чтобы сэкономить время, опция позволяет рассчитать модели только с тремя степенями свободы. Следующие упрощения применимы: Возможны только смещения, но не вращения. Только осевые силы рассчитываются как внутренних силы, но не изгибающие и крутящие моменты и не поперечные силы - если бы система состояла только из стропильных балок, кабелей или поверхностей мембраны.

При использовании этого подхода, матрица жесткости сводится к половине строк и таблиц, что влияет на машинное времени соответственно.

Проверка критических сил стержней

Часто, превысив критическую нагрузку уже в первой итерации, приводит к сообщению о неустойчивости. Используйте этот флажок, чтобы контролировать, если критическая нагрузка проверяется для ферм, сжатия и потери устойчивости стержней. Определённые расчётные длины элементов будут приниматься во внимание.

Метод решения уравнений

Оба варианта управляют методом, используемом для решения систем уравнений: *Прямая* или *Итерационный*. Для предотвращения недоразумений: При решении системы уравнений непосредственно, выполняется также повторяющийся расчёт, если нелинейности доступны или данные рассчитаны в соответствии с теорией второго порядка или анализом больших деформаций. *Прямая* и *Итерационный* относятся к управлению данными при расчёте.

Выбор метода решения, который быстро ведет к результатам, зависит от сложности модели, а также от размера основной памяти (ОЗУ), которая доступна:

- Для систем малого и среднего размера, метод *Прямого* решателя является более эффективным.
- Для больших и сложных систем, *Итерационный* метод быстрее для вывода результатов.

Когда матрицы для прямого метода не могут быть сохранены больше в основной памяти, Windows начинает выгружать части данных на жесткий диск, что замедляет прямой расчёт. Деятельность жесткого диска увеличивается и загрузка процессора снижается, что видно в диспетчере задач Windows. Используя итерационный метод расчёта ICG (*Градиент неполных сопряжений*), можно избежать этой проблемы хранения.



Необходимо убедиться, что файл подкачки является достаточно большим, соответственно размер файла назначается автоматически Windows. С файлом подкачки, который слишком мал, может произойти сбой программы.



В меню панели инструментов **Дополнения**, выберите **Возможности программы**, или используйте кнопку на панели инструментов, показанную слева, чтобы открыть диалоговое окно *Возможности программы*. Во вкладке диалога *Помощник*, можно определить количество 2D и 3D элементов, для которых, в случае ее превышения, RFEM покажет предупреждение в расчёте с использованием прямого метода.

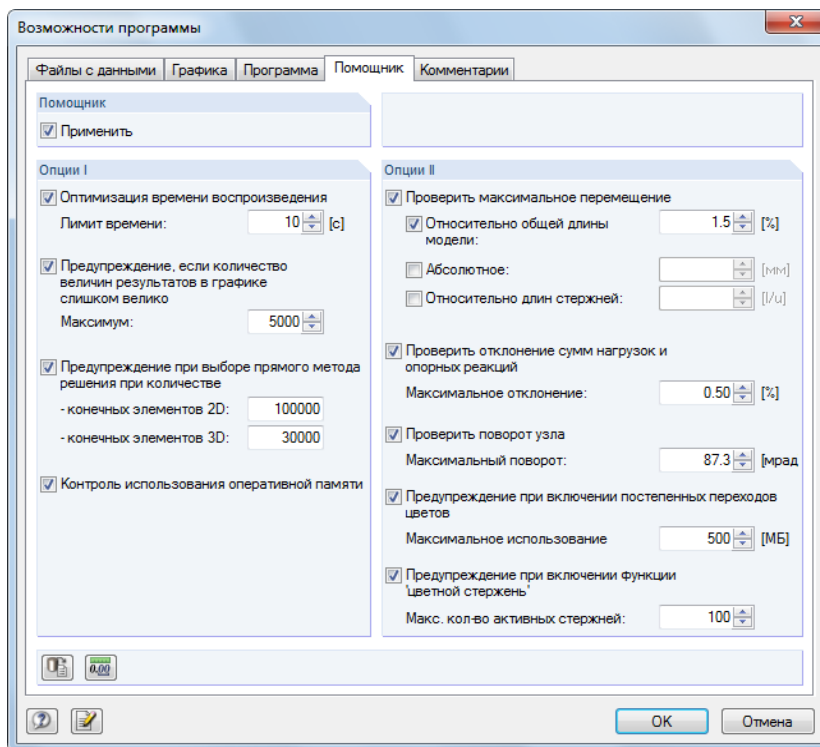


Рисунок 7.25: Диалоговое окно *Возможности программы*, вкладка *Помощник*



Теория изгиба пластин

Поверхности могут быть рассчитаны в соответствии с теориями изгиба Миндлина или Кирхгофа. Расчёт по Миндлину включает деформации от усилий сдвига, в расчёте по Кирхгофу они не учитываются. Таким образом, вариант расчёта по *Миндлину* подходит для относительно толстых пластин и оболочек, используемых в монолитном строительстве. Опция *Кирхгофа* рекомендуется для поверхностей, которые являются относительно тонкими, как металлические листы в стальной конструкции.

Версия решателя и метод решения уравнений

Прямой метод для решения системы уравнений (см. выше) основан на ядре анализа с использованием расширенных возможностей оперативной памяти 64-битных операционных систем. Таким образом, можно рассчитать загрузки и сочетания нагрузок все сразу даже для больших конструктивных систем, что приводит к экономии времени расчёта, при условии, что ни один объект нелинейности не будет активным. Память ОЗУ должна быть достаточно большой для того, чтобы покрыть матрицы жесткости и всю нагрузку.

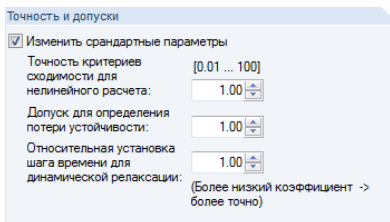
Точность и допуски

Лишь в редких случаях, требуется настроить и сохранить конвергенции и параметры допусков. Отметьте флажок на *Изменить стандартные параметры*, чтобы включить поля ввода ниже.

Точность критериев конвергенции при нелинейном расчёте

Если нелинейные эффекты участвуют, или если расчёт осуществляется в соответствии с методом второго порядка или анализом больших деформаций, можно влиять на расчёт с помощью критериев конвергенции.

Изменение осевых сил двух последних итераций сравнивается от стержня к стержню. Как только изменение достигает определённого фракционного количества максимальной осевой силы, вычисление останавливается. Может случиться, однако, что осевые силы в процессе итерации будут варьироваться между двумя значениями вместо сближения. С



помощью введенного значения в данное поле ввода, чувствительность может быть определена для того, чтобы пренебречь этими эффектами колебаний.

Точность также влияет на критерий сходимости для изменения деформации в расчетах по теории больших деформаций, где рассматриваются геометрические нелинейности.

Значение по умолчанию 1.0. Минимальный коэффициент 0.01, максимальное значение 100.0. Чем выше коэффициент, тем менее чувствителен будет предел разрыва.

Допуск для определения потери устойчивости

Существуют различные подходы, с помощью которых можно проанализировать поведение стабильности модели. Тем не менее, ни один из них не в состоянии обнаружить Osborne матрицы жесткости с абсолютной надежностью.

RFEM использует две процедуры для определения неустойчивости: С одной стороны, элементы на главной диагонали матрицы жесткости сравниваются с тем же номером в итерациях. С другой стороны, каждый элемент главной диагонали анализируется по отношению к соседнему номеру. Допуск может быть скорректирован в поле ввода. Чем меньше значение, тем меньше "чувствительность" анализа.

Относительная установка шага времени для динамической релаксации

Параметр времени управляет расчетом методом динамической релаксации (см. 7.3.1.1, страница 287). Чем меньше значение, тем меньше будет время шага и тем точнее будут результаты.

Диаграмма конвергенции

Во время расчета отображается диаграмма, показывающая перемещения и вращения (см. Рисунок 7.31, страница 302). Отображаемые значения относятся к узлу с максимальными деформациями.



В диалоговом разделе *Диаграмма конвергенции*, у вас есть возможность определить конкретный узел с деформационной составляющей, результаты которого будут показаны дополнительно в диалоговом окне *Диаграмма конвергенции* (см. Рисунок 8.2, страница 306).

Нелинейности

Когда нелинейно действующие элементы используются в модели, то в расчете можно отключить эффект следующих элементов:

- Опоры, вышедшие из строя /упругие основания (→ раздел 4.7, страница 103, раздел 4.8, страница 110, раздел 4.9, страница 116)
- Стержни, вышедшие из строя (→ раздел 4.17, страница 151)
- Шарниры на концах стержней (→ раздел 4.14, страница 138)
- Нелинейности стержня (→ раздел 4.20, страница 168)
- Контактные тела (→ раздел 4.5, страница 95)
- Нелинейности материала (→ раздел 4.3, страница 64)

Рекомендуется не подавлять нелинейные эффекты для целей тестирования, например, для поиска причин неустойчивости. Параметры в данном диалоговом разделе помогут вам найти ошибки: Иногда неточно определенные критерии отказа отвечают за вычисления обрывов.

Восстановление вышедших из строя стержней

Настройки данного раздела диалога касаются элементов стержня, которые могут работать неправильно (например, растяжение, сжатие или стержни фундаментов). Воспользуйтесь вариантами для решения проблем неустойчивости из-за вышедших из строя стержней: Модель, например, укреплена узлами. Из-за сокращений сообщений за счет

Нелинейности

Активировать:

Опоры и упругие основания

Стержни по типам стержней

Шарниры на концах стержней

Нелинейности стержня

Тело типа 'Контактное'

Материалы с нелинейной моделью

Изотропная термо-упругая модель материала

Восстановление вышедших из строя стержней

Проверить деформации стержней, вышедших из строя и при необходимости включить их в работу

Максимальное количество восстановлений:

Особая операция

Стержни, вышедшие из строя, отстранять индивидуально в последовательных итерациях

Стержням, выходящим из строя, придать редуцированную жесткость

Понижающий коэффициент жесткости:

вертикальных нагрузок, растягиваемые стержни получают небольшие сжимающие силы на первом этапе расчёта. Они будут удалены из системы. Затем, во втором расчёте, модель неустойчива без связей.

Проверить деформации стержней, вышедших из строя, и при необходимости их восстановить

Если флажок установлен флажок, RFEM анализирует узловые перемещения в каждой итерации. Если концы стержней неудачного соединения отходят друг от друга, стержень будет возобновлен.

В некоторых случаях возобновленные стержни могут быть проблематичными: Стержень удаляется после первой итерации, но возобновляется после второй, удаляется снова после третьей итерации и т.д. Расчёт не будет работать в данном цикле пока не будет достигнуто максимального числа итераций без схождения. Появление данного эффекта можно избежать путем определения *Максимального числа реактиваций*, указывающих, как часто элемент стержня разрешено возобновить, прежде чем он будет полностью удален из матрицы жесткости.

Особое редактирование настроек

После отметки флажка, для выбора доступны два способа обработки ошибки. Они могут быть объединены с вариантами реактивации, описанными выше.

- **Стержни, вышедшие из строя, удалять по отдельности в последовательных итерациях**

После первого RFEM итерация не отстраняет, например, все напряженные стержни с силой сжатия, но только соединения с наибольшей силой сжатия. Затем, во второй итерации, только один стержень отсутствует в матрице жесткости. В следующем шаге, RFEM снова удаляет соединение с наибольшей силой сжатия. Часто, лучшего поведения конвергенции (сходимости) может быть достигнуто таким образом для системы из-за перераспределения эффектов.



Этот вариант вычисления требует больше времени, так как программа должна проходить через большое число итераций. Кроме того, вы должны убедиться, что достаточное число возможных итераций установлено в диалоговом разделе *Параметры* выше.

- **Стержням, выходящим из строя, присвоить уменьшенную жесткость**

Стержни, которые вышли из строя, не удаляются из матрицы жесткости. Вместо этого, RFEM назначает им очень маленькую жесткость. Укажите это в поле ввода *Понижающий коэффициент жесткости*: Коэффициент 1000 означает сокращение жесткости до 1/1000.



Пожалуйста, имейте в виду, для данного варианта расчёта, что программа RFEM отображает на стержнях небольшие внутренние силы, которые могут на самом деле не быть поглощены стержнем из-за его определения.

7.4 Запуск расчёта

Можно выбрать нескольких вариантов начала расчёта. Перед тем, как начать расчёт, рекомендуется провести короткую проверку достоверности исходных данных (см. главу 7.1.1, страница 271).

Рассчитать все

Чтобы запустить соответствующую функцию,

выберите **Рассчитать все** в **Расчёт меню**

или используйте кнопку на панели инструментов, показанную слева.

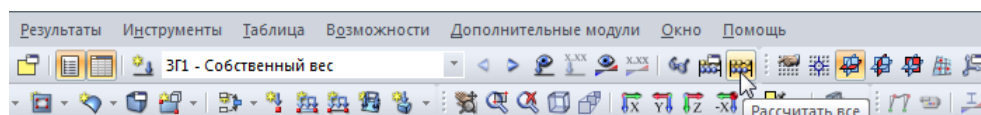


Рисунок 7.26: Кнопка [Рассчитать все]

Команда начинает расчёт всех загружений, сочетаний нагрузок и расчётных сочетаний, а также всех дополнительных модулей, где доступен ввод данных.

Пожалуйста, используйте функцию [Рассчитать все] с осторожностью:

- Многие загрузки не могут происходить в изоляции. Ветровые нагрузки, например, всегда действуют вместе с собственным весом. Для конструкций с неудовлетворяющими опорами для натяжения, может возникнуть нестабильность во время серийного расчёта всех одиночных загружений.
- Если многие сочетания нагрузок и модульные расчётные случаи доступны, программе RFEM, возможно, потребуется много времени для вычисления.

Рассчитать выбранные загрузки

Чтобы открыть диалоговое окно для выбора вариантов нагрузки, которые имеют отношение для расчёта,

выберите **Рассчитать все** в **Расчёт меню**

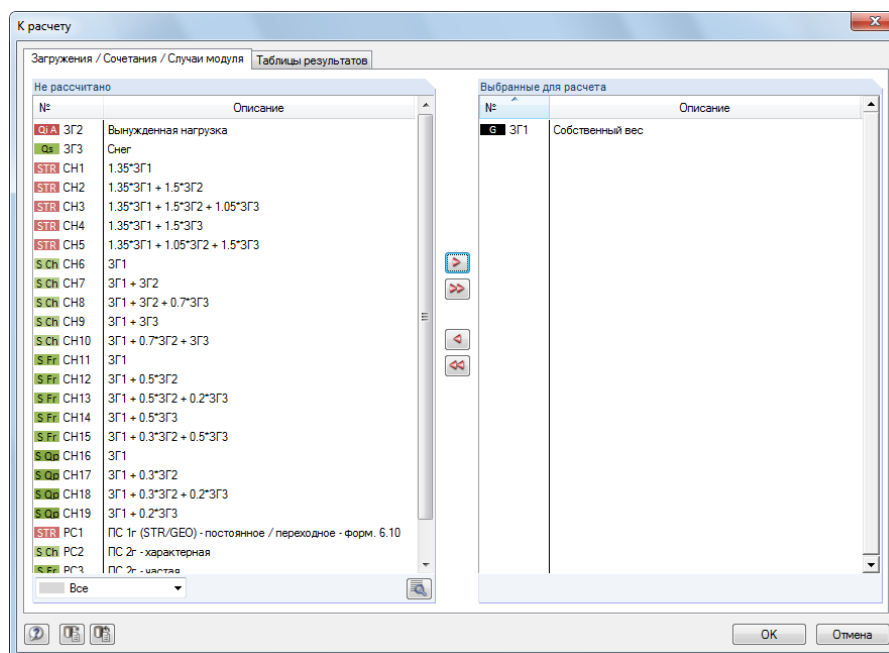




Рисунок 7.27: Диалоговое окно *К расчёту*

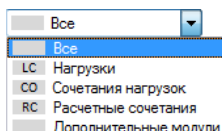


В разделе диалога *Не рассчитано* слева, программа RFEM перечисляет все загрузки, сочетания нагрузок и расчётные случаи, а также случаи расчёта дополнительных модулей, для которых не существует результатов. Используйте кнопку , чтобы передать выбранные записи в список *Выбранные для расчёта*. Можно также дважды щелкнуть на элементы. Для передачи полного списка справа, используйте кнопку .

Если выбраны расчётные сочетания или модульные случаи, которые требуют результатов из загрузок, соответствующие загрузки будут рассчитываться автоматически.

элементы нагрузки могут быть отсортированы по опциям фильтра, которые доступны под перечнем, в соответствии со следующими критериями:

- Загрузки
- Сочетания нагрузок
- Расчётные сочетания
- Дополнительные модули



Кнопка [Параметры расчёта], показанная слева, открывает диалоговое окно *Параметры расчёта* (см. главу 7.3, страница 293), где настройки можно проверить и отрегулировать для расчёта.

Вкладка диалога *Таблицы результатов* диалогового окна *К расчёту* контролирует доступность таблиц, отображаемых после расчёта.

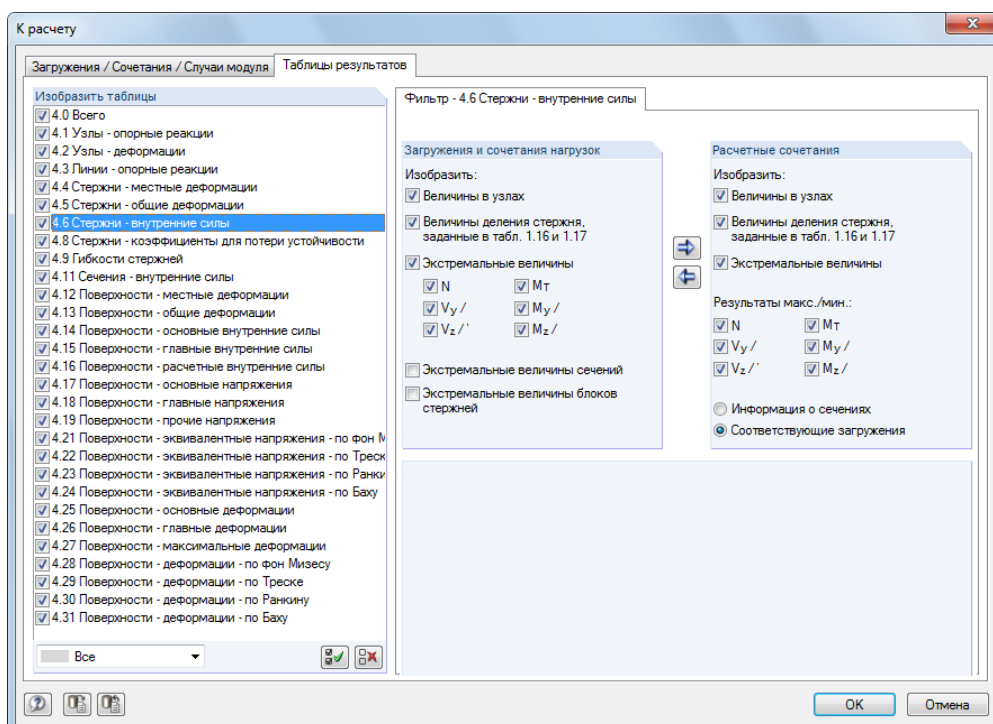


Рисунок 7.28: Диалоговое окно *К расчёту*, вкладка *Таблицы результатов*

Для некоторых таблиц результатов доступно больше опций фильтра. Они представлены в разделе 8 *Результаты* вместе с соответствующими таблицами результатов (см., например, Рисунок 8.15, страница 315).

Рассчитать текущее нагружение

Можно начать расчёт индивидуального нагружения непосредственно: Выберите загрузку, сочетание нагрузки или расчётное сочетание в списке панели инструментов, а затем нажмите кнопку [Показать результаты].



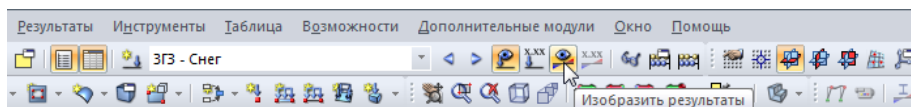


Рисунок 7.29: Расчёт загрузки непосредственно с помощью кнопки [Показать результаты]

Расчёт может быть запущен после отображения сообщения о том, что никакие результаты не были найдены.

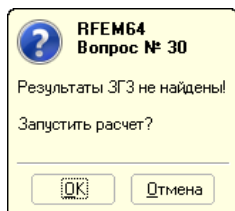


Рисунок 7.30: Запрос перед расчётом

Рассчитать выбранные результаты

Меню панели инструментов *Рассчитать* предлагает Вам дополнительные возможности для выбора результатов для расчёта:

- RFEM только результаты
- Модули только результаты
- Все результаты всех открытых моделей
- RFEM результаты только всех открытых моделей
- Модули результаты только всех открытых моделей

Расчёт начинается сразу после вызова соответствующей функции.

Процесс расчёта

Процесс расчёта показан в окне *Расчёт КЭ*. В диаграмме, показывающей процесс конвергенции можно наблюдать графики максимальных смещений в дополнение к пошажному происходящему расчёту RFEM.

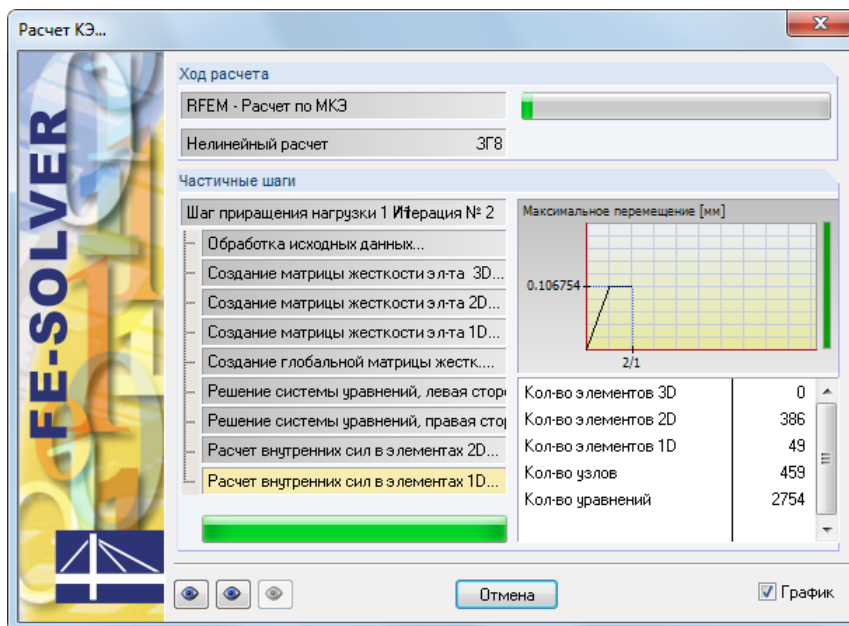


Рисунок 7.31: Процесс расчёта

Зеленые или красные вертикальные полосы справа в окне визуализировать поведение сходимости при расчёте: Каждое приращение нагрузки забирает часть столбца, например 4/5 на рисунке выше представляет четвертый из пяти приращений нагрузки. Когда полоса зеленого цвета, деформации находятся в приемлемой зоне. Красная полоса символизирует завышенные перемещения или вращения (≥ 0.1 рад).

8. Результаты

Нумерация данной главы руководства следует нумерации таблиц результатов, что облегчает нахождение соответствующих описаний в вкладках.



Пожалуйста, обратите внимание, что любой анализ КЭ представляет собой приближение. Результаты должны интерпретироваться и проверяться на достоверность с инженерной спецификой.



Когда данные были рассчитаны, дополнительная вкладка *Результаты* появляется в навигаторе (см. главу 3.4.3, страница 27) для управления в графическом виде отображением результатов. Результаты перечислены численно в отдельных таблицах (см. главу 3.4.4, страница 29).

Обозначение в цвете величин в таблицах

Колонки результатов таблиц частично выделены красным или синим цветом (см. Рисунок 8.4, страница 307). Цветные линии представляют результативные значения в графическом виде. Они масштабируются до экстремальных значений внутренних сил или деформаций всех объектов. Отрицательные значения символизируются красными полосами, позитивные - синими линиями. Таким образом, таблица позволяет также визуальную оценку результатов.



Для включения и выключения цветных полос,

выберите **Вид в меню Таблица**, и затем нажмите на **Цветовое обозначение величин**

или используйте кнопку на панели инструментов, показанную слева.

Фильтр для отображения таблиц

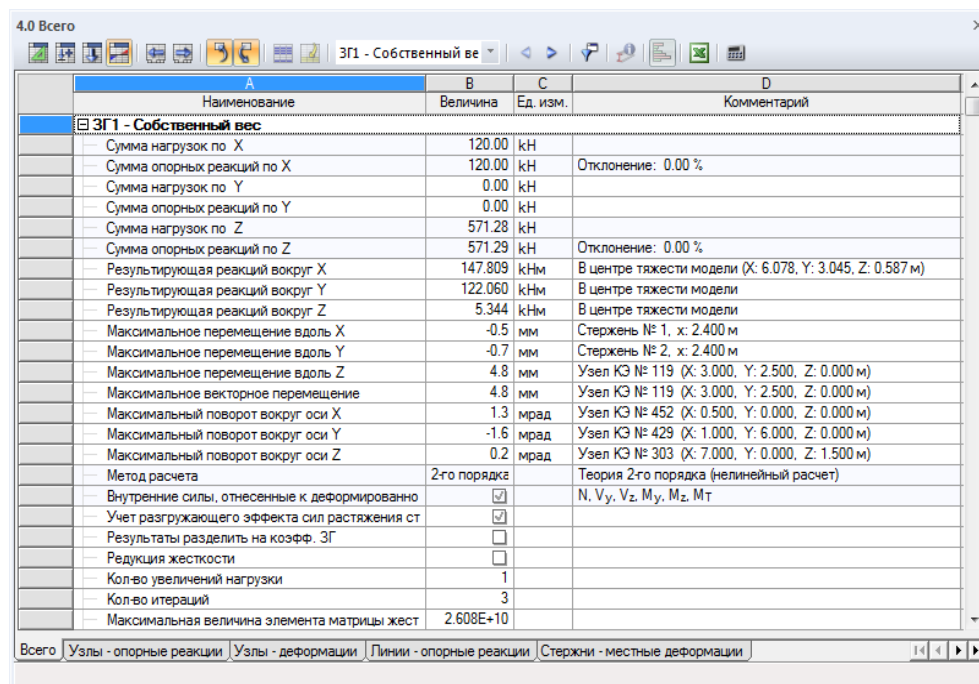


Отображаемые таблицы зависят от выборов, установленных во вкладке диалога *Таблицы результатов* диалогового окна *К расчёту* (см. главу 7.4, страница 301).

8.0 Итог результатов

Таблица

Таблица 4.0 *Всего* представляет итог процесса расчёта, отсортированный по загрузкам и сочетаниям.



A	B	C	D
Наименование	Величина	Ед. изм.	Комментарий
ЭГ1 - Собственный вес			
Сумма нагрузок по X	120.00	кН	
Сумма опорных реакций по X	120.00	кН	Отклонение: 0.00 %
Сумма нагрузок по Y	0.00	кН	
Сумма опорных реакций по Y	0.00	кН	
Сумма нагрузок по Z	571.28	кН	
Сумма опорных реакций по Z	571.29	кН	Отклонение: 0.00 %
Результирующая реакций вокруг X	147.809	кНм	В центре тяжести модели (X: 6.078, Y: 3.045, Z: 0.587 м)
Результирующая реакций вокруг Y	122.060	кНм	В центре тяжести модели
Результирующая реакций вокруг Z	5.344	кНм	В центре тяжести модели
Максимальное перемещение вдоль X	-0.5	мм	Стержень № 1, x: 2.400 м
Максимальное перемещение вдоль Y	-0.7	мм	Стержень № 2, x: 2.400 м
Максимальное перемещение вдоль Z	4.8	мм	Узел КЭ № 119 (X: 3.000, Y: 2.500, Z: 0.000 м)
Максимальное векторное перемещение	4.8	мм	Узел КЭ № 119 (X: 3.000, Y: 2.500, Z: 0.000 м)
Максимальный поворот вокруг оси X	1.3	мрад	Узел КЭ № 452 (X: 0.500, Y: 0.000, Z: 0.000 м)
Максимальный поворот вокруг оси Y	-1.6	мрад	Узел КЭ № 429 (X: 1.000, Y: 6.000, Z: 0.000 м)
Максимальный поворот вокруг оси Z	0.2	мрад	Узел КЭ № 303 (X: 7.000, Y: 0.000, Z: 1.500 м)
Метод расчёта	2-го порядка		Теория 2-го порядка (нелинейный расчет)
Внутренние силы, отнесенные к деформированно	<input checked="" type="checkbox"/>		N, V _y , V _z , M _y , M _z , M _T
Учет разгружающего эффекта сил растяжения ст	<input checked="" type="checkbox"/>		
Результаты разделить на коэфф. ЭГ	<input type="checkbox"/>		
Редукция жесткости	<input type="checkbox"/>		
Кол-во увеличений нагрузки	1		
Кол-во итераций	3		
Максимальная величина элемента матрицы жест	2.608E+10		

Рисунок 8.1: Таблица 4.0 *Всего*

Данная таблица отображает проверку суммы нагрузок и опорных реакций. Отклонения в каждом направлении должны быть менее 1%. Если это не так, из-за значительных различий в жесткости будут возникать численные проблемы. Возможно модель имеет недостаточную стабильность, или вычисление достигло максимального числа итераций без сходимости. Вид информирует Вас также о полученных опорных реакциях, которые являются эффективными в идеализированном виде в центре тяжести модели.

Кроме того, резюме показывает максимальные перемещения и вращения, связанные с глобальными осями X, Y и Z, а также самое большое общее перемещение. Благодаря проверке деформаций можно оценить достоверность результатов.

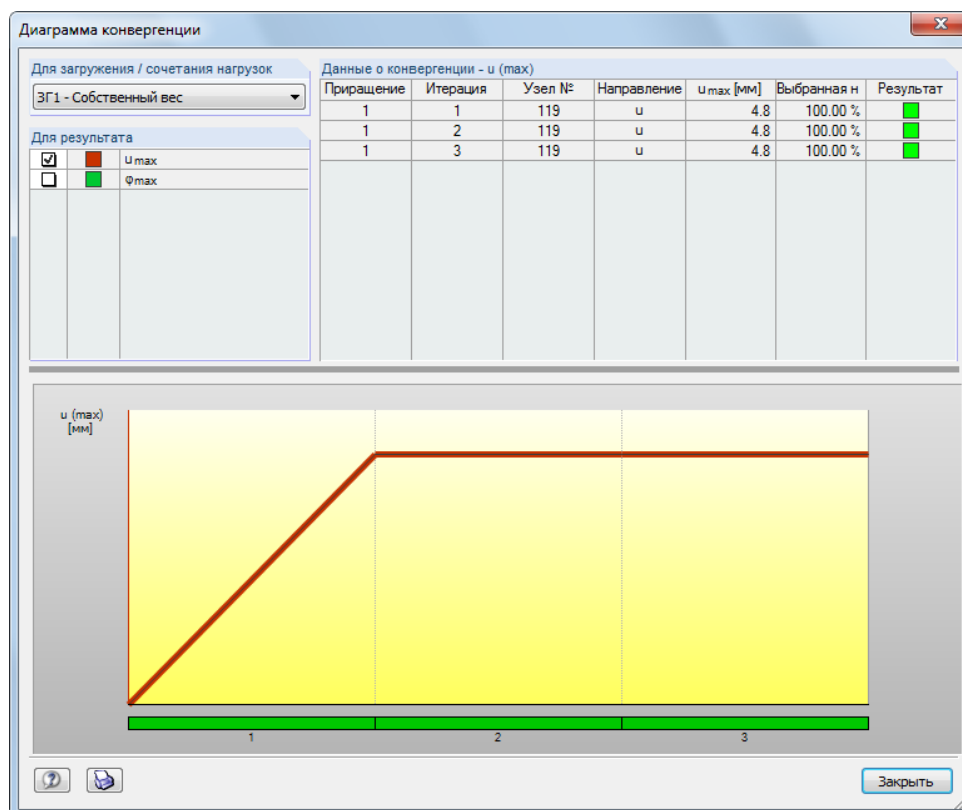
Резюме, представленное по загрузкам, завершается с помощью используемых расчётных параметров. Количество *итераций*, необходимое для получения результатов, имеет особое значение.

Таблица заканчивается с помощью *Итога* выбранных параметров расчёта, также как на глобальном уровне допустимые нормативы расчёта (см. Рисунок 7.22, страница 293: Диалоговое окно *Параметры расчёта*, вкладка *Общие расчётные параметры*)

Диаграмма конвергенции

Развитие деформаций представлено в графическом виде в процессе расчёта (см. Рисунок 7.31, страница 302). Можно использовать данную диаграмму итерации также после расчёта для оценки «Записи». Чтобы открыть соответствующее диалоговое окно,

выберите **Итерационные диаграммы** в **Результаты** меню.

Рисунок 8.2: Диалоговое окно *Диалог конвергенции*

Соответствующее загрузке можно выбрать в списке *Для загрузки / сочетания нагрузок*.

В разделе диалога *Для величины результата*, представлены максимальные перемещения u_{\max} и максимальные вращения φ_{\max} . Когда конкретный узел с соответствующей деформацией был определен среди глобальных параметров расчёта (см. Рисунок 7.22, страница 293, раздел диалога *Диалог конвергенции*), то деформации, связанные с этим узлом, также содержатся в списке.

Во второй половине диалогового окна, вы видите графики деформаций, активированных в диалоговом разделе *Для величины результата*.

Одним щелчком мыши в одной из строк, доступных в диалоговом разделе *Для величины результата*, можно обновить значения результата соответствующей деформации в таблице *Данные о конвергенции*. Таким образом, возможна конкретная оценка шагов итерации, которые регулируют узлы и диаграммы деформаций.

Кроме того, диаграмма итерации позволяет принять меры по исправлению положения для "колеблющихся" (не сходящихся) результатов. Кроме того, можно проверить диаграмму деформации в итерациях впоследствии в случаях расчёта, которые отнимают много времени.

На основе диаграммы конвергенции, схема нагрузки-деформации, может быть создана для приращений нагрузки путем копирования результативных значений в буфер обмена.

8.1 Узлы - опорные реакции

С помощью записей под *Опорные реакции* в навигаторе *Результаты* вы выбираете компоненты для графического отображения в рабочем окне. Они могут быть связаны с местными осями повернутых опор или с глобальной системой координат XYZ. Таблица 4.1 показывает опорные реакции и моменты в численном виде.

Если конструкция является 2D моделью, программа RFEM отображает только столбцы таблицы опорных реакций и моментов, которые важны для плоской системы конструкции.

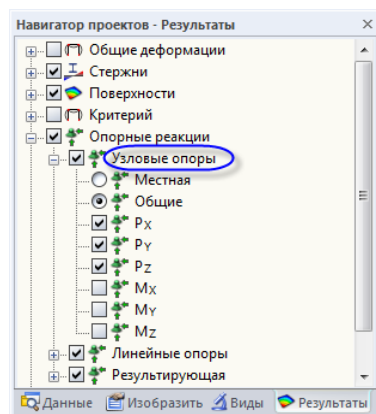


Рисунок 8.3: Результаты навигатор: Опорные реакции → Узловые опоры

Узел №	Опорные реакции [кН]			Опорные моменты [кНм]			G
	P _x	P _y	P _z	M _x	M _y	M _z	
13	-1.41	1.71	63.22	0.00	0.00	0.00	
14	-1.15	-2.02	60.00	0.00	0.00	0.00	
Σ силы	-2.56	-0.31	123.22				
Σ нагруз	120.00	0.00	571.28				

Рисунок 8.4: Таблица 4.1 Узлы - опорные реакции

Для отображения опорных реакций конкретного нагружения, выберите нагружение из списка на главной панели инструментов или на панели инструментов таблицы.

Опорные реакции P_x / P_y / P_z

Опорные реакции перечислены в трех столбцах таблицы, где они сортируются по узлам. Обычно, силы относятся к осям X, Y и Z глобальной системы координат. Для отображения сил, связанных с локальными осями опор X', Y' и Z' (поворачивающиеся опоры) на графике, а также в таблице, перейдите в навигатор *Результаты* и установите **Опорные реакции** → **Узловые опоры** → **Локальная**.

Узлы с опорами с вращением отмечены звездочкой (*), как показано на Рисунок 8.4. Силы рассматриваются в соответствии с выбранной системой координат. В финальном столбце таблицы, указывается угол опор с вращением.



Таблица показывает силы, которые передаются в опору. Таким образом, в отношении знаков, таблица не показывает опорные реакции со стороны опоры. Знаки получаются в итоге направлений глобальных осей. Если глобальная ось Z направлена вниз, то собственный вес нагружения, например, приводит к положительной опорной реакции p_z, и ветровая нагрузка в обратном направлении глобальной оси X имеет отрицательную опорную реакцию p_{ox}. Таким образом, опорные реакции, показанные в таблице, представляют нагрузки фундамента.

В противоположность этому, зеленые векторы, отображаемые в графике рабочего окна, показывают опорные реакции со стороны опоры. Компоненты опорных реакций визуализируются по размеру и направлению векторов.

Можно отобразить знаки опорных реакций в рабочем окне. Выберите *Результаты* в навигаторе. *Изобразить* отметьте флажок соответствующей опцией.

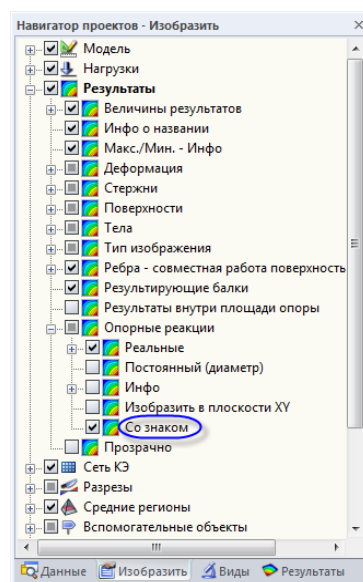


Рисунок 8.5: *Изобразить* навигатор, *Результаты* → *Опорные реакции*. *Со знаком*

Знаки в графике относятся к глобальной системе координат XYZ или к локальной поворачивающейся системе координат X'Y'Z'. Положительная опорная реакция действует в направлении соответствующей положительной оси. Например, ветровая нагрузка в обратном направлении оси глобальной оси X приводит к положительной опорной реакции R_x .

Желательно отображать данные знаки только для целей тестирования. Они могут привести к неправильному толкованию, поскольку у векторов знаки уже есть. Знаки в графиках представляются в виде дополнительной функции векторного отображения, указывая направления значений по отношению к глобальным осям.

Опорные моменты M_x / M_y / M_z

Опорные моменты перечислены в трех столбцах таблицы, где они сортируются по линиям. Обычно, моменты относятся к осям X, Y и Z глобальной системы координат. Используйте навигатор *Результаты* для отображения моментов, связанных с местными осями опор X', Y' и Z' на графике, а также в таблице.

Таблица показывает моменты, которые передаются в опору. По отношению к знакам, как для опорных реакций, таблица не показывает реакции со стороны опоры. Знаки получаются в итоге направлений глобальных осей. Таким образом, опорные моменты, показанные в таблице, представляют нагрузки фундамента.

В рабочем окне, однако, моменты реакции показаны на части опоры.

Знаки для опорных моментов могут быть также отображены на графике (см. Рисунок 8.5). Положительный момент опоры действует по часовой стрелке вокруг соответствующей положительной глобальной оси. Подобно векторам у опорных реакций, у векторов уже есть знаки, знаки величин должны быть рассмотрены независимо: Знаки указывают направления моментов в отношении глобальных осей.

В графике, опорные моменты могут быть представлены в виде вектора или дуги. Чтобы изменить тип отображения,

укажите на **Изобразить свойства** в меню **Дополнения**, и выберите **Редактировать**.

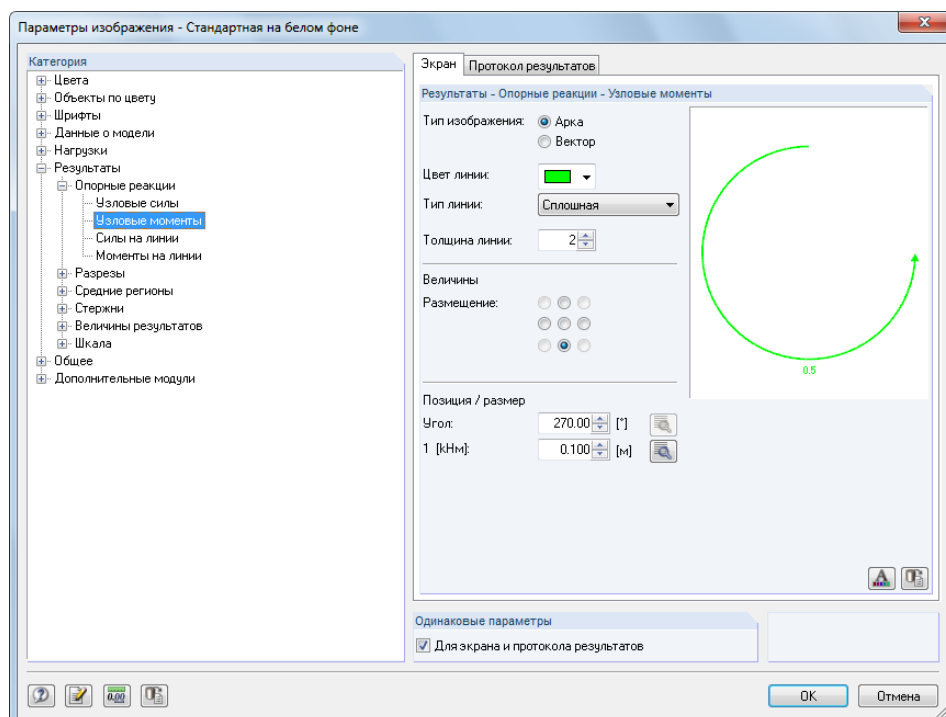


Рисунок 8.6: Диалоговое окно *Изобразить свойства* (раздел диалога): *Узловые моменты* с опцией отображения *Дуга*

В разделе диалога *Категория* слева, установите *Результатов*, *Опорные реакции* и *Узловые моменты*, и затем выберите *Изобразить опцию дуга* справа.

Вращение узловой опоры

В финальном столбце таблицы, показаны углы Вращения вращающихся узловых опор (см. Рисунок 8.4, страница 307). Соответствующие узлы отмечены звездочкой (*).

Контрольные суммы

Для загружений и сочетаний нагрузок программа RFEM отображает контрольные суммы нагрузок и опорных реакций в конце таблицы. Различия будут появляться между суммами Σ Сил и Σ Нагрузок, если модель имеет дополнительные линейные опоры и стержни или поверхности с упругими основаниями. Таким образом, также Σ Сил, доступную в таблицах 4.3, 4.7 и 4.20, следует рассматривать для общего резюме.

Импорт опорных сил в качестве нагрузок

Узловые силы опор и моменты другой модели RFEM могут быть применены в качестве нагрузки в модели, с которой вы работаете в данный момент. Таким образом, нагрузки можно перенести по этажам для анализа 2D плит перекрытий. Данная функция описана в разделе 8.3 на странице 314.

Узловые силы опор, которые требуется импортировать, применяются в качестве свободных сосредоточенных нагрузок.

Фильтр опорных реакций расчётных сочетаний

У расчётных сочетаний можно отрегулировать настройки по умолчанию для экстремальных значений, показанных в таблице результатов. Чтобы открыть соответствующее диалоговое окно,



выберите **Вид** в меню **Таблица** и нажмите на **Фильтр результатов** или используйте кнопку на панели инструментов, показанную слева.

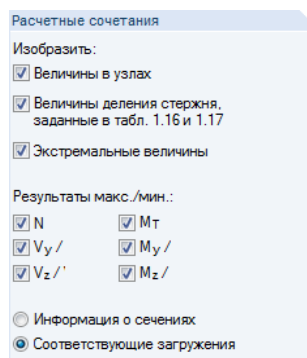


Рисунок 8.7: Диалоговое окно *Фильтр таблицы* (раздел диалога)

Флажки в диалоговом окне *Фильтр таблицы* контролируют тип и количество цифровых данных у опорных реакций.

Результирующая опорных реакций

Результирующие опорных реакций для нагрузок и сочетаний нагрузок приведены в числовой форме в таблице 4.0 *Результаты - резюме* для каждого глобального направления (см. Рисунок 8.1, страница 305). Используйте навигатор *Результаты* для визуализации результирующих сил также в модели.

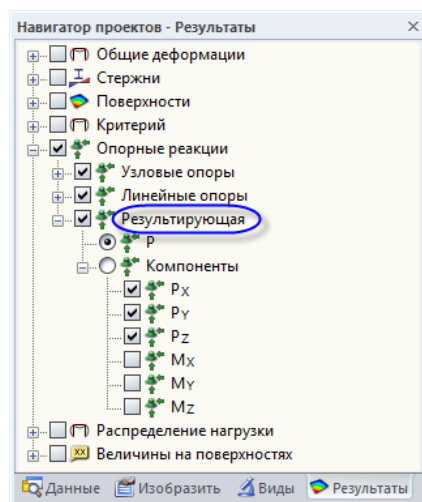


Рисунок 8.8: *Результаты* навигатор: *Опорные реакции* → *Результирующая*

В дополнение к общей результирующей P , можно отобразить отдельные *Компоненты*, которые являются эффективными в идеализированном пути в центре модели. Таким образом, можно проверить положение и размер получаемых опорных реакций с первого взгляда.

8.2 Узлы - деформации

Для контроля графического отображения узловых перемещений и узловых вращений, отметьте флажок *Общие деформации* в *Результаты* навигаторе. Таблица 4.2 показывает деформации узлов в цифровой форме.

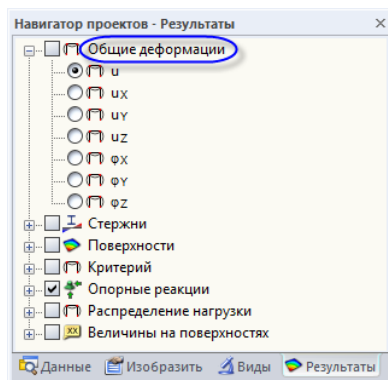


Рисунок 8.9: Результаты навигатор: Общие деформации

Узел №	Перемещения [мм]						Повороты [град]		
	u	ux	uy	uz	φx	φy	φz		
1	0.2	0.0	-0.2	0.1	0.8	-0.5	0.0		
2	0.2	-0.1	-0.2	0.1	-0.7	-0.5	0.0		
3	0.3	-0.1	-0.1	0.2	-0.6	0.5	0.1		
4	0.1	0.0	0.0	0.1	0.6	0.4	-0.1		
5	0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0		
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	-0.1	0.0		
7	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.2	0.0	0.0		
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
9	4.2	0.0	-0.1	4.2	0.8	-0.4	0.0		
10	4.7	-0.1	-0.1	4.7	0.2	-0.3	0.0		
11	2.9	-0.1	-0.1	2.9	0.3	1.4	0.0		
12	2.4	0.0	-0.1	2.4	0.6	1.3	0.0		
13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	0.0		
14	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.4	0.2	0.0		
15	0.5	0.0	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0		
16	0.5	0.0	0.5	0.1	0.6	0.0	0.0		
19	0.5	0.0	0.5	0.2	0.0	-0.1	0.0		
20	0.6	0.0	0.5	0.3	0.5	-0.1	0.0		
Макс.	4.7	0.0	0.5	4.7	0.8	1.4	0.1		
Мин.	0.0	-0.1	-0.2	0.0	-0.7	-0.5	-0.1		

Рисунок 8.10: Таблица 4.2 Узлы - деформации

Смещения и Вращения перечислены по узлам.

Смещения / Вращения

Деформации имеют следующие значения:

u	Полное перемещение
ux	Перемещение вдоль глобальной оси X
uy	Перемещение вдоль глобальной оси Y
uz	Перемещение вдоль глобальной оси Z
φx	Вращение вокруг глобальной оси X
φy	Вращение вокруг глобальной оси Y

φz	Вращение вокруг глобальной оси Z
----	----------------------------------

Таблица 8.1: Деформации в узлах

8.3 Линии - опорные реакции

С помощью записей под *Опорные реакции* в навигаторе *Результаты* вы выбираете компоненты для графического отображения в рабочем окне. Они могут быть связаны с местными осями повернутых опор или с глобальной системой координат XYZ. Таблица 4.3 показывает опорные реакции и моменты в численном виде.

Если конструкция является 2D моделью, программа RFEM отображает только столбцы таблицы опорных реакций и моментов, которые важны для плоской системы конструкции.

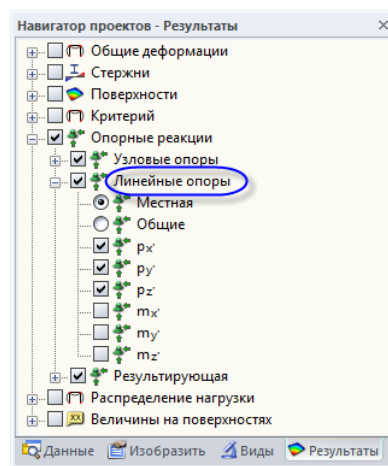


Рисунок 8.11: Результаты навигатор: Опорные реакции → Линейные опоры

Линия №	Узел №	Разрез x [m]	Опорные реакции [кН/м]			Опорные моменты [кНм/м]		
			rx'	ry'	rz'	mx'	my'	mz'
6	5.184		-0.23	5.90	-6.39	0.00	0.00	0.00
	5.655		-2.76	10.67	-3.90	0.00	0.00	0.00
	6.126		-5.56	12.92	4.71	0.00	0.00	0.00
	6.597		-6.50	11.69	22.03	0.00	0.00	0.00
	7.069		-3.00	6.99	49.71	0.00	0.00	0.00
	7.540		7.04	0.27	86.58	0.00	0.00	0.00
	8.011		23.70	-5.72	125.96	0.00	0.00	0.00
	8.482		38.74	-7.02	143.87	0.00	0.00	0.00
8.954		43.73	-4.10	136.27	0.00	0.00	0.00	
	6	9.425	71.06	10.79	-63.50	0.00	0.00	0.00
Σ силы			122.56	0.31	448.07			
Σ нагруз			120.00	0.00	571.28			

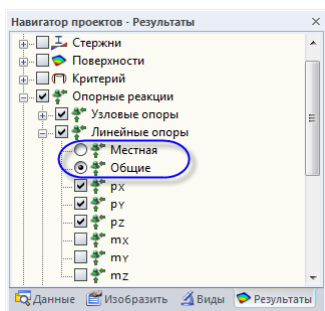
Рисунок 8.12: Таблица 4.3 Линии - опорные реакции

ЗГЗ - Снег

Для отображения опорных реакций конкретного нагружения, выберите нагружение из списка на главной панели инструментов или на панели инструментов таблицы.

Положение x

Опорные реакции перечислены по линиям. X-разрезы, показанные в столбце таблицы, представляют собой расстояния узлов КЭ вдоль линии. Они относятся к начальному узлу линии. Сетка поверхности не относится к линейным опорным реакциям.

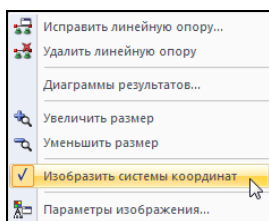


Опорные реакции p_x / p_y / p_z

Опорные реакции перечислены в трех столбцах таблицы, где они сортируются по линиям. Силы могут быть связаны с глобальными осями X, Y и Z или локальными осями X', Y' и Z' линейных опор. Ось отсчета в таблице управляется настройками в навигаторе *Результаты* (см. рисунок слева).

Таблица показывает силы, которые передаются в опору. Таким образом, в отношении знаков, таблица не показывает опорные реакции со стороны опоры. Если опорные реакции относятся к глобальной системе координат, знаки соответствуют направлениям глобальных осей. Если глобальная ось Z направлена вниз, то собственный вес загрузки, например, приводит к положительной опорной реакции p_z , и ветровая нагрузка в обратном направлении глобальной оси X имеет отрицательную опорную реакцию p_{ox} . Таким образом, опорные реакции, показанные в таблице, представляют нагрузки фундамента.

Если местные опорные реакции p_x , p_y и p_z отображены, то силы относятся к осям линейных опор X', Y' и Z'. Таким образом, знаки в таблице для введенных сил вытекают из направлений локальных осей опор. Используйте навигатора *Отобразить* или контекстное меню линейных опор, чтобы отобразить эти оси.



Контекстное меню линейной опоры

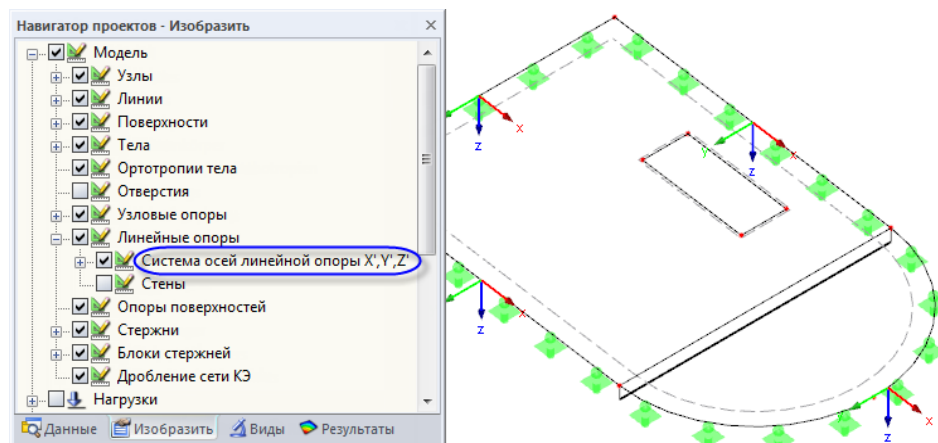


Рисунок 8.13: Активация системы осей местных линейных опор в *Отобразить* навигаторе

В противоположность этому, зеленые векторы, отображаемые в графике рабочего окна, показывают опорные реакции со стороны опоры. Компоненты опорных реакций визуализируются по размеру и направлению векторов.

Опорные моменты m_x / m_y / m_z

Опорные моменты перечислены в трех столбцах таблицы, где они сортируются по линиям. Они связаны с глобальной системой координат XYZ или местной системой координат линейных опор X'Y'Z'. Если вы установили локальную ссылку, опорные моменты обозначены с помощью m_x , m_y и m_z .

Таблица показывает моменты, которые передаются в опору. Таким образом, в отношении знаков, таблица не показывает опорные реакции со стороны опоры.

В рабочем окне, однако, моменты реакции показаны на части опоры. В дополнение к отображению вектора, можно установить отображение дуги: Укажите на *Изобразить свойства* в *Дополнения* меню, и выберите *Редактировать* (см. Рисунок 8.6, страница 309).

Контрольные суммы

Для загрузок и сочетаний нагрузок программа RFEM отображает контрольные суммы нагрузок и опорных реакций в конце таблицы. Они всегда связаны с глобальной системой координат. Различия будут появляться между суммами Σ Сил и Σ Нагрузок, если модель имеет дополнительные узловые опоры и стержни или поверхности с упругими основани-

ями. Таким образом, также Σ Сил, доступную в данных таблицах, следует рассматривать для общего резюме.

Диаграммы результатов

Диаграммы результатов линейных опор можно в частности рассчитать в новом окне: Щелкните правой кнопкой мыши (выбранный) линейной опоры (опор), а затем нажмите опцию *Диаграмма результатов* в контекстном меню (см. рисунок в левом поле на Рисунок 8.13).

Для получения более подробной информации об окне *Диаграмма результатов*, см. главу 9.5 на страница 383.

В рабочем окне, дополнительная информация доступна для каждой линейной опоры:

- Σ Сумма как результирующая сил
- Φ Средняя величина
- X Расстояние середины линии от начала линии
- E Эксцентриситет из результирующей силы, связанной с серединой линии
- M Момент из-за эксцентриситета результирующей силы

Чтобы отобразить данную информацию, выберите *Результаты* в навигаторе. Изобразить, дважды щелкните на *Опорные реакции*, и затем отметьте флажок для *Инфо*.

Импорт опорных сил в качестве нагрузок

Z компоненты узловых и линейных опорных реакций другой модели RFEM могут быть применены в качестве нагрузки к модели, с которой вы работаете в данный момент. Таким образом, можно перенести, например, нагрузок по этажам для анализа 2D плит перекрытий.

Опорные силы будут импортированы в данное загрузение. Таким образом, полезно сначала создавать загрузение для новых нагрузок.

Чтобы открыть диалоговое окно импорта,

выберите **Импорт Опорных реакций как Нагрузки** в меню **Инструменты**.

p-Z
 Σ : 445.08 kN
 Φ : 63.58 kN/m
 x: 3.500 m
 e: 0.284 m
 M: 126.350 kNm

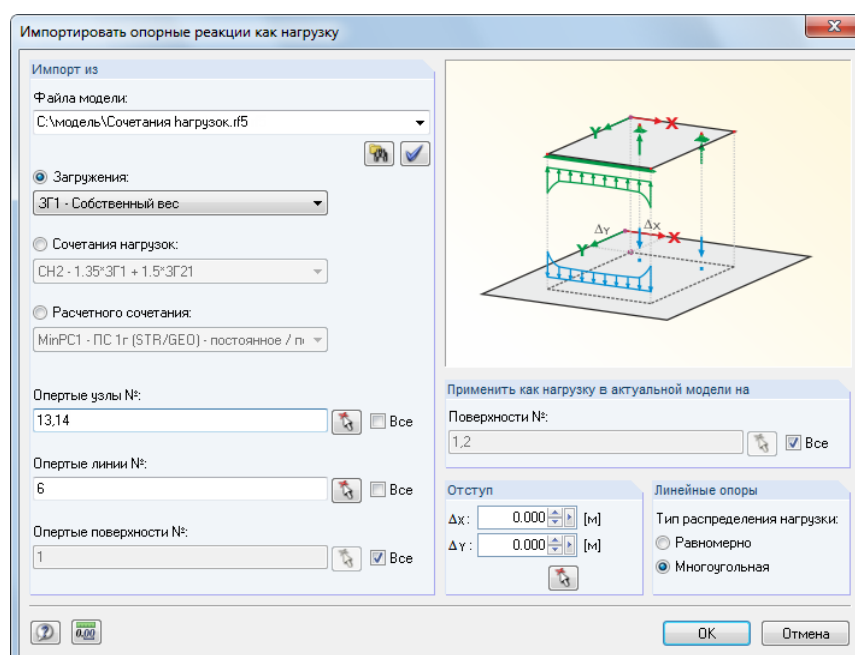


Рисунок 8.14: Диалоговое окно *Импортировать опорные реакции как нагрузку*



Во-первых, уточните, соответствующую модель в разделе диалога *Импорт из*. Кнопка, показанная слева, поможет вам выбрать подходящую модель. Затем RFEM импортирует рассчитанные загрузки, сочетания нагрузок и расчётные сочетания, для которых вы должны сделать следующее решение. Когда установлено расчётное сочетание (PC), вы также должны определить, хотите ли вы импортировать максимальные или минимальные опорные реакции.



Если вы не хотите импортировать *Все* опорные реакции, можно указать номера соответствующих узлов, линий и поверхностей. Кроме того, их можно выбрать в графическом виде в исходной модели с помощью [^] функции.



В разделе диалога *Применить как нагрузку в текущей модели*, введите число поверхностей, для которых вы хотите создать нагрузки. Их также можно выбрать в графическом виде.

Если исходные и целевые поверхности лежат точно друг на друге, в диалоговом разделе *Смещение* не требуется никакой записи. В противном случае, можно использовать поля ввода для определения глобальных смещений ΔX и ΔY для импорта. Они относятся к глобальным осям.

В диалоговом разделе *Линейные опоры* можно выбрать, будут ли опорные реакции создаваться как свободные нагрузки на линии с равномерным или многоугольным распределением нагрузки.

Фильтр опорных реакций расчётных сочетаний



Для расчётных сочетаний можно отрегулировать настройки по умолчанию для экстремальных значений, показанных в таблице результатов. Чтобы открыть соответствующее диалоговое окно,

выберите **Вид** в меню **Таблица** и нажмите на **Фильтр результатов**

или используйте кнопку на панели инструментов таблицы, показанную слева.

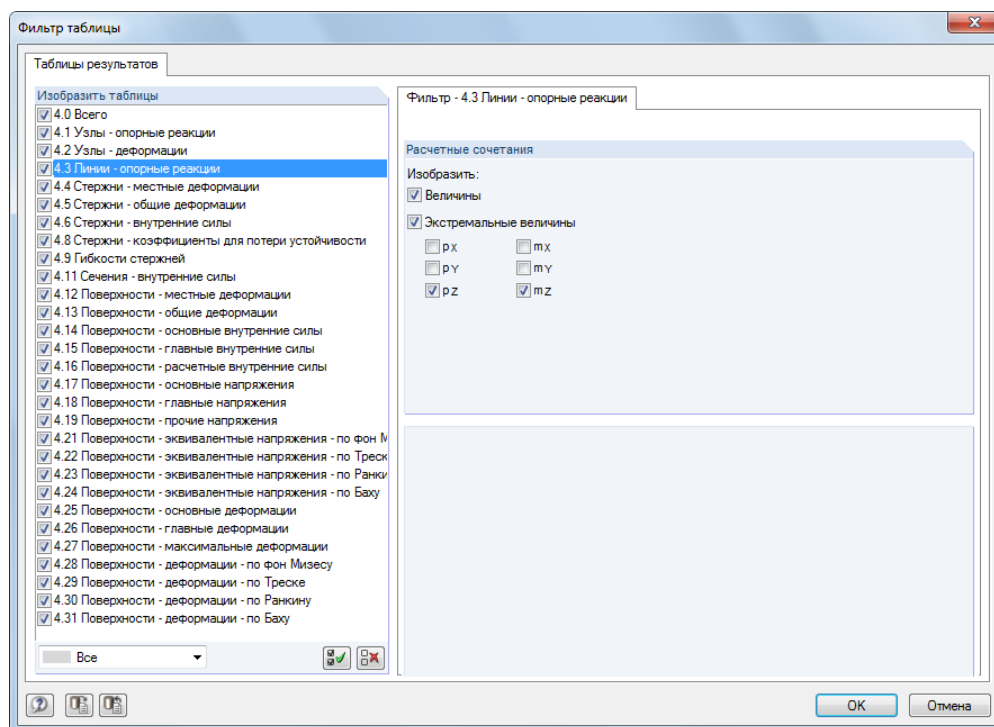


Рисунок 8.15: Диалоговое окно *Фильтр таблицы*

Флажки в диалоговом окне *Фильтр таблицы* контролируют тип и количество цифровых данных.

8.4 Стержни - деформации

Для проверки графического отображения Смещений стержей и вращений стержней, отметьте флажок для *Стержни* в *Результаты* навигаторе. Когда используются асимметричные сечения, можно выбрать, если результаты будут относиться к главным осям u и v (см. рисунок на страница 128) или к нормальным осям ввода u и z . Таблица 4.4 показывает местные деформации стержней в числовой форме.

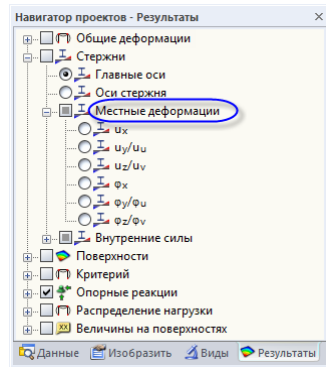
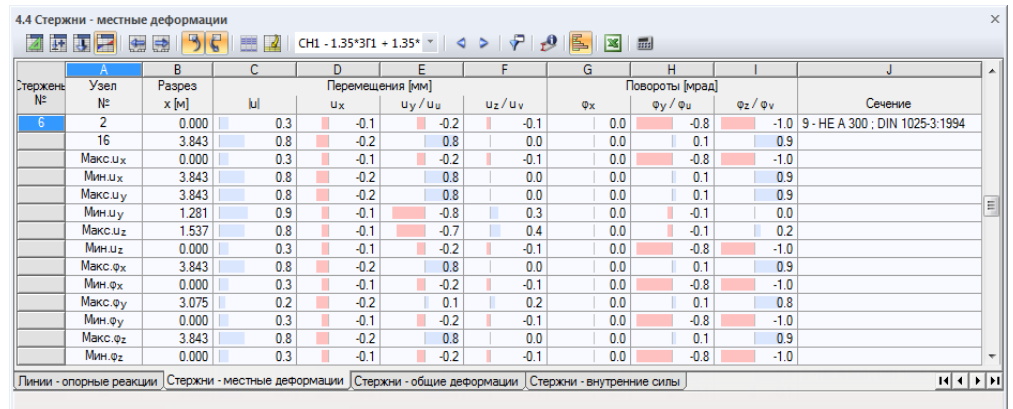


Рисунок 8.16: Результаты навигатор: Стержни → Местные деформации



Стержень №	Узел №	Разрез x [м]	C	D			E			F			G			H			I	Сечение
				u_x	u_y / u_v	u_z / u_w	u_x	u_y / u_v	u_z / u_w	ϕ_x	ϕ_y / ϕ_u	ϕ_z / ϕ_v	ϕ_x	ϕ_y / ϕ_u	ϕ_z / ϕ_v	ϕ_y / ϕ_u	ϕ_z / ϕ_v			
С	2	0.000	0.3	-0.1	-0.2	-0.1	0.0	-0.8	-1.0	9 - HE A 300 ; DIN 1025-3:1994										
	16	3.843	0.8	-0.2	0.8	0.0	0.0	0.1	0.9											
	Макс. u_x	0.000	0.3	-0.1	-0.2	-0.1	0.0	-0.8	-1.0											
	Мин. u_x	3.843	0.8	-0.2	0.8	0.0	0.0	0.1	0.9											
	Макс. u_y	3.843	0.8	-0.2	0.8	0.0	0.0	0.1	0.9											
	Мин. u_y	1.281	0.9	-0.1	-0.8	0.3	0.0	-0.1	0.0											
	Макс. u_z	1.537	0.8	-0.1	-0.7	0.4	0.0	-0.1	0.2											
	Мин. u_z	0.000	0.3	-0.1	-0.2	-0.1	0.0	-0.8	-1.0											
	Макс. ϕ_x	3.843	0.8	-0.2	0.8	0.0	0.0	0.1	0.9											
	Мин. ϕ_x	0.000	0.3	-0.1	-0.2	-0.1	0.0	-0.8	-1.0											
	Макс. ϕ_y	3.075	0.2	-0.2	0.1	0.2	0.0	0.1	0.8											
	Мин. ϕ_y	0.000	0.3	-0.1	-0.2	-0.1	0.0	-0.8	-1.0											
	Макс. ϕ_z	3.843	0.8	-0.2	0.8	0.0	0.0	0.1	0.9											
	Мин. ϕ_z	0.000	0.3	-0.1	-0.2	-0.1	0.0	-0.8	-1.0											

Рисунок 8.17: Таблица 4.4 Стержни - местные деформации

ЭГЗ - Снег

Для отображения деформаций конкретного нагружения, выберите нагружение из списка на главной панели инструментов или на панели инструментов таблицы.

Узел номер

Номера начального и конечного узла отображаются для каждого стержня в первых двух строчках таблицы, так что можно прочитать значения в узлах. В последующих строчках, вы увидите информацию о максимуме и минимуме деформации, показанного в столбцах таблицы от D до I.

Положение x

В таблице приведены деформации каждого стержня по следующим разрезам:

- Начальный и конечный узел
- Точки дробления в соответствии с заданным дроблением стержня (см. главу 4.16, страница 147)
- Экстремальные величины (*Макс./Мин.*) смещений и вращений



Для регулировки настройки по умолчанию x-разрезов, показанных в таблице результатов,

выберите **Вид** в меню **Таблица** и нажмите на **Фильтр результатов** или используйте кнопку на панели инструментов таблицы, показанную слева.

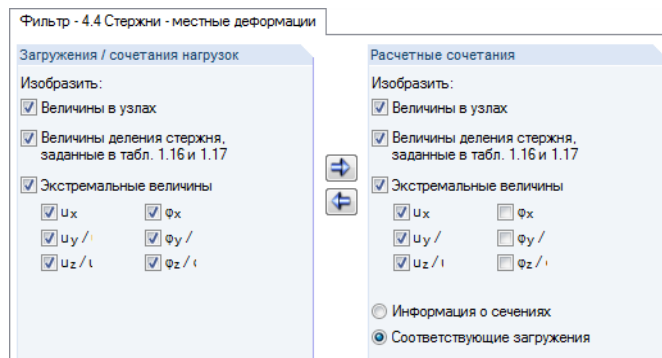


Рисунок 8.18: Диалоговое окно *Фильтр таблицы* (раздел диалога)

Флажки в диалоговом окне *Фильтр таблицы* (см. Рисунок 8.15, страница 315) контролируют тип и количество цифровых данных.

Смещения / Вращения

Деформации стержня имеют следующие значения:

$ u $	Абсолютное общее смещение (не для расчётных сочетаний)
u_x	Смещение стержня в направлении его продольной оси
u_y / u_u	Смещение стержня в направлении местной оси y или u (см. страницу 128)
u_z / u_v	Смещение стержня в направлении местной оси z или v
ϕ_x	Вращение стержня вокруг его продольной оси
ϕ_y / ϕ_u	Вращение стержня вокруг местной оси y или u
ϕ_z / ϕ_v	Вращение стержня вокруг местной оси z или v

Таблица 8.2: Деформации стержня

Чтобы проверить положение местных осей стержня, выберите *Модель* и *Стержни* в навигаторе *Отобразить* и активируйте *Осевые системы стержня x,y,z* (см. Рисунок 8.24, страница 321). Можно также использовать контекстное меню стержня, показанное слева.

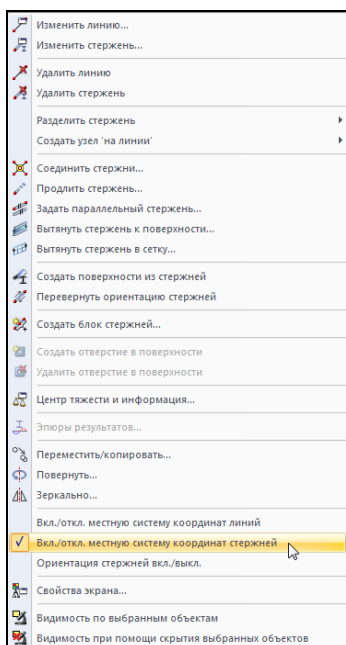
Кроме того, местная система осей стержня оказывает влияние на знаки деформаций. Положительное смещение следует направлению положительной местной оси, положительный Вращение действует по часовой стрелке вокруг положительной оси стержня.

Сечение

Последняя колонка таблицы информирует Вас о сечениях, используемых в стержнях или о соответствующих загрузениях (для расчётных сочетаний).

В рабочем окне, деформации стержней могут быть представлены с помощью двух-или многоцветного изображения, а также в режиме воспроизведения (см. главу 9.3, страница 373).

Кроме того, деформации стержня могут быть представлены в виде анимации процесса деформации (см. главу 9.10, страница 408).



Контекстное меню стержня

8.5 Стержни – глобальные деформации



Для проверки графического отображения смещений и Вращения стержня, касающихся глобальных осей X, Y и Z, отметьте флажок для *Общие деформации* в *Результаты* навигаторе. Таблица 4.5 показывает общие деформации стержней в числовой форме.

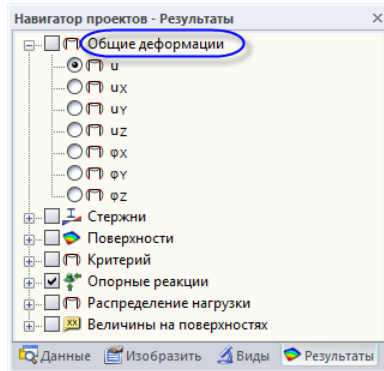


Рисунок 8.19: Результаты навигатор: Общие деформации

Стержень №	Узел №	Разрез x [м]	C	D			E			F			G			H			I	J
				u	ux	uy	uz	φx	φy	φz	Сечение									
1	13	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7 - Круг 300		
	2	4.000	0.2	-0.1	-0.2	0.1	-0.7	-0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
	Макс.ux	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
	Мин.ux	2.400	0.7	-0.5	0.4	0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
	Макс.uy	2.000	0.7	-0.5	0.4	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
	Мин.uy	4.000	0.2	-0.1	-0.2	0.1	-0.7	-0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
	Макс.uz	4.000	0.2	-0.1	-0.2	0.1	-0.7	-0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
	Мин.uz	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
	Макс.φx	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
	Мин.φx	4.000	0.2	-0.1	-0.2	0.1	-0.7	-0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
	Макс.φy	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
	Мин.φy	4.000	0.2	-0.1	-0.2	0.1	-0.7	-0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
	Макс.φz	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
	Мин.φz	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
2	14	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7 - Круг 300			
1	4.000	0.2	0.0	0.0	-0.2	0.1	0.8	-0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				

Рисунок 8.20: Таблица 4.5 Стержни - общие деформации

Столбцы таблицы *Узел №:* и *x-разрез* соответствуют столбцам предыдущей таблицы результатов 4.4 *Стержни - местные деформации.*

Смещения / Вращения

Деформации стержня имеют следующие значения:

u	Абсолютное общее смещение (не для расчётных сочетаний)
ux	Смещение стержня в направлении глобальной оси X
uy	Смещение стержня в направлении глобальной оси Y
uz	Смещение стержня в направлении глобальной оси Z
φx	Вращение стержня вокруг глобальной оси X
φy	Вращение стержня вокруг глобальной оси Y
φz	Вращение стержня вокруг глобальной оси Z

Таблица 8.3: Общие деформации стержня

8.6 Стержни - внутренние силы

Для проверки графического отображения внутренних сил стержня, отметьте флажок для *Стержни* в *Результаты* навигаторе. Таблица 4.6 показывает внутренние силы и моменты в числовой форме.

Если конструкция является 2D моделью, программа RFEM отображает только столбцы таблицы внутренних сил, которые соответствуют плоской системе конструкции.

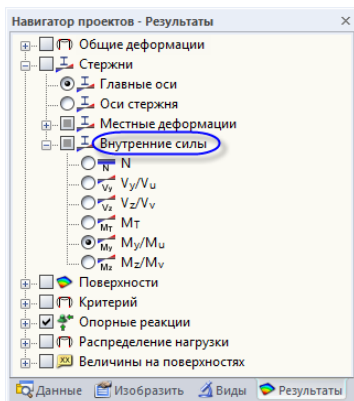


Рисунок 8.21: Результаты навигатор: Стержни → Внутренние силы

Стержень №	Узел №	Разрез x [м]	Силы [кН]			Моменты [кНм]			Сечение
			N	V _y / V _u	V _z / V _v	M _T	M _y / M _u	M _z / M _v	
13	2	0,000	-63,22	1,73	-1,43	0,00	0,00	0,00	7 - Круг 300
		4,000	-56,15	1,67	-1,38	0,00	-5,64	-6,83	
	Max N	4,000	-56,15	1,67	-1,38	0,00	-5,64	-6,83	
	Min N	0,000	-63,22	1,73	-1,43	0,00	0,00	0,00	
	Max V _y	0,000	-63,22	1,73	-1,43	0,00	0,00	0,00	
	Min V _y	4,000	-56,15	1,67	-1,38	0,00	-5,64	-6,83	
	Max V _z	4,000	-56,15	1,67	-1,38	0,00	-5,64	-6,83	
	Min V _z	0,000	-63,22	1,73	-1,43	0,00	0,00	0,00	
	Max M _T	4,000	-56,15	1,67	-1,38	0,00	-5,64	-6,83	
	Min M _T	0,000	-63,22	1,73	-1,43	0,00	0,00	0,00	
	Max M _y	0,000	-63,22	1,73	-1,43	0,00	0,00	0,00	
	Min M _y	4,000	-56,15	1,67	-1,38	0,00	-5,64	-6,83	
	Max M _z	0,000	-63,22	1,73	-1,43	0,00	0,00	0,00	
	Min M _z	4,000	-56,15	1,67	-1,38	0,00	-5,64	-6,83	
2	14	0,000	-60,00	-2,04	-1,17	0,00	0,00	0,00	7 - Круг 300
		4,000	-52,94	-1,97	-1,13	0,00	-4,62	8,07	

Рисунок 8.22: Таблица 4.6 Стержни – Внутренние силы

Для отображения внутренних сил конкретного нагружения, выберите нагружение из списка на главной панели инструментов или на панели инструментов таблиц.

Положение x

В таблице приведены внутренние силы каждого стержня по следующим разрезам:

- Начальный и концевой узел
- Точки дробления в соответствии с заданным дроблением стержня (см. главу 4.16, страница 147)
- Экстремальные величины (*Макс./Мин.*) внутренних сил



Для регулировки настройки по умолчанию x-разрезов, показанных в таблице результатов,

выберите **Вид** в меню **Таблица** и нажмите на **Фильтр результатов** или используйте кнопку на панели инструментов таблицы, показанную слева.

3Г1 - Снер

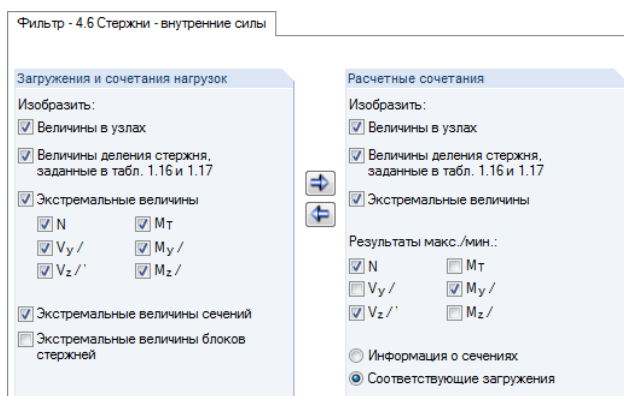


Рисунок 8.23: Диалоговое окно *Фильтр таблицы* (раздел диалога)

Флажки в диалоговом окне *Фильтр таблицы* контролируют тип и количество цифровых данных (см. главу 11.5.5, страница 527).

График диаграммы для внутренних сил основана на результативных значениях, доступных в узлах секи КЭ или в узлах дробления стержня, которые были определены во вкладке диалога *Общие параметры расчёта* в диалоговом окне *Параметры расчёта* (см. главу 7.3.3 страницу 294).

Силы / моменты

Внутренние силы стержня имеют следующие значения:

N	Продольная сила в стержне
V_y / V_u	Поперечная сила в направлении местной оси стержня y или u (см. страницу 128)
V_z / V_v	Поперечная сила в направлении местной оси стержня z или v
M_T	Крутящий момент
M_y / M_u	Изгибающий момент вокруг оси y или u
M_z / M_v	Изгибающий момент вокруг оси z или v

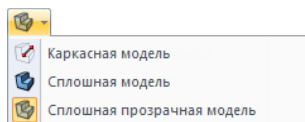
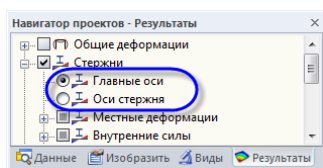
Таблица 8.4: Внутренние силы стержней

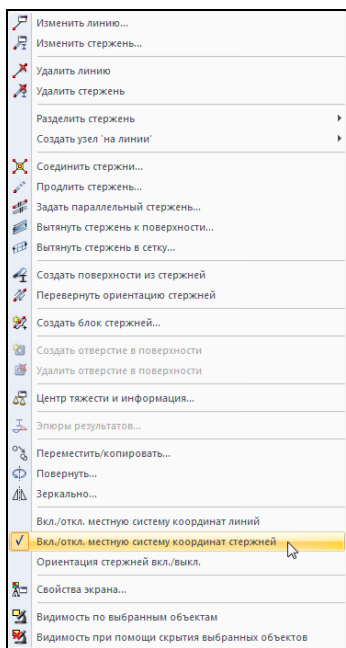
Местные оси стержней y и z или u и v являются главными осями сечения. Оси y или u представляет собой "сильные" оси, "слабые" оси представлены осями z или v (см. главу 4.17, страница 157). Когда используются асимметричные сечения, можно выбрать, если внутренние силы будут относиться к главным осям u и v (см. рисунок на страница 128) или к нормальным осям ввода y и z.

Чтобы настроить отображение результатов, используйте навигатор *Результаты* как показано на рисунке слева. Данная настройка отображения влияет на оба вывода в графическом виде результатов и на вывод результатов в таблицах.

При выполнении нелинейного расчёта, внутренние силы также могут быть связаны с деформированной системой координат стержня. Обращение внутренних сил устанавливается в разделе диалога *Возможности* диалогового окна *Параметры расчёта* (см. главу 7.3.1, страница 288).

Чтобы проверить положение стержня, используйте воспроизведение 3D. Можно также использовать *Отобразить* навигатор, в котором вы выберите *Модель* и *Стержни*, и затем отметите флажок на *Осевые системы стержня x,y,z* (см. Рисунок ниже).





Контекстное меню стержня

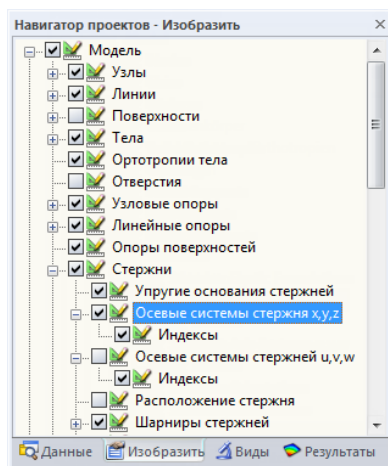
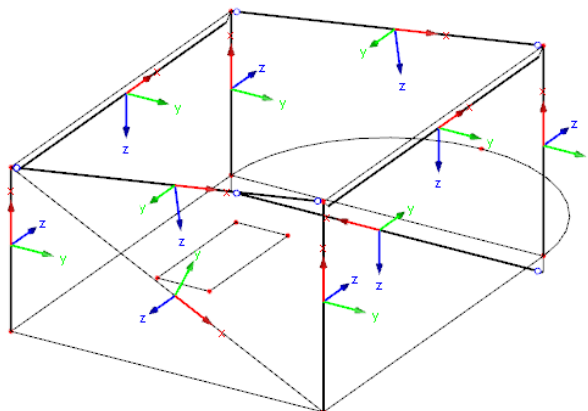


Рисунок 8.24: Выбор местных систем осей стержня в *Отобразить* навигаторе



Отображение осей стержня также может быть активировано в отображенном слева контекстном меню стержня.

Местная система осей стержня влияет на знаки внутренних сил.

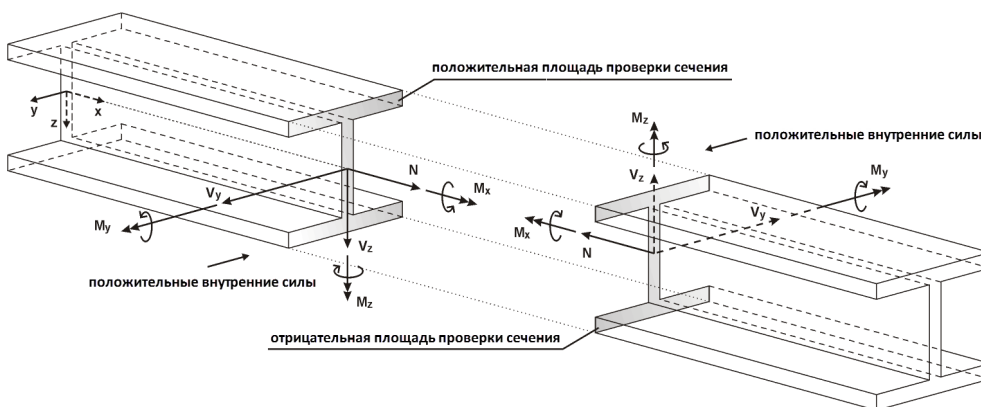


Рисунок 8.25: Положительное определение внутренних сил



Изгибающий момент M_y является положительным если растягивающие напряжения возникают на положительной стороне стержня (в направлении оси z). M_z является положительным если сжимающие напряжения возникают на положительной стороне стержня (в направлении оси y). Определение знаков у крутящих моментов, осевых сил и поперечных сил соответствует обычными правилам. Данные внутренние силы являются положительными, если они действуют в положительном направлении.



Экстремальные величины

Если активировано табличное отображение экстремальных значений (см. Рисунок 8.23, страница 320), программа RFEM показывает вам максимум положительных (Max) и минимум отрицательных (Min) внутренних сил у каждого стержня. В таблице результатов, крайние значения выделены жирным шрифтом. Значения в остальных колонках соответствующих строк таблицы представляют собой внутренние силы, связанные с экстремальным значением (см. также главу 11.5.5, страница 527).

Сечения / Соответствующие загрузки

Финальный столбец таблицы информирует Вас о сечениях, используемых в стержнях.

Расчётные сочетания

В результатах расчётных сочетаний, в столбце приведены *Соответствующие загрузки* (см. Рисунок 8.22). В таблице показаны номера загрузок или сочетаний, которые были

использованы для определения максимальных или минимальных внутренних сил соответствующей строки таблицы. Загрузки, классифицированные как *Постоянные* появляются всегда в этом столбце таблицы. *Временные* загрузки отображаются, только если их внутренние силы имеют неблагоприятное влияние на результат (см. раздел 5.6, страница 220).

В то же время, таблица будет увеличена на новый столбец таблицы, который в третьем столбце С.

В конце списка внутренних сил стержня можно прочитать максимальные положительные (**Макс**) и минимальные отрицательные (**Мин**) значения.



Можно уменьшить объем данных в таблицах расчётных сочетаний с помощью использования специфических

функций фильтра, доступных в диалоговом окне *Фильтр таблицы* (см. Рисунок 8.23, страница 320). Чтобы открыть диалоговое окно,

выберите **Вид** в меню **Таблица** и нажмите на **Фильтр результатов**

или используйте кнопку на панели инструментов таблицы, показанную слева.

8.7 Стержни - контактные силы

Когда в модели существуют стержни с упругим основанием (см. раздел 4.19, страница 166), контактные силы и моменты показаны в численной форме в таблице 4.6. Для проверки графического отображения результатов, отметьте флажок *Стержни* в *Результаты* навигаторе.

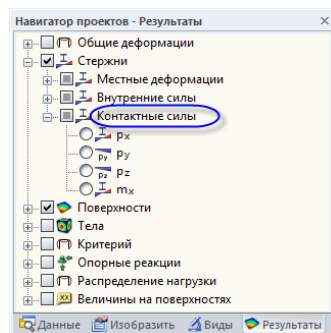
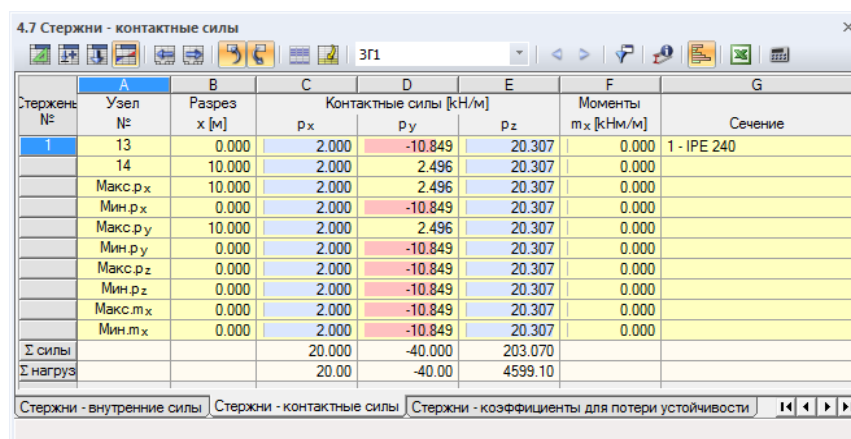


Рисунок 8.26: Результаты навигатор: Стержни → Контактные силы



Стержень №	Узел №	Разрез x [м]	Контактные силы [кН/м]			Моменты mx [кНм/м]	Сечение	
			rx	ry	rz			
1	13	0.000	2.000	-10.849	20.307	0.000	1 - IPE 240	
	14	10.000	2.000	2.496	20.307	0.000		
	Макс rx	10.000	2.000	2.496	20.307	0.000		
	Мин rx	0.000	2.000	-10.849	20.307	0.000		
	Макс ry	10.000	2.000	2.496	20.307	0.000		
	Мин ry	0.000	2.000	-10.849	20.307	0.000		
	Макс rz	0.000	2.000	-10.849	20.307	0.000		
	Мин rz	0.000	2.000	-10.849	20.307	0.000		
	Макс mx	0.000	2.000	-10.849	20.307	0.000		
	Мин mx	0.000	2.000	-10.849	20.307	0.000		
	Σ силы			20.000	-40.000	203.070		
	Σ нагруз			20.00	-40.00	4599.10		

Рисунок 8.27: Таблица 4.7 Стержни - контактные силы

Узел номер:

В первых двух строках таблицы, номера начальных и конечных узлов отображаются для каждого стержня основания. Остальные строки сообщают Вам о типах экстремальных значений, доступных для контактных сил и моментов.



Для настройки параметров по умолчанию для вывода экстремальных значений, выберите **Вид** в меню **Таблица** и нажмите на **Фильтр результатов** или используйте кнопку на панели инструментов таблицы, показанную слева.

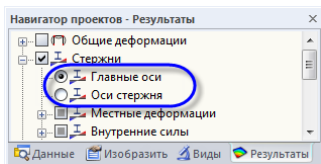
Положение x

В таблице приведены контактные внутренние силы каждого стержня по следующим разрезам:

- Начальный и конечный узел
- Точки дробления в соответствии с заданным дроблением стержня (см. главу 4.16, страница 147)
- Экстремальные величины (*Макс./Мин.*) контактных сил и моментов

Контактные силы $p_x / p_y / p_z$

Контактные силы, которые действуют в направлении местных осей стержня x , y и z , показаны по отношению к нормальной длине. Когда используются асимметричные сечения, можно выбрать, если контактные силы будут относиться к главным осям u и v (см. рисунок на страница 128) или к нормальным осям ввода y и z . Чтобы настроить отображение результатов, используйте *Результаты* навигатор:



Чтобы проверить положение локальных осей стержня, выберите *Модель* и *Стержни* в навигаторе *Отобразить* и активируйте *Осевые системы стержня x, y, z* (см. Рисунок 8.24). Знаки соответствую обычные определения, которые описаны в главе 8.6 на странице 321, описывающей внутренние силы стержней.

Если вы хотите определить контактные давления почвы на основе табличных значений, вы должны дополнительно разделить результаты по соответствующей поперечной ширине.

Моменты m_x

Контактные моменты относительно продольной оси x стержня также относятся к нормальной длине. Контактные моменты m_x находятся под влиянием константы вращательной пружины C_φ .

Сечения / Соответствующие загрузки

Финальный столбец таблицы информирует Вас о сечениях, используемых в стержнях. Когда установлено расчётное сочетание, вы видите загрузки о сочетания, которые были использованы для определения максимальных или минимальных контактных сил в соответствующей строке таблицы.

Контрольные суммы

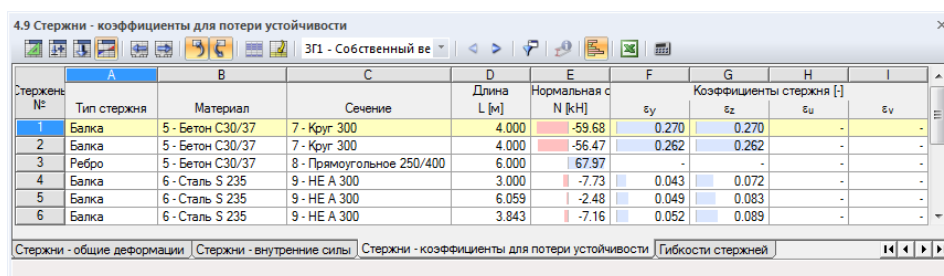
Для загрузок и сочетаний нагрузок программа RFEM отображает контрольные суммы нагрузок и опорных реакций в конце таблицы. Различия будут появляться между суммами Σ Сил и Σ Нагрузок, если модель имеет дополнительные узловые или линейные опоры, а также поверхности с упругим основанием. Таким образом, также Σ Сил, доступная в таблицах 4.1, 4.3 и 4.20, должна быть рассмотрена для общей суммы.

8.8 Стержни – параметры для изгиба

При расчёте стержневых моделей, подверженных давлению согласно анализу второго порядка, коэффициент стержня ϵ имеет большое значение (см. главу 7.3.1, страница 285). Каждый стержень имеет свой собственный коэффициент стержня, который определяется из сжимающей силы, длине стержня и жесткости стержня.

Стержни, с коэффициентами стержней выше чем 1, должны быть проанализированы, где это применимо, в соответствии с анализом второго порядка. Также нормы некоторых стран, таких как США, содержат правила, в которых коэффициенты стержня должны быть ограничены.

Таблица 4.8 приводит коэффициенты стержня, которые влияют на устойчивость. Здесь нет опции графического вывода.



Стержень №	Тип стержня	Материал	Сечение	Длина L [m]	Нормальная с N [kN]	ϵ_y	ϵ_z	Кoeffициенты стержня [-]	ϵ_u	ϵ_v
1	Балка	5 - Бетон C30/37	7 - Круг 300	4.000	-59.68	0.270	0.270	-	-	-
2	Балка	5 - Бетон C30/37	7 - Круг 300	4.000	-56.47	0.262	0.262	-	-	-
3	Ребро	5 - Бетон C30/37	8 - Прямоугольное 250/400	6.000	67.97	-	-	-	-	-
4	Балка	6 - Сталь S 235	9 - HE A 300	3.000	-7.73	0.043	0.072	-	-	-
5	Балка	6 - Сталь S 235	9 - HE A 300	6.059	-2.48	0.049	0.083	-	-	-
6	Балка	6 - Сталь S 235	9 - HE A 300	3.843	-7.16	0.052	0.089	-	-	-

Рисунок 8.28: Таблица 4.8 Стержни - коэффициент потери устойчивости

Перечисленные коэффициенты стержня сортируются по номерам стержней.

Тип стержня

Тип стержня указаны для информации (см. раздел 4.17, страница 150). RFEM определяет коэффициенты стержня только для стержней, которые способны поглощать сжимающие силы.

Материал

Характеристика материала влияет на жесткость стержня.

Сечение

Моменты площади второго порядка сечения необходимы для определения жесткости стержней.

Длина L

Колонка таблицы D показывает вам длины стержня.

Осевая сила N

В столбце перечислены осевые силы, используемые для определения коэффициента стержня. Здесь силами являются осевые силы, которые доступны в центре стержня ($x = L / 2$).

Коэффициенты стержня определены только для стержней, силы сжатия которых находятся по меньшей мере в одной части стержня (решетчатая балка) или вдоль всего стержня (элемент, работающий на сжатие, теряющий устойчивость стержень и т.д.).

Коэффициенты стержня ϵ_y / ϵ_z

Коэффициент стержня зависит от длины стержня L, сжимающей силы N и жесткости E · I.

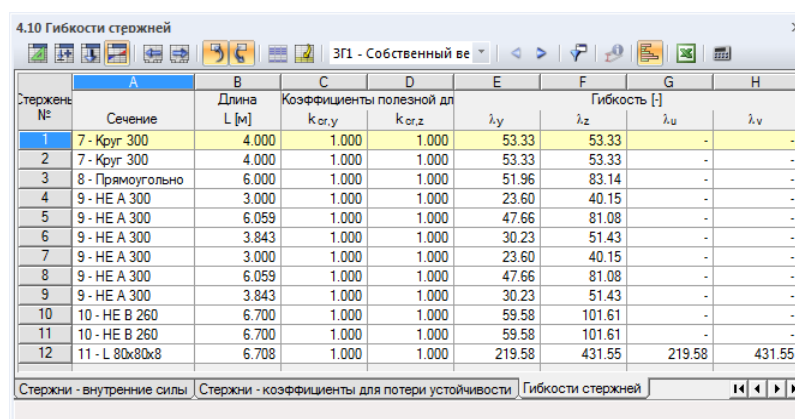
$$\varepsilon = L \cdot \sqrt{\frac{|N|}{E \cdot I}}$$

Формула 8.1: Коэффициент стержня ε

Столбцы таблицы F и G показывают коэффициенты стержня, относящиеся к местной системе координат стержня у и z. Когда используются такие асимметричные сечения как углы, появляются еще два столбца, в которых гибкости стержней показаны также в отношении главных осей u и v.

8.9 Гибкость стержней

Таблица 4.9 показывает соотношения гибкости стержней. Они имеют важное значение для оценки поведения потери устойчивости стержней, подвергшихся давлению. Здесь нет опции графического вывода.



Стержень №	Сечение	Длина L [m]	Коэффициенты полезной дл		Гибкость [-]			
			K _{cr,y}	K _{cr,z}	λ _y	λ _z	λ _u	λ _v
1	7 - Круг 300	4.000	1.000	1.000	53.33	53.33	-	-
2	7 - Круг 300	4.000	1.000	1.000	53.33	53.33	-	-
3	8 - Прямоугольно	6.000	1.000	1.000	51.96	83.14	-	-
4	9 - HE A 300	3.000	1.000	1.000	23.60	40.15	-	-
5	9 - HE A 300	6.059	1.000	1.000	47.66	81.08	-	-
6	9 - HE A 300	3.843	1.000	1.000	30.23	51.43	-	-
7	9 - HE A 300	3.000	1.000	1.000	23.60	40.15	-	-
8	9 - HE A 300	6.059	1.000	1.000	47.66	81.08	-	-
9	9 - HE A 300	3.843	1.000	1.000	30.23	51.43	-	-
10	10 - HE B 260	6.700	1.000	1.000	59.58	101.61	-	-
11	10 - HE B 260	6.700	1.000	1.000	59.58	101.61	-	-
12	11 - L 80x80x8	6.708	1.000	1.000	219.58	431.55	219.58	431.55

Рисунок 8.29: Таблица 4.9 Гибкости стержней

Перечисленные гибкости стержня сортируются по номерам стержней.

Сечение

Радиусы сечения в инерции необходимы для определения гибкости.

Длина L

Длины стержней указаны в столбце таблицы B.

Коэффициенты полезной длины $k_{cr,y}$ / $k_{cr,z}$

Коэффициенты расчётной длины описывают соотношение длины продольного изгиба и длины стержня.

$$k_{cr} = \frac{L_{cr}}{L}$$

Формула 8.2: Коэффициент длины продольного изгиба k_{cr}

Длина продольного изгиба ЗГ относится к поведению при потере устойчивости перпендикулярно к 'сильной' оси стержня у, соответственно 'слабой' оси стержня z. Если длины продольного изгиба не были определены вручную (см. раздел 4.17, страница 161), то предполагается метод изгиба Эйлера: В этом случае длина продольного изгиба равна длине стержня. Более точные анализы могут быть выполнены с помощью расчётных дополнительных модулей RF-STABILITY или в Dlubal расчётных модулях, таких как RF-STEEL EC3.

Гибкость λ_y / λ_z

Коэффициент гибкости представляет собой абсолютно геометрическое значение. Он определяется из коэффициента полезной длины k_{cr} , длины стержня L и радиуса инерции i .

$$\lambda = \frac{k_{cr} \cdot L}{i}$$

Формула 8.3: Гибкость λ

Столбцы таблицы F и G показывают гибкости, относящиеся к местной системе координат стержня y и z . Когда используются такие асимметричные сечения как углы, появляются еще два столбца, в которых гибкости стержней показаны также в отношении главных осей u и v .

8.10 Блоки стержней - внутренние силы

Таблица 4.10 показывает внутренние силы, упорядоченные по блокам стержней (см. раздел 4.21, страница 171).

Стержень №	Узел №	Разрез x [м]	N	Силы [кН]		M _T	Моменты [кНм]		Сечение
				V _y /V _u	V _z /V _v		M _y /M _u	M _z /M _v	
Блок стержней № 1: Группа стержней									
5	15	0.000	-2.61	0.00	2.66	0.00	0.00	0.00	9 - HE A 300
	16	6.059	-1.86	0.00	-2.66	0.00	0.00	0.00	
6	2	0.000	-8.90	2.21	-5.95	-0.01	17.37	8.51	9 - HE A 300
	16	3.843	-5.49	2.22	-5.96	0.00	-5.53	0.00	
12	Выход из работы								
12	MAX N	0.000	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
6	MIN N	0.000	-8.90	2.21	-5.95	-0.01	17.37	8.51	
6	MAX V _y	3.203	-6.06	2.22	-5.96	0.00	-1.71	1.42	
5	MIN V _y	6.059	-1.86	0.00	-2.66	0.00	0.00	0.00	
5	MAX V _z	0.000	-2.61	0.00	2.66	0.00	0.00	0.00	
6	MIN V _z	2.562	-6.62	2.22	-5.96	0.00	2.11	2.84	
5	MAX M _T	0.000	-2.61	0.00	2.66	0.00	0.00	0.00	
6	MIN M _T	0.000	-8.90	2.21	-5.95	-0.01	17.37	8.51	
6	MAX M _y	0.000	-8.90	2.21	-5.95	-0.01	17.37	8.51	
6	MIN M _y	3.843	-5.49	2.22	-5.96	0.00	-5.53	0.00	
6	MAX M _z	0.000	-8.90	2.21	-5.95	-0.01	17.37	8.51	
6	MIN M _z	3.843	-5.49	2.22	-5.96	0.00	-5.53	0.00	

Рисунок 8.30: Таблица 4.10 Блок стержней - внутренние силы

Структура таблицы похожа на одну из таблицы 4.6 *Стержни - внутренние силы*, описанную в разделе 8.6. Теперь, результаты сортируются по непрерывным стержням или группам стержней. Описания блоков стержней остаются фиксированными в верхней строке таблицы, поэтому при прокрутке легче просматривать данные результатов.

В таблицу включены результаты от стержня к стержню всех стержней, которые содержатся в блоке стержней. Список результатов блока стержней заканчивается цветными строками таблицы: Они показывают общие крайности **MAX** и **MIN** каждого типа внутренней силы в стержневом блоке. Крайние значения выделены жирным шрифтом. Значения в остальных колонках таблицы соответствующих строчек таблицы представляют собой внутренние силы, связанные с экстремальным значением.



Можно уменьшить объем данных в таблице с помощью использования специфических функций фильтра, доступных в диалоговом окне *Фильтр таблицы* (см. раздел 11.5.5, страница 527). Чтобы открыть диалоговое окно,

выберите **Вид** в меню **Таблица** и нажмите на **Фильтр результатов** или используйте кнопку на панели инструментов таблицы, показанную слева.

8.11 Сечения - внутренние силы

Таблица 4.11 показывает внутренние силы, упорядоченные по сечениям.

Стержень №	Узел №	Разрез x [м]	Силы [кН]			Моменты [кНм]		
			N	V _y / V _u	V _z / V _v	M _T	M _y / M _u	M _z / M _v
Сечение № 9: HE A 300								
9	3	0.000	-58.94	1.80	5.93	0.01	-17.46	7.07
	20	3.843	-55.52	1.86	5.97	0.00	5.46	0.00
	Max N	3.843	-55.52	1.86	5.97	0.00	5.46	0.00
	Min N	0.000	-58.94	1.80	5.93	0.01	-17.46	7.07
	Max V _y	3.843	-55.52	1.86	5.97	0.00	5.46	0.00
	Min V _y	0.000	-58.94	1.80	5.93	0.01	-17.46	7.07
	Max V _z	3.203	-56.09	1.86	5.97	0.00	1.63	1.19
	Min V _z	0.000	-58.94	1.80	5.93	0.01	-17.46	7.07
	Max M _T	0.000	-58.94	1.80	5.93	0.01	-17.46	7.07
	Min M _T	3.843	-55.52	1.86	5.97	0.00	5.46	0.00
	Max M _y	3.843	-55.52	1.86	5.97	0.00	5.46	0.00
	Min M _y	0.000	-58.94	1.80	5.93	0.01	-17.46	7.07
	Max M _z	0.000	-58.94	1.80	5.93	0.01	-17.46	7.07
	Min M _z	3.843	-55.52	1.86	5.97	0.00	5.46	0.00
4	MAX N	3.000	29.63	-2.92	-8.03	0.00	-5.80	0.00
9	MIN N	0.000	-58.94	1.80	5.93	0.01	-17.46	7.07
6	MAX V _y	3.203	-6.06	2.22	-5.96	0.00	-1.71	1.42
4	MIN V _y	0.000	26.96	-2.94	-8.04	0.01	18.29	-8.78
7	MAX V _z	2.250	-6.59	-1.87	7.17	-0.01	-0.45	-1.40
4	MIN V _z	0.000	26.96	-2.94	-8.04	0.01	18.29	-8.78
4	MAX M _T	0.000	26.96	-2.94	-8.04	0.01	18.29	-8.78
7	MIN M _T	0.000	-8.59	-1.87	7.17	-0.01	-16.59	-5.61
4	MAX M _y	0.000	26.96	-2.94	-8.04	0.01	18.29	-8.78
9	MIN M _y	0.000	-58.94	1.80	5.93	0.01	-17.46	7.07
6	MAX M _z	0.000	-8.90	2.21	-5.95	-0.01	17.37	8.51
4	MIN M _z	0.000	26.96	-2.94	-8.04	0.01	18.29	-8.78

Рисунок 8.31: Таблица 4.11 Сечения - внутренние силы

Структура таблицы похожа на одну из таблицы 4.6 *Стержни - внутренние силы*, описанную в разделе 8.6. Теперь, результаты сортируются по сечениям. Описания сечений остаются фиксированными в верхней строке таблицы, поэтому при прокрутке легче просматривать результаты.

В таблицу включены результаты от стержня к стержню всех стержней, которые используют соответствующее сечение. Список результатов для поперечным сечением заканчивается цветными строками таблицы: Они показывают общие крайности **MAX** и **MIN** каждого типа внутренней силы в сечении. Крайние значения выделены жирным шрифтом. Значения в остальных колонках таблицы соответствующих строчек таблицы представляют собой внутренние силы, связанные с экстремальным значением.



Можно уменьшить объем данных в таблице с помощью использования специфических функций фильтра, доступных в диалоговом окне *Фильтр таблицы* (см. раздел 11.5.5, страница 527).

8.12 Поверхности - местные деформации



Для контроля графического отображения местных деформаций поверхности, отметьте флажок *Поверхности* в *Результаты* навигаторе. Таблица 4.12 показывает поверхностные локальные деформации в числовой форме.

Для 2D конструкций программа RFEM показывает только соответствующие столбцы таблиц с деформациями.

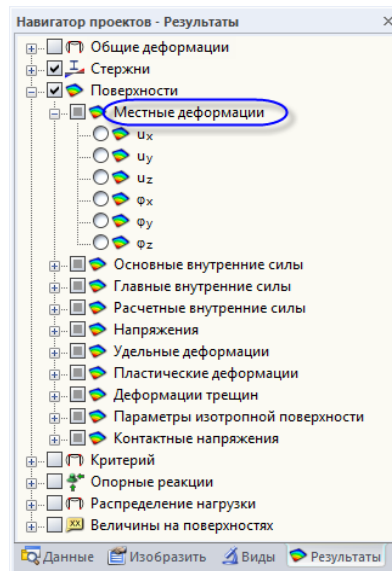


Рисунок 8.32: Результаты навигатор: Поверхности → Местные деформации

4.13 Поверхности - местные деформации

ЗГ1 - Собственный вид

Пов-сть №	Точка решетки	Координаты узловой точки [м]			u	Перемещения [мм]			Повороты [град]		
		X	Y	Z		u _x	u _y	u _z	φ _x	φ _y	φ _z
2	1	-10.000	-10.000	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	32.4	-46.0	0.0
	2	-9.000	-10.000	0.000	45.3	0.0	0.0	45.3	24.9	-43.5	0.0
	3	-8.000	-10.000	0.000	86.8	0.0	0.0	86.8	19.2	-38.6	0.0
	4	-7.000	-10.000	0.000	122.4	0.0	0.0	122.4	14.9	-31.8	0.0
	5	-6.000	-10.000	0.000	150.4	0.0	0.0	150.4	11.8	-23.7	0.0
	6	-5.000	-10.000	0.000	169.7	0.0	0.0	169.7	9.8	-14.6	0.0
	7	-4.000	-10.000	0.000	179.6	0.0	0.0	179.6	8.8	-4.9	0.0
	8	-3.000	-10.000	0.000	179.6	0.0	0.0	179.6	8.8	4.9	0.0
	9	-2.000	-10.000	0.000	169.7	0.0	0.0	169.7	9.8	14.6	0.0
	10	-1.000	-10.000	0.000	150.4	0.0	0.0	150.4	11.8	23.7	0.0
	11	0.000	-10.000	0.000	122.4	0.0	0.0	122.4	14.9	31.8	0.0
	12	1.000	-10.000	0.000	86.8	0.0	0.0	86.8	19.2	38.6	0.0
	13	2.000	-10.000	0.000	45.3	0.0	0.0	45.3	24.9	43.5	0.0
	14	3.000	-10.000	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	32.4	46.0	0.0

Гибкости стержней | Сечения - внутренние силы | Поверхности - местные деформации | Поверхности - общие деформации

Рисунок 8.33: Таблица 4.12 Поверхности - местные деформации

В таблице показаны перемещения и Вращения сортированные по поверхностям. Результаты приведены в списке по отношению к точкам сетки каждой поверхности.

Точка сетки

Номера точек сетки перечислены по поверхностям. Они представляют собой характеристики любой поверхности. Номера и расположение точек сетки можно регулировать во вкладке *Решетка* диалогового окна *Изменить поверхность*.

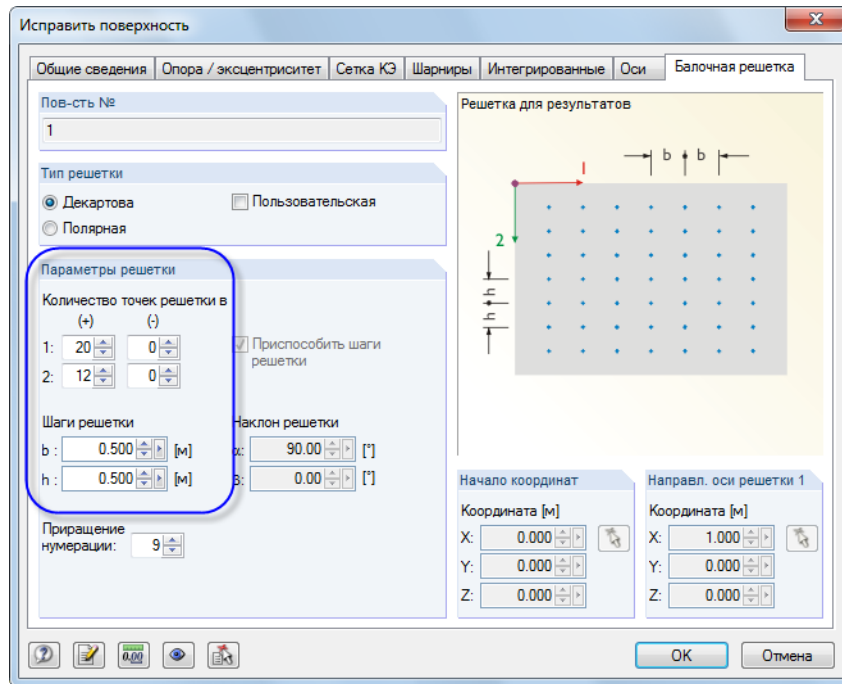


Рисунок 8.34: Диалоговое окно *Изменить поверхность*, вкладка *Решетка*

Во вкладке диалога *Решетка*, можно определить *Тип решетки*, *Параметры решетки* и, если необходимо *Начало координат*, а также *Направление осей решетки 1*. Значением по умолчанию является декартова сетка поверхности *Расстояния решетки 0.5 см* для точек сетки в обоих направлениях.



Сетка позволяет выводить результаты в равноудаленных, регулируемых точках результатов, которые не зависят от сетки КЕ. Для небольших поверхностей нормальный размер сетки 0.5 м может привести только к нескольким точкам сетки (или даже только одной результативной точке сетки в оригинальной сетке). Затем, *счет* и *расстояния* точек сетки должны быть скорректированы по размеру поверхности в целях получения большего количества точек сетки.

Когда сетка поверхности изменяется, не требуется нового вычисления результатов, так как значения сетки интерполируются из результирующих значений узлов КЕ.

Итог результатов в таблице основан на сетке результатов поверхности. В рабочем окне, оба значения узлов КЕ и точек сетки могут отображаться. Чтобы настроить отображение, используйте *Результаты* навигатор:

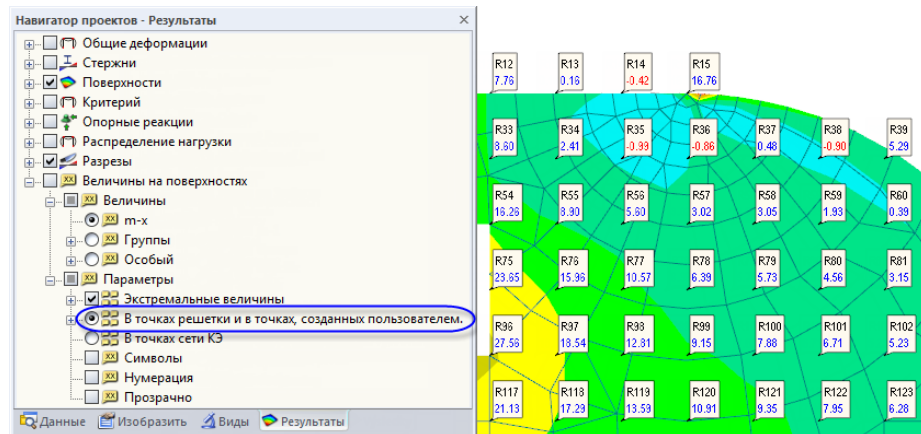


Рисунок 8.35: *Результаты* навигатор: *Величины на поверхностях* → *Параметры* → *На точках сетки* или *На Сетке КЭ точек*

RFEM нумерует точки сетки автоматически. Для отображения количества точек сетки в результатах графики, отметьте флажок *Нумерация* в *Результаты* навигаторе, как показано на рисунке выше.

Координаты точки сетки

Столбцы таблицы от В до D показывают координаты точек сетки в глобальной системе координат XYZ. При нажатии кнопки в строке таблицы, соответствующая точка сетки указывается в рабочем окне стрелкой.

Смещения / Вращения

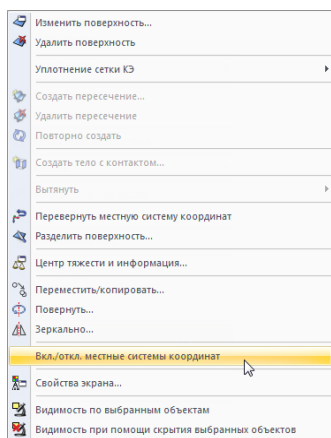
Деформации имеют следующие значения:

$ u $	Абсолютное общее смещение (не для расчётных сочетаний)
u_x	Смещение поверхности в направлении местной оси x
u_y	Смещение поверхности в направлении местной оси y
u_z	Смещение поверхности в направлении местной оси z
φ_x	Вращение поверхности вокруг местной оси x
φ_y	Вращение поверхности вокруг местной оси y
φ_z	Вращение поверхности вокруг местной оси z

Таблица 8.5: Местные поверхностные деформации

Чтобы отобразить местные оси поверхности, используйте контекстное меню или навигатор *Изобразить*, в котором вы выберете **Модель** → **Поверхности** → **Осевые системы поверхности x,y,z**.

При анализе кривых поверхностей, поверхностные оси относятся к осям конечных элементов (см. Рисунок 8.40, страница 333).



Контекстное меню поверхности

8.13 Поверхности – глобальные деформации



Для проверки графического отображения смещений и Вращения поверхностей, касающихся глобальных осей X, Y и Z, отметьте флажок для *Общие деформации* в *Результаты* навигаторе. Таблица 4.13 показывает общие деформации поверхностей в числовой форме.

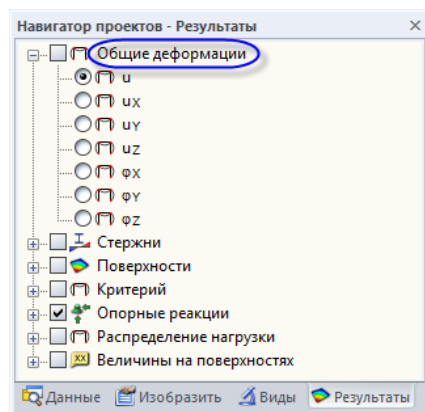


Рисунок 8.36: Результаты навигатор: Общие деформации

Пов-сть №	Точка сетки	Координаты узловой точки [м]			u	Перемещения [мм]			Повороты [град]		
		X	Y	Z		ux	uy	uz	φx	φy	φz
1	1	-10.000	-10.000	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.0	-3.1	0.0
2	2	-9.500	-10.000	0.000	1.5	0.0	0.0	1.5	-0.1	-3.0	0.0
3	3	-9.000	-10.000	0.000	2.9	0.0	0.0	2.9	-0.2	-2.6	0.0
4	4	-8.500	-10.000	0.000	4.1	0.0	0.0	4.1	-0.3	-2.1	0.0
5	5	-8.000	-10.000	0.000	5.0	0.0	0.0	5.0	-0.4	-1.5	0.0
6	6	-7.500	-10.000	0.000	5.6	0.0	0.0	5.6	-0.4	-0.8	0.0
7	7	-7.000	-10.000	0.000	5.8	0.0	0.0	5.8	-0.4	0.0	0.0
8	8	-6.500	-10.000	0.000	5.6	0.0	0.0	5.6	-0.4	0.8	0.0
9	9	-6.000	-10.000	0.000	5.0	0.0	0.0	5.0	-0.4	1.5	0.0
10	10	-5.500	-10.000	0.000	4.1	0.0	0.0	4.1	-0.3	2.1	0.0
11	11	-5.000	-10.000	0.000	2.9	0.0	0.0	2.9	-0.2	2.6	0.0
12	12	-4.500	-10.000	0.000	1.5	0.0	0.0	1.5	-0.1	3.0	0.0
13	13	-4.000	-10.000	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.0	3.1	0.0

Рисунок 8.37: Таблица 4.13 Поверхности - общие деформации

Столбцы таблицы *Точка сетки* и *Координаты точки сетки* соответствуют столбцам предыдущей таблицы результатов 4.12 *Поверхности - местные деформации*.

Смещения / Вращения

Деформации поверхности имеют следующие значения:

u	Абсолютное общее смещение (не для расчётных сочетаний)
ux	Смещение поверхности в направлении глобальной оси X
uy	Смещение поверхности в направлении глобальной оси Y
uz	Смещение поверхности в направлении глобальной оси Z
φx	Вращение поверхности вокруг глобальной оси X
φy	Вращение поверхности вокруг глобальной оси Y
φz	Вращение поверхности вокруг глобальной оси Z

Таблица 8.6: Глобальные поверхностные деформации

8.14 Поверхности - основные внутренние силы

Для проверки графического отображения основных внутренних сил, отметьте флажок *Поверхности* в навигаторе *Результаты*, и затем выберите *Основные внутренние силы*. Таблица 4.14 показывает основные внутренние силы поверхностей в числовой форме.

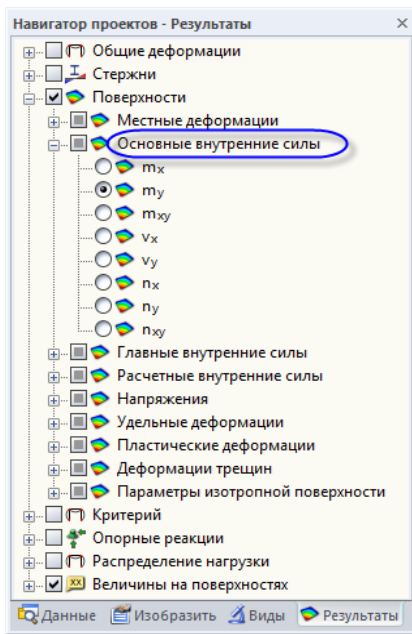


Рисунок 8.38: Результаты навигатор: Поверхности → Основные внутренние силы

Пов-сть №	Точка сетки	Координаты узловой точки [м]			Моменты [кНм/м]			Поперечные силы [кН/м]		Нормальные силы [кН/м]		
		X	Y	Z	m_x	m_y	m_{xy}	V_x	V_y	p_x	p_y	p_{xy}
1	1	-10.000	-10.000	0.000	-1.97	-0.87	1.31	23.08	6.49	0.00	0.00	0.00
2	2	-9.500	-10.000	0.000	6.15	0.43	1.68	20.41	-1.69	0.00	0.00	0.00
3	3	-9.000	-10.000	0.000	11.42	0.25	1.40	16.87	0.71	0.00	0.00	0.00
4	4	-8.500	-10.000	0.000	15.42	0.13	1.00	12.18	0.72	0.00	0.00	0.00
5	5	-8.000	-10.000	0.000	18.20	0.12	0.52	7.00	0.81	0.00	0.00	0.00
6	6	-7.500	-10.000	0.000	19.74	0.12	-0.00	1.49	0.85	0.00	0.00	0.00
7	7	-7.000	-10.000	0.000	20.03	0.13	-0.55	-4.21	0.87	0.00	0.00	0.00
8	8	-6.500	-10.000	0.000	19.04	0.16	-1.09	-10.00	0.86	0.00	0.00	0.00
9	9	-6.000	-10.000	0.000	16.69	0.21	-1.60	-15.80	0.84	0.00	0.00	0.00
10	10	-5.500	-10.000	0.000	12.80	0.29	-2.07	-21.72	0.89	0.00	0.00	0.00
11	11	-5.000	-10.000	0.000	6.72	-0.92	-3.50	-27.41	0.91	0.00	0.00	0.00
12	12	-4.500	-10.000	0.000	-10.43	0.57	-1.22	-63.36	57.21	0.00	0.00	0.00
13	13	-4.000	-10.000	0.000	-29.04	2.74	12.83	-129.34	-37.35	0.00	0.00	0.00

Рисунок 8.39: Таблица 4.14 Поверхности - основные внутренние силы

В таблице показаны основные внутренние силы, упорядоченные по поверхностям. Результаты приведены в списке по отношению к точкам сетки каждой поверхности.

Точка сетки

Номера точек сетки перечислены по поверхностям. Дополнительную информацию по точкам сетки найдете в разделе 8.12 на странице 329.

Координаты точки сетки

Столбцы таблицы от В до D показывают координаты точек сетки в глобальной системе координат XYZ. При нажатии кнопки в строке таблицы, соответствующая точка сетки указывается в рабочем окне стрелкой.

Моменты / силы сдвига / осевые силы

В отличие от внутренних сил стержня, внутренние силы поверхности символизируются маленькими буквами. Из интегрального определения изгибающих моментов m_x and m_y возникает тот факт, что моменты относятся к направлениям поверхностных осей, в которых создаются соответствующие нормальные напряжения. Для отображения осей поверхности, используйте контекстное меню поверхности (см. Рисунок 4.115, страница 125).

При анализе изогнутых поверхностей, внутренние силы относятся к местным осям отдельных конечных элементов. Оси можно отобразить с помощью отметки соответствующего флажка в навигаторе *Отобразить*:

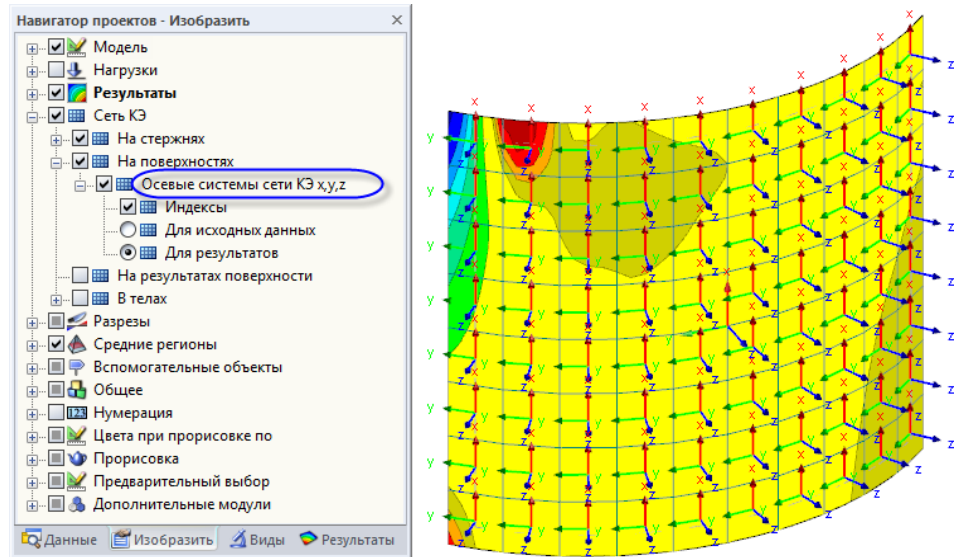


Рисунок 8.40: Отобразить навигатор: Осевые системы сети КЭ x,y,z



Существует принципиальная разница в понимании внутренние сил поверхностей и стержней: Момент стержня M_y "вращается" вокруг местной оси стержня y , тогда как поверхностный момент m_y действует в направлении местной оси y , что означает вокруг оси x поверхности.

Следующий рисунок объясняет определение основных внутренних сил поверхностей:

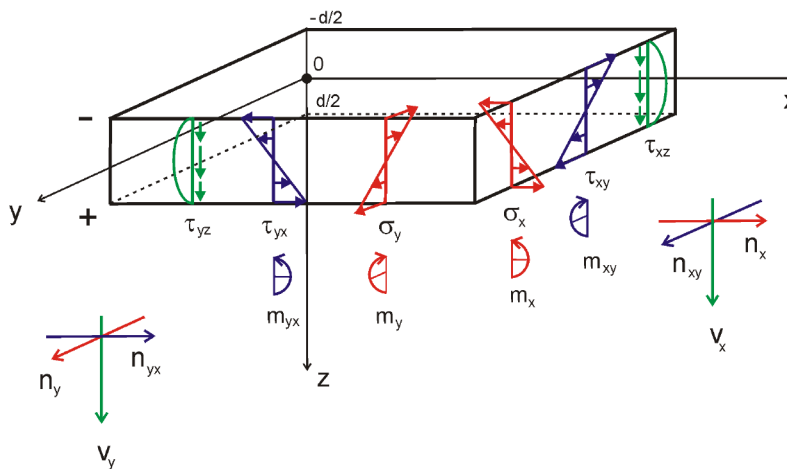


Рисунок 8.41: Поверхностные внутренние силы и поверхностные напряжения

Моменты, а также касательные напряжения, действующие перпендикулярно к поверхности, следуют параболический график по толщине поверхности.



Знаки показывают сторону поверхностей с внутренними силами. Тем не менее, знаки зависят также от направления глобальной оси Z: Если глобальная ось Z направлена вниз (нормально), положительные внутренние силы создают растягивающие напряжения на положительной стороне поверхности (это означает в направлении положительной оси поверхности z). В таблице они визуализированы синими полосами. Отрицательные внутренние силы приводят к сжимающим напряжениям на положительной стороне поверхности. Они представлены красными полосами в таблице.

Если глобальная ось Z направлена вверх, знаки изгибающих моментов и поперечных сил инвертируются.

Когда ось Z направлена вниз, основные внутренние силы определяются следующим образом:

m_x	Изгибающий момент, который создает напряжения в направлении местной оси x $m_x = \int_{-d/2}^{+d/2} \sigma_x z dz$
m_y	Изгибающий момент, который создает напряжения в направлении местной оси y $m_y = \int_{-d/2}^{+d/2} \sigma_y z dz$
m_{xy}	Крутящий момент $m_{xy} = m_{yx} = \int_{-d/2}^{+d/2} \tau_{xy} z dz$
v_x	Поперечная сила v_x $v_x = \int_{-d/2}^{+d/2} \tau_{xz} dz$
v_y	Поперечная сила v_y $v_y = \int_{-d/2}^{+d/2} \tau_{yz} dz$
n_x	Осевая сила в направлении локальной оси x $n_x = \int_{-d/2}^{+d/2} \sigma_x dz$
n_y	Осевая сила в направлении локальной оси y $n_y = \int_{-d/2}^{+d/2} \sigma_y dz$
n_{xy}	Поток сдвига

$$n_{xy} = \int_{-d/2}^{+d/2} \tau_{xy} dz$$

Таблица 8.7: Основные внутренние силы

8.15 Поверхности - главные внутренние силы

Для проверки графического отображения главных внутренних сил, отметьте флажок *Поверхности* в навигаторе *Результаты*, и затем выберите *Главные внутренние силы*. Таблица 4.15 показывает главные внутренние силы поверхностей в числовой форме.

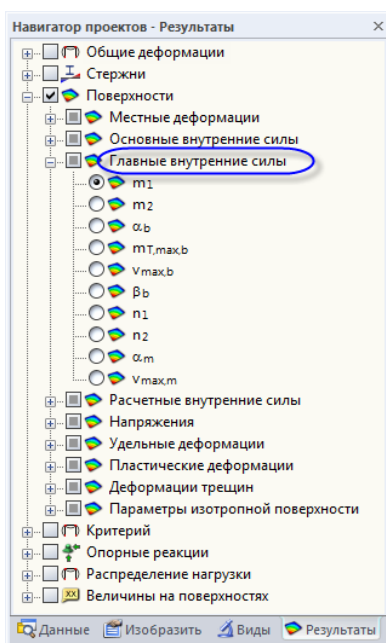


Рисунок 8.42: Результаты навигатор: Поверхности → Главные внутренние силы

4.16 Поверхности - главные внутренние силы

Пов-сть №	Точка сетки	Координаты узловой точки [м]			Моменты [кНм/м]				Поперечные силы [кН/м]		Нормальные силы [кН/м]			
		X	Y	Z	m1	m2	αb [°]	mT,max,b	Vmax,b	βb [°]	n1	n2	αm [°]	Vmax,m
1	1	-10.000	-10.000	0.000	0.01	-2.84	56.41	1.42	23.97	15.70	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	-9.500	-10.000	0.000	6.61	-0.03	15.20	3.32	20.48	-4.72	0.00	0.00	0.00	0.00
	3	-9.000	-10.000	0.000	11.59	0.08	7.04	5.76	16.89	2.40	0.00	0.00	0.00	0.00
	4	-8.500	-10.000	0.000	15.48	0.07	3.74	7.71	12.20	3.39	0.00	0.00	0.00	0.00
	5	-8.000	-10.000	0.000	18.21	0.10	1.66	9.05	7.05	6.56	0.00	0.00	0.00	0.00
	6	-7.500	-10.000	0.000	19.74	0.12	-0.00	9.81	1.72	29.73	0.00	0.00	0.00	0.00
	7	-7.000	-10.000	0.000	20.05	0.11	-1.57	9.97	4.30	168.32	0.00	0.00	0.00	0.00
	8	-6.500	-10.000	0.000	19.10	0.10	-3.29	9.50	10.03	176.97	0.00	0.00	0.00	0.00
	9	-6.000	-10.000	0.000	16.85	0.06	-5.51	8.39	15.82	176.97	0.00	0.00	0.00	0.00
	10	-5.500	-10.000	0.000	13.13	-0.04	-9.15	6.59	21.74	177.66	0.00	0.00	0.00	0.00
	11	-5.000	-10.000	0.000	8.07	-2.28	-21.23	5.18	27.43	178.11	0.00	0.00	0.00	0.00
	12	-4.500	-10.000	0.000	0.71	-10.57	-83.75	5.64	85.37	137.92	0.00	0.00	0.00	0.00

Рисунок 8.43: Таблица 4.15 Поверхности - главные внутренние силы

В таблице показаны главные внутренние силы, упорядоченные по поверхностям. Результаты приведены в списке по отношению к точкам сетки каждой поверхности.

Столбцы таблицы *Точка сетки* и *Координаты точки сетки* соответствуют столбцам предыдущей таблицы результатов 4.14 *Поверхности - главные внутренние силы*.

Моменты / поперечные силы / осевые силы

Основные *внутренние силы*, описанные в предыдущем разделе относятся к более или менее свободно определённой системе координат хуз поверхности. В отличие от этого, *Главные внутренние силы* представляют крайние значения внутренних сил в поверхност-

ном элементе. Для этой цели, основные внутренние силы превращаются в направлениях обеих главных осей. Главные оси 1 (максимальное значение) и 2 (минимальное значение) расположены перпендикулярно.

Главные внутренние силы определяются из основных внутренних сил:

m_1	Изгибающий момент в направлении главной оси 1 $\frac{1}{2} \left(m_x + m_y + \sqrt{(m_x - m_y)^2 + 4 \cdot m_{xy}^2} \right)$
m_2	Изгибающий момент в направлении главной оси 2 $\frac{1}{2} \left(m_x + m_y - \sqrt{(m_x - m_y)^2 + 4 \cdot m_{xy}^2} \right)$
α_b	Угол между местной осью x (или y) и главной осью 1 (или 2) $\frac{1}{2} \left[\arctan \left(\frac{2 \cdot m_{xy}}{m_x - m_y} \right) \right]$
$m_{T,max,b}$	Максимальный крутящий момент Крутящий момент
$v_{max,b}$	Максимальная результирующая сила сдвига от компонентов изгиба $v_{max,b} = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$
β_b	Угол между главной силой сдвига $v_{max,b}$ и местной осью x $\beta = \arctan \frac{v_y}{v_x}$
n_1	Осевая сила в направлении главной оси 1 $\frac{1}{2} \left(n_x + n_y + \sqrt{(n_x - n_y)^2 + 4 \cdot n_{xy}^2} \right)$
n_2	Осевая сила в направлении главной оси 2 $\frac{1}{2} \left(n_x + n_y - \sqrt{(n_x - n_y)^2 + 4 \cdot n_{xy}^2} \right)$
α_m	Угол между осью x и главной осью 1 (для осевой силы n_1) $\frac{1}{2} \left[\arctan \left(\frac{2 \cdot n_{xy}}{n_x - n_y} \right) \right]$
$v_{max,m}$	Максимальная сила сдвига от мембранных компонентов $\frac{\sqrt{(n_x - n_y)^2 + 4 \cdot n_{xy}^2}}{2}$

Таблица 8.8: Главные внутренние силы

Направления главных осей α_b (для изгибающих моментов), β_b (для поперечных сил) и α_m (для осевых сил) могут отображаться в виде траекторий в рабочем окне.

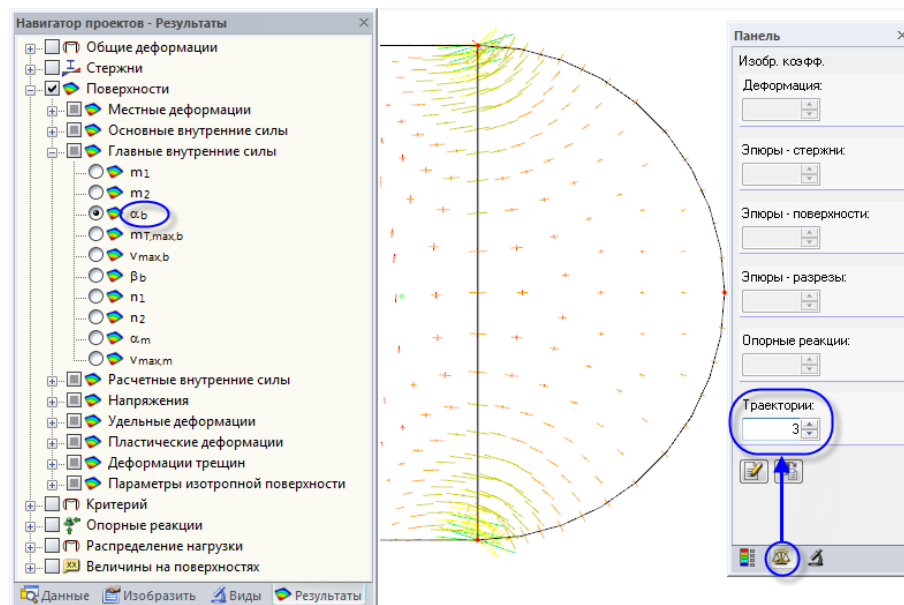


Рисунок 8.44: Траектории главных осей

На рисунке выше, отображение угла α_b показывает также размер соответствующих главных моментов, потому что траектории масштабируются до значений моментов m_1 и m_2 .

8.16 Поверхности - расчётные внутренние силы

Для проверки графического отображения расчётных внутренних сил, отметьте флажок *Поверхности* в навигаторе *Результаты*, и затем выберите *Расчёт внутренних сил*. Таблица 4.14 показывает расчётные внутренние силы поверхностей в числовой форме.

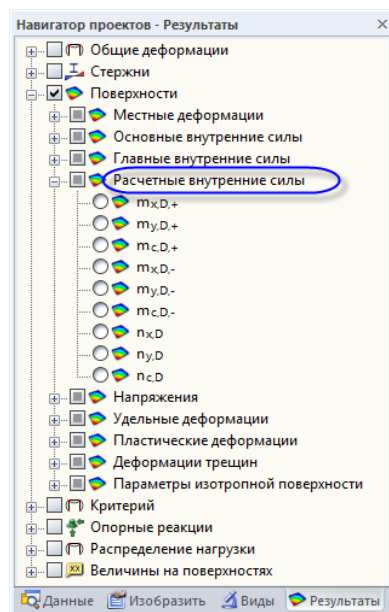


Рисунок 8.45: Результаты навигатор: Поверхности → Расчёт внутренних сил

4.17 Поверхности - расчётные внутренние силы

ЭГ1 - Собственный ве

Пов-сть №	Точка решетки	Координаты узловой точки [м]			Моменты [кНм/м]						Нормальные силы [кН/м]		
		X	Y	Z	$m_{x,D-}$	$m_{y,D+}$	$m_{e,D-}$	$m_{x,D-}$	$m_{y,D-}$	$m_{e,D-}$	$n_{x,D}$	$n_{y,D}$	$n_{e,D}$
1	1	-10.000	-10.000	0.000	0.00	0.01	-2.84	3.28	2.18	-2.62	0.00	0.00	0.00
2	2	-9.500	-10.000	0.000	7.83	2.11	-3.36	0.00	0.03	-6.61	0.00	0.00	0.00
3	3	-9.000	-10.000	0.000	12.82	1.65	-2.80	0.00	-0.08	-11.59	0.00	0.00	0.00
4	4	-8.500	-10.000	0.000	16.42	1.13	-2.01	0.00	-0.07	-15.48	0.00	0.00	0.00
5	5	-8.000	-10.000	0.000	18.72	0.64	-1.05	0.00	-0.10	-18.21	0.00	0.00	0.00
6	6	-7.500	-10.000	0.000	19.74	0.12	-0.00	0.00	-0.12	-19.74	0.00	0.00	0.00
7	7	-7.000	-10.000	0.000	20.58	0.68	-1.09	0.00	-0.11	-20.05	0.00	0.00	0.00
8	8	-6.500	-10.000	0.000	20.13	1.25	-2.18	0.00	-0.10	-19.10	0.00	0.00	0.00
9	9	-6.000	-10.000	0.000	18.30	1.82	-3.21	0.00	-0.06	-16.85	0.00	0.00	0.00
10	10	-5.500	-10.000	0.000	14.87	2.36	-4.13	0.00	0.04	-13.14	0.00	0.00	0.00
11	11	-5.000	-10.000	0.000	10.21	2.57	-6.99	0.00	2.74	-8.54	0.00	0.00	0.00
12	12	-4.500	-10.000	0.000	0.00	0.71	-10.58	11.65	0.65	-2.44	0.00	0.00	0.00

Поверхности - основные внутренние силы | Поверхности - главные внутренние силы | Поверхности - расчётные внутренние силы | Поверхности - основные напряжения

Рисунок 8.46: Таблица 4.16 Поверхности - расчётные внутренние силы

В таблице показаны расчётные внутренние силы, упорядоченные по поверхностям. Результаты приведены в списке по отношению к точкам сетки каждой поверхности.

Точка сетки

Номера точек сетки перечислены по поверхностям. Дополнительную информацию по точкам сетки найдете в разделе 8.12 на странице 329.

Координаты точки сетки

Столбцы таблицы от В до D показывают координаты точек сетки в глобальной системе координат XYZ.

Моменты / осевые силы

Расчётные моменты и осевые силы, показанные в данной таблице, основаны на подходе, описанном в DIN V ENV 1992-1-1, приложение 2, A 2.8 и A 2.9. Таким образом, RFEM предоставляет пользователям, которые не имеют доступа к конструкции модуля RF-CHNCRETE поверхности своего рода вспомогательный инструмент, который необходим для ручного расчёта железобетонных конструкций. Так как дополнительный модуль использует метод БАУМАННА, расчёт внутренних сил из программы RFEM не применяется в модуле.



В этом контексте важно иметь в виду, что расчётные моменты и осевые силы таблицы 4.16 не должны быть объединены. Как поясняется в DIN V ENV 1992-1-1, приложение 2.8, моменты относятся исключительно к арматуре плит. Осевые усилия основаны на расчёте стеновых элементов, описанных в приложении 2.9.

Расчётные внутренние силы имеют следующие значения:

$m_{x,D+}$	<p>Расчётный момент в направлении местной оси x на положительной стороне поверхности (т.е. стороне в направлении положительной оси поверхности z)</p> $m_x + m_{xy} \quad \text{для } m_x \leq m_y \text{ и } m_x \geq - m_{xy} $ $0 \quad \text{для } m_x > m_y \text{ и } m_y \geq - m_{xy} $ $0 \quad \text{для } m_x \leq m_y \text{ и } m_x < - m_{xy} $ $m_x + \frac{m_{xy}^2}{ m_y } \quad \text{для } m_x > m_y \text{ и } m_y < - m_{xy} $
$m_{y,D+}$	<p>Расчётный момент в направлении местной оси y на положительной стороне поверхности (т.е. стороне в направлении положительной оси поверхности z)</p> $m_y + m_{xy} \quad \text{для } m_x \leq m_y \text{ и } m_x \geq - m_{xy} $ $0 \quad \text{для } m_x > m_y \text{ и } m_y \geq - m_{xy} $ $m_y + \frac{m_{xy}^2}{ m_x } \quad \text{для } m_x \leq m_y \text{ и } m_x < - m_{xy} $ $0 \quad \text{для } m_x > m_y \text{ и } m_x < - m_{xy} $
$m_{c,D+}$	<p>Расчётный момент для расчёта напряжения в бетоне на положительной стороне поверхности</p> $-2 \cdot m_{xy} \quad \text{для } m_x \leq m_y \text{ и } m_x \geq - m_{xy} $ $m_x - \frac{m_{xy}^2}{ m_x } \quad \text{для } m_x > m_y \text{ и } m_y \geq - m_{xy} $ $m_x - \frac{m_{xy}^2}{ m_x } \quad \text{для } m_x \leq m_y \text{ и } m_x < - m_{xy} $ $m_y - \frac{m_{xy}^2}{ m_y } \quad \text{для } m_x > m_y \text{ и } m_x < - m_{xy} $
$m_{x,D-}$	<p>Расчётный момент в направлении оси x на отрицательной стороне поверхности</p> $-m_x + m_{xy} \quad \text{для } m_x \leq m_y \text{ и } m_y \leq m_{xy} $ $-m_x + \frac{m_{xy}^2}{ m_y } \quad \text{для } m_x > m_y \text{ и } m_x \leq m_{xy} $ $-m_x + \frac{m_{xy}^2}{ m_y } \quad \text{для } m_x \leq m_y \text{ и } m_y > m_{xy} $ $0 \quad \text{для } m_x > m_y \text{ и } m_x > m_{xy} $

$m_{y,D-}$	<p>Расчётный момент в направлении оси y на отрицательной стороне поверхности</p> $-m_y + m_{xy} \quad \text{для } m_x \leq m_y \text{ и } m_y \leq m_{xy} $ $0 \quad \text{для } m_x > m_y \text{ и } m_x \leq m_{xy} $ $0 \quad \text{для } m_x \leq m_y \text{ и } m_y > m_{xy} $ $-m_y + \frac{m_{xy}^2}{ m_x } \quad \text{для } m_x > m_y \text{ и } m_x > m_{xy} $
$m_{c,D-}$	<p>Расчётный момент для расчёта напряжения в бетоне на отрицательной стороне поверхности</p> $-2 \cdot m_{xy} \quad \text{для } m_x \leq m_y \text{ и } m_y \leq m_{xy} $ $-m_y - \frac{m_{xy}^2}{ m_y } \quad \text{для } m_x > m_y \text{ и } m_x \leq m_{xy} $ $-m_x - \frac{m_{xy}^2}{ m_x } \quad \text{для } m_x \leq m_y \text{ и } m_y > m_{xy} $ $-m_x - \frac{m_{xy}^2}{ m_x } \quad \text{для } m_x > m_y \text{ и } m_x > m_{xy} $
$n_{x,D}$	<p>Расчётная сила в направлении местной оси x</p> $n_x + n_{xy} \quad \text{для } n_x \leq n_y \text{ и } n_x \geq - n_{xy} $ $0 \quad \text{для } n_x > n_y \text{ и } n_y \geq - n_{xy} $ $0 \quad \text{для } n_x \leq n_y \text{ и } n_x < - n_{xy} $ $n_x + \frac{n_{xy}^2}{ n_y } \quad \text{для } n_x > n_y \text{ и } n_y < - n_{xy} $
$n_{y,D}$	<p>Расчётная сила в направлении местной оси y</p> $n_y + n_{xy} \quad \text{для } n_x \leq n_y \text{ и } n_x \geq - n_{xy} $ $0 \quad \text{для } n_x > n_y \text{ и } n_y \geq - n_{xy} $ $n_y + \frac{n_{xy}^2}{ n_x } \quad \text{для } n_x \leq n_y \text{ и } n_x < - n_{xy} $ $0 \quad \text{для } n_x > n_y \text{ и } n_y < - n_{xy} $
$n_{c,D}$	<p>Расчётная сила для расчёта напряжения в бетоне</p> $-2 \cdot n_{xy} \quad \text{для } n_x \leq n_y \text{ и } n_x \geq - n_{xy} $ $-2 \cdot n_{xy} \quad \text{для } n_x > n_y \text{ и } n_y \geq - n_{xy} $

$- n_x - \frac{n_{xy}^2}{ n_x }$	для $n_x \leq n_y$ и $n_x < - n_{xy} $
$- n_y - \frac{n_{xy}^2}{ n_y }$	для $n_x > n_y$ и $n_y < - n_{xy} $

Таблица 8.9: Расчётные внутренние силы

8.17 Поверхности - основные напряжения

Для проверки графического отображения основных напряжений, отметьте флажок *Поверхности* в навигаторе *Результаты*, и затем выберите *Напряжения*. Таблица 4.17 показывает основные напряжения поверхностей в числовой форме.

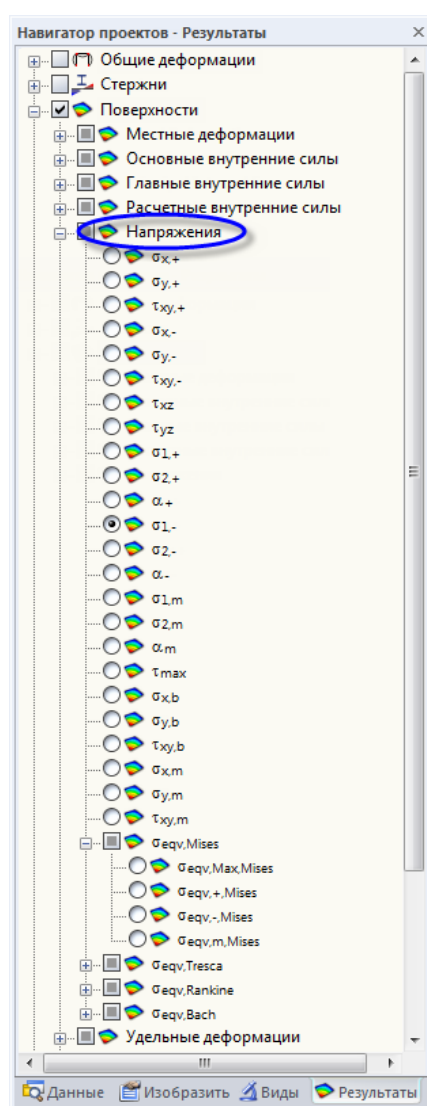


Рисунок 8.47: Результаты навигатор: Поверхности → Напряжения

4.18 Поверхности - основные напряжения

ЗГ1 - Собственный ве

Пов-сть №	Точка сетки	Координаты точки сетки [м]			Нормальные напряжения [кН/см ²]				Касательные напряжения [кН/см ²]			
		X	Y	Z	$\sigma_{x,+}$	$\sigma_{y,+}$	$\sigma_{x,-}$	$\sigma_{y,-}$	$\tau_{xy,+}$	$\tau_{xy,-}$	τ_{xz}	τ_{yz}
1	1	0.000	0.000	0.000	-2.51	-1.74	2.62	1.73	-1.62	1.66	0.49	0.26
2	2	0.500	0.000	0.000	-1.04	-0.13	1.12	0.17	-0.27	0.30	0.25	0.07
3	3	1.000	0.000	0.000	0.05	-0.02	-0.01	0.02	0.19	-0.19	0.11	0.02
4	4	1.500	0.000	0.000	0.38	0.02	-0.35	-0.03	0.16	-0.17	0.09	0.01
5	5	2.000	0.000	0.000	0.58	0.02	-0.54	-0.02	0.14	-0.14	0.06	0.01
6	6	2.500	0.000	0.000	0.70	0.02	-0.66	-0.02	0.08	-0.08	0.04	0.01
7	7	3.000	0.000	0.000	0.81	0.02	-0.76	-0.02	0.07	-0.07	0.02	-0.00
8	8	3.500	0.000	0.000	0.82	-0.00	-0.78	-0.00	0.02	-0.01	0.00	0.00
9	9	4.000	0.000	0.000	0.72	0.01	-0.68	-0.01	0.02	-0.02	-0.01	-0.00
10	10	4.500	0.000	0.000	0.57	0.01	-0.53	-0.01	0.01	-0.01	-0.02	-0.00
11	11	5.000	0.000	0.000	0.37	-0.00	-0.33	0.01	-0.01	0.01	-0.03	0.01
12	12	5.500	0.000	0.000	0.12	0.00	-0.08	0.00	-0.03	0.03	-0.04	0.00
13	13	6.000	0.000	0.000	-0.21	0.03	0.22	-0.01	-0.04	0.03	-0.04	0.01
14	14	6.500	0.000	0.000	-0.92	0.04	0.75	-0.09	-0.00	-0.01	-0.09	-0.07
15	15	7.000	0.000	0.000	-1.47	-0.85	1.48	1.12	0.22	-0.28	-0.01	0.31
22	22	0.000	0.500	0.000	-0.42	-0.41	0.37	0.37	-0.33	0.31	-0.11	0.14

Поверхности - расчетные внутренние силы | Поверхности - основные напряжения | Поверхности - главные напряжения | Поверхности - прочие напряжения

Рисунок 8.48: Таблица 4.17 Поверхности - основные напряжения

В таблице приведены основные напряжения, упорядоченные по поверхностям. Результаты приведены в списке по отношению к точкам сетки каждой поверхности.

Точка сетки

Номера точек сетки перечислены по поверхностям. Дополнительную информацию по точкам сетки найдете в разделе 8.12 на странице 329.

Координаты точки сетки

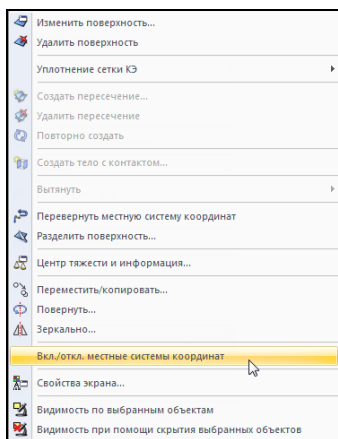
Столбцы таблицы от В до D показывают координаты точек сетки в глобальной системе координат XYZ.

Осевые напряжения / напряжения сдвига

Напряжения связаны с направлениями местных осей поверхности. При анализе кривых поверхностей, они относятся к местным осям отдельных конечных элементов (см. Рисунок 8.40, страница 333).

Основные напряжения показаны на Рисунок 8.41 на странице 333 и имеют следующие значения:

$\sigma_{x,+}$	<p>Напряжение в направлении местной оси x на положительной стороне поверхности (т.е. стороне в направлении положительной оси поверхности z)</p> $\sigma_{x,+} = \frac{n_x}{d} + \frac{6 \cdot m_x}{d^2}$ <p>c d:толщина поверхности</p>
$\sigma_{y,+}$	<p>Напряжение в направлении местной оси y на положительной стороне поверхности (т.е. стороне в направлении положительной оси поверхности z)</p> $\sigma_{y,+} = \frac{n_y}{d} + \frac{6 \cdot m_y}{d^2}$
$\sigma_{x,-}$	<p>Напряжение в направлении оси x на отрицательной стороне поверхности</p> $\sigma_{x,-} = \frac{n_x}{d} - \frac{6 \cdot m_x}{d^2}$
$\sigma_{y,-}$	<p>Напряжение в направлении оси y на отрицательной стороне поверхности</p>



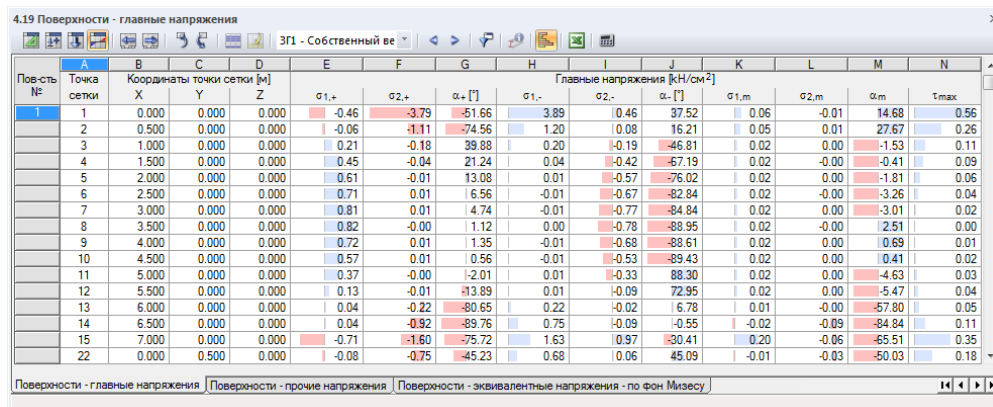
Контекстное меню поверхности

	$\sigma_{y,-} = \frac{n_y}{d} - \frac{6 \cdot m_y}{d^2}$
$\tau_{xy,+}$	Напряжение от кручения на положительной стороне поверхности $\tau_{xy,+} = \frac{n_{xy}}{d} + \frac{6 \cdot m_{xy}}{d^2}$
$\tau_{xy,-}$	Напряжение от кручения на отрицательной стороне поверхности $\tau_{xy,-} = \frac{n_{xy}}{d} - \frac{6 \cdot m_{xy}}{d^2}$
τ_{xz}	Касательное напряжение перпендикулярное к поверхности в направлении оси x $\frac{3 \cdot v_x}{2 \cdot d}$ с d:толщина поверхности
τ_{yz}	Касательное напряжение перпендикулярное к поверхности в направлении оси y $\frac{3 \cdot v_y}{2 \cdot d}$

Таблица 8.10: Основные напряжения

8.18 Поверхности - главные напряжения

Для проверки графического отображения главных напряжений, отметьте флажок *Поверхности* в навигаторе *Результаты*, и затем выберите *Напряжения* (см.Рисунок 8.47, страница 341). Таблица 4.18 показывает главные напряжения поверхностей в числовой форме.



Пов-сть №	Точка сетки	Координаты точки сетки [м]			Главные напряжения [кН/см ²]									
		X	Y	Z	$\sigma_{1,+}$	$\sigma_{2,+}$	$\alpha_+ [^\circ]$	$\sigma_{1,-}$	$\sigma_{2,-}$	$\alpha_- [^\circ]$	$\sigma_{1,m}$	$\sigma_{2,m}$	$\alpha_m [^\circ]$	τ_{max}
1	0.000	0.000	0.000	-0.46	-3.79	-51.66	3.89	0.46	37.52	0.06	0.06	-0.01	14.68	0.56
2	0.500	0.000	0.000	-0.06	-1.11	-74.56	1.20	0.08	16.21	0.05	0.01	0.01	27.67	0.26
3	1.000	0.000	0.000	0.21	-0.18	39.88	0.20	-0.19	-46.81	0.02	0.00	0.00	-1.53	0.11
4	1.500	0.000	0.000	0.45	-0.04	21.24	0.04	-0.42	-57.19	0.02	-0.00	-0.00	-0.41	0.09
5	2.000	0.000	0.000	0.61	-0.01	13.08	0.01	-0.57	-76.02	0.02	0.00	0.00	-1.81	0.06
6	2.500	0.000	0.000	0.71	0.01	6.56	-0.01	-0.67	-82.84	0.02	-0.00	-0.00	-3.26	0.04
7	3.000	0.000	0.000	0.81	0.01	4.74	-0.01	-0.77	-84.84	0.02	0.00	0.00	-3.01	0.02
8	3.500	0.000	0.000	0.82	-0.00	1.12	0.00	-0.78	-88.95	0.02	-0.00	-0.00	2.51	0.00
9	4.000	0.000	0.000	0.72	0.01	1.35	-0.01	-0.68	-88.61	0.02	0.00	0.00	0.69	0.01
10	4.500	0.000	0.000	0.57	0.01	0.56	-0.01	-0.53	-89.43	0.02	0.00	0.00	0.41	0.02
11	5.000	0.000	0.000	0.37	-0.00	-2.01	0.01	-0.33	88.30	0.02	0.00	0.00	-4.63	0.03
12	5.500	0.000	0.000	0.13	-0.01	-13.89	0.01	-0.09	72.95	0.02	0.00	0.00	-5.47	0.04
13	6.000	0.000	0.000	0.04	-0.22	-80.65	0.22	-0.02	6.78	0.01	-0.00	-0.00	-57.80	0.05
14	6.500	0.000	0.000	0.04	-0.92	-89.76	0.75	-0.09	-0.55	-0.02	-0.09	-0.09	-84.84	0.11
15	7.000	0.000	0.000	-0.71	-1.60	-75.72	1.63	0.97	-30.41	0.20	-0.06	-0.06	-65.51	0.35
22	0.000	0.500	0.000	-0.08	-0.75	-45.23	0.68	0.06	45.09	-0.01	-0.03	-0.03	-50.03	0.18

Рисунок 8.49: Таблица 4.18 Поверхности - главные напряжения

В таблице приведены главные напряжения, упорядоченные по поверхностям. Результаты приведены в списке по отношению к точкам сетки каждой поверхности.

Столбцы таблицы *Точка сетки* и *Координаты точки сетки* соответствуют столбцам предыдущей таблицы результатов 4.17 *Поверхности - основные напряжения*.

Главные напряжения

Основные напряжения, описанные в разделе 8.17 относятся к системе координат хуз поверхности. Главные напряжения, однако, представляют крайние значения напряжений в

поверхностном элементе. Главные оси 1 (максимальное значение) и 2 (минимальное значение) расположены перпендикулярно.

Можно отобразить направления главных осей α как траектории в рабочем окне (см. Рисунок 8.44, страница 337).

Главные напряжения определяются из основных напряжений:

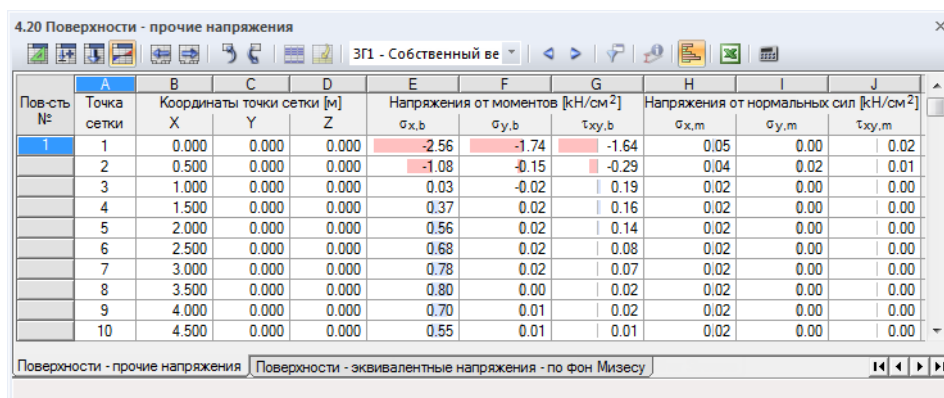
$\sigma_{1,+}$	<p>Напряжение в направлении местной оси 1 на положительной стороне поверхности (т.е. стороне в направлении положительной оси поверхности z)</p> $\sigma_{1,+} = \frac{1}{2} \left(\sigma_{x,+} + \sigma_{y,+} + \sqrt{(\sigma_{x,+} - \sigma_{y,+})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,+}^2} \right)$
$\sigma_{2,+}$	<p>Напряжение в направлении местной оси 2 на положительной стороне поверхности (т.е. стороне в направлении положительной оси поверхности z)</p> $\sigma_{2,+} = \frac{1}{2} \left(\sigma_{x,+} + \sigma_{y,+} - \sqrt{(\sigma_{x,+} - \sigma_{y,+})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,+}^2} \right)$
α_+	<p>Угол между местной осью x (или y) и главной осью 1 (или 2) для напряжений на положительной стороне поверхности</p> $\alpha_+ = \frac{1}{2} \operatorname{atan} 2 \left(2 \cdot \tau_{xy,+}, \sigma_{x,+} - \sigma_{y,+} \right) \in (-90^\circ, 90^\circ]$
$\sigma_{1,-}$	<p>Напряжение в направлении главной оси 1 на отрицательной стороне поверхности</p> $\sigma_{1,-} = \frac{1}{2} \left(\sigma_{x,-} + \sigma_{y,-} + \sqrt{(\sigma_{x,-} - \sigma_{y,-})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,-}^2} \right)$
$\sigma_{2,-}$	<p>Напряжение в направлении главной оси 2 на отрицательной стороне поверхности</p> $\sigma_{2,-} = \frac{1}{2} \left(\sigma_{x,-} + \sigma_{y,-} - \sqrt{(\sigma_{x,-} - \sigma_{y,-})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,-}^2} \right)$
α_-	<p>Угол между местной осью x (или y) и главной осью 1 (или 2) для напряжений на отрицательной стороне поверхности</p> $\alpha_- = \frac{1}{2} \operatorname{atan} 2 \left(2 \cdot \tau_{xy,-}, \sigma_{x,-} - \sigma_{y,-} \right) \in (-90^\circ, 90^\circ]$
$\sigma_{1,m}$	<p>Мембранное напряжение в направлении главной оси 1</p> $\sigma_{1,m} = \frac{1}{2} \left(\sigma_{x,m} + \sigma_{y,m} + \sqrt{(\sigma_{x,m} - \sigma_{y,m})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,m}^2} \right)$
$\sigma_{2,m}$	<p>Мембранное напряжение в направлении главной оси 2</p> $\sigma_{2,m} = \frac{1}{2} \left(\sigma_{x,m} + \sigma_{y,m} - \sqrt{(\sigma_{x,m} - \sigma_{y,m})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,m}^2} \right)$
α_m	<p>Угол между локальной осью x и главной осью 1 для мембранных напряжений</p>

	$\alpha_m = \frac{1}{2} \arctan(2 \cdot \tau_{xy,m} / (\sigma_{x,m} - \sigma_{y,m})) \in (-90^\circ, 90^\circ)$
τ_{\max}	Максимальное касательное напряжение перпендикулярно поверхности $\tau_{\max} = \sqrt{\tau_x^2 + \tau_y^2}$

Таблица 8.11: Главные напряжения

8.19 Поверхности - прочие напряжения

Для проверки графического отображения компонентов напряжения из-за изгибающих моментов и мембранных сил, отметьте флажок *Поверхности* навигаторе *Результаты*, и затем выберите *Напряжения* (см.Рисунок 8.47, страница 341). Таблица 4.19 показывает данные напряжения в числовой форме.



Пов-сть №	Точка сетки	Координаты точки сетки [м]			Напряжения от моментов [кН/см ²]			Напряжения от нормальных сил [кН/см ²]		
		X	Y	Z	$\sigma_{x,b}$	$\sigma_{y,b}$	$\tau_{xy,b}$	$\sigma_{x,m}$	$\sigma_{y,m}$	$\tau_{xy,m}$
1	1	0.000	0.000	0.000	-2.56	-1.74	-1.64	0.05	0.00	0.02
2	2	0.500	0.000	0.000	-1.08	-0.15	-0.29	0.04	0.02	0.01
3	3	1.000	0.000	0.000	0.03	-0.02	0.19	0.02	0.00	0.00
4	4	1.500	0.000	0.000	0.37	0.02	0.16	0.02	0.00	0.00
5	5	2.000	0.000	0.000	0.56	0.02	0.14	0.02	0.00	0.00
6	6	2.500	0.000	0.000	0.68	0.02	0.08	0.02	0.00	0.00
7	7	3.000	0.000	0.000	0.78	0.02	0.07	0.02	0.00	0.00
8	8	3.500	0.000	0.000	0.80	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00
9	9	4.000	0.000	0.000	0.70	0.01	0.02	0.02	0.00	0.00
10	4.500	0.000	0.000	0.000	0.55	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00

Рисунок 8.50: Таблица 4.19 Поверхности - прочие напряжения

В таблице приведены прочие напряжения, упорядоченные по поверхностям. Результаты приведены в списке по отношению к точкам сетки каждой поверхности.

Точка сетки

Номера точек сетки перечислены по поверхностям. Дополнительную информацию по точкам сетки найдете в разделе 8.12 на странице 329.

Координаты точки сетки

Столбцы таблицы от В до D показывают координаты точек сетки в глобальной системе координат XYZ.

Напряжения изгибающих моментов / осевых сил

Напряжения связаны с направлениями местных осей поверхности. При анализе кривых поверхностей, они относятся к осям конечных элементов (см. Рисунок 8.40, страница 333).

Напряжения имеют следующие значения:

$\sigma_{x,b}$	Напряжение из-за изгибающего момента m_x $\sigma_{x,b} = \frac{6 \cdot m_x}{d^2}$ с d:толщина поверхности
$\sigma_{y,b}$	Напряжение из-за изгибающего момента m_y

	$\sigma_{y,b} = \frac{6 \cdot m_y}{d^2}$
$\tau_{xy,b}$	Напряжение из-за крутящего момента m_{xy} $\tau_{xy,b} = \frac{6 \cdot m_{xy}}{d^2}$
$\sigma_{x,m}$	Мембранное напряжение из-за осевого усилия n_x $\sigma_{x,m} = \frac{n_x}{d}$
$\sigma_{y,m}$	Мембранное напряжение из-за осевого усилия n_y $\sigma_{y,m} = \frac{n_y}{d}$ с d :толщина поверхности
$\tau_{xy,m}$	Мембранное напряжение из-за потока касательных усилий n_{xy} $\tau_{xy,m} = \frac{n_{xy}}{d}$

Таблица 8.12: Прочие напряжения

8.20 Поверхности - контактные напряжения

У модели с поверхностными опорами (см. раздел 4.9, страница 111), таблица 4.20 отображает контактные напряжения ("контактное давление почвы") поверхности в числовой форме. Для проверки графического отображения результатов, отметьте флажок *Поверхности* в навигаторе *Результаты*, и затем выберите *Контактные напряжения*.

Для 2D-плит отображается только столбец таблицы σ_z .

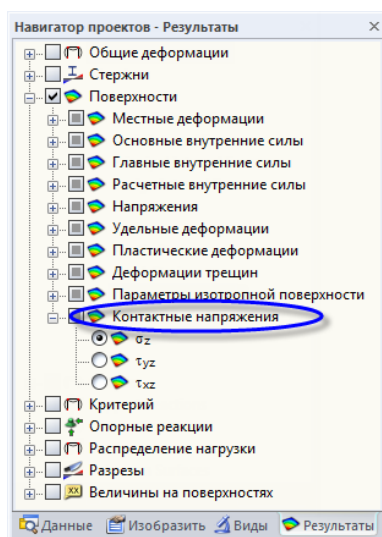


Рисунок 8.51: Результаты навигатор: Поверхности → Контактные напряжения

Пов-сть №	Точка сетки	Координаты точки сетки [м]			Контактные напряжения [кН/м ²]		
		X	Y	Z	σ_z	τ_{yz}	τ_{xz}
1	1	0.000	0.000	0.000	0.00	0.80	-1.41
	2	0.500	0.000	0.000	0.01	0.71	-1.38
	3	1.000	0.000	0.000	0.01	0.66	-1.36
	4	1.500	0.000	0.000	0.02	0.61	-1.34
	5	2.000	0.000	0.000	0.02	0.57	-1.33
	6	2.500	0.000	0.000	0.03	0.54	-1.32
	7	3.000	0.000	0.000	0.03	0.50	-1.31
	8	3.500	0.000	0.000	0.03	0.47	-1.31
	9	4.000	0.000	0.000	0.03	0.44	-1.30
	10	4.500	0.000	0.000	0.02	0.42	-1.29

Рисунок 8.52: Таблица 4.20 Поверхности - контактные напряжения

В таблице приведены контактные напряжения, упорядоченные по поверхностям. Результаты приведены в списке по отношению к точкам сетки каждой поверхности.

Точка сетки

Номера точек сетки перечислены по поверхностям. Дополнительную информацию по точкам сетки найдете в разделе 8.12 на странице 329.

Координаты точки сетки

Столбцы таблицы от В до D показывают координаты точек сетки в глобальной системе координат XYZ. При нажатии кнопки в строке таблицы, соответствующая точка сетки указывается в рабочем окне стрелкой, при условии, что синхронизация выбора активирована (см. главу 11.5.4, страница 526).

Контактные напряжения

Напряжения связаны с направлениями местных осей поверхности. При анализе кривых поверхностей, они относятся к осям конечных элементов (см. Рисунок 8.40, страница 333).

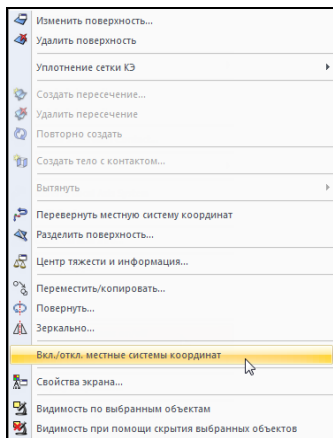
Контактные напряжения имеют следующие значения:

σ_z	<p>Контактное напряжение ("давление почвы") в направлении оси поверхности z</p> $\sigma_z = \nu \cdot (\sigma_x + \sigma_y)$ <p>с σ_x / σ_y: напряжение в почве ν: Коэффициент Пуассона почвы</p>
τ_{yz}	<p>Касательное напряжение от опоры поверхности</p> $\tau_{yz} = \frac{3 \cdot \nu_y}{2 \cdot d}$ <p>с d: толщина поверхности</p>
τ_{xz}	<p>Касательное напряжение от опоры поверхности</p> $\tau_{xz} = \frac{3 \cdot \nu_x}{2 \cdot d}$

Таблица 8.13: Контактные напряжения

Положительные контактные напряжения визуализируются в таблице синими полосами. Соответственно, отрицательные напряжения представлены красными полосами.

Таблица отображает напряжения как силы на поверхности, переданные в опору. Таким образом, в отношении знаков, таблица не показывает реакции со стороны опоры. Если



Контекстное меню поверхности



местная ось поверхности z направлена вниз, нагрузка, например, действующая в направлении оси z , результирует в положительное напряжение σ_z . Таким образом, знаки являются результатом направления оси z поверхности (см. Рисунок 4.73, страница 89).

Направление местной оси поверхности z можно быстро переключить для 3D-моделей: Щелкните правой кнопкой мыши на поверхность, чтобы открыть контекстное меню поверхности (см. левый рисунок выше), а затем выберите опцию *Перевернуть местную систему координат*. Однако, пожалуйста, обратите внимание, что определённая неэффективность будет потом также изменять направление действия.

8.21 Поверхности - эквивалентные напряжения - По фон Мизесу

Для проверки графического отображения эквивалентного напряжения поверхностей, отметьте флажок *Поверхности* в навигаторе *Результаты*, и затем выберите *Напряжения*. Таблица 4.24 показывает эквивалентные напряжения, определённые По фон Мизесу в численном виде.

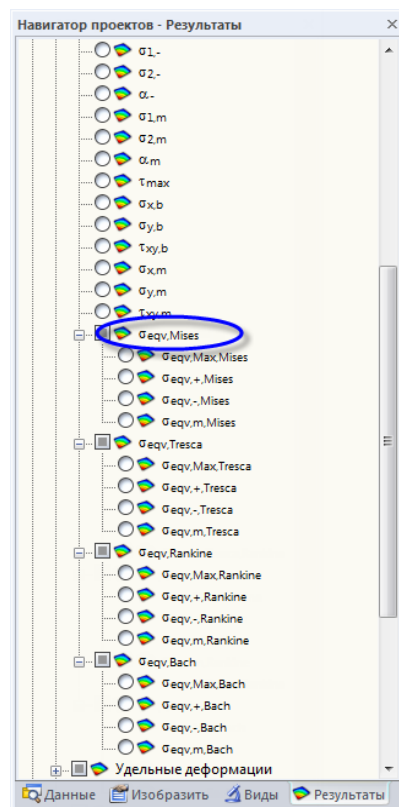
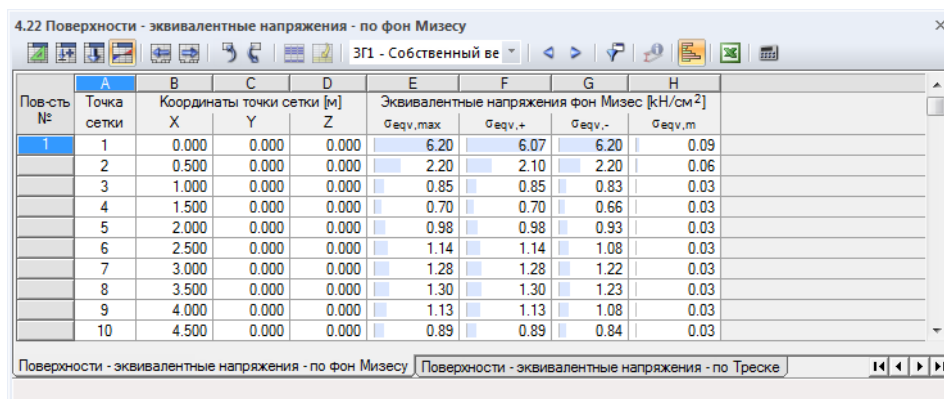


Рисунок 8.53: Эквивалентные напряжения в *Результаты* навигаторе: *Поверхности* → *Напряжения* → $\sigma_{eqv, Mises}$



Пов-сть №	Точка сетки	Координаты точки сетки [м]			Эквивалентные напряжения фон Мизес [кН/см ²]			
		X	Y	Z	σ _{eqv,max}	σ _{eqv,+}	σ _{eqv,-}	σ _{eqv,m}
1	1	0.000	0.000	0.000	6.20	6.07	6.20	0.09
	2	0.500	0.000	0.000	2.20	2.10	2.20	0.06
	3	1.000	0.000	0.000	0.85	0.85	0.83	0.03
	4	1.500	0.000	0.000	0.70	0.70	0.66	0.03
	5	2.000	0.000	0.000	0.98	0.98	0.93	0.03
	6	2.500	0.000	0.000	1.14	1.14	1.08	0.03
	7	3.000	0.000	0.000	1.28	1.28	1.22	0.03
	8	3.500	0.000	0.000	1.30	1.30	1.23	0.03
	9	4.000	0.000	0.000	1.13	1.13	1.08	0.03
	10	4.500	0.000	0.000	0.89	0.89	0.84	0.03

Рисунок 8.54: Таблица 4.21 Поверхности - Эквивалентные напряжения - по фон Мизесу

В таблице приведены эквивалентные напряжения, упорядоченные по поверхностям. Результаты приведены в списке по отношению к точкам сетки каждой поверхности.

Точка сетки

Номера точек сетки перечислены по поверхностям. Дополнительную информацию по точкам сетки найдете в разделе 8.12 на странице 329.

Координаты точки сетки

Столбцы таблицы от В до D показывают координаты точек сетки в глобальной системе координат XYZ.

Эквивалентные напряжения

В *Результаты* навигаторе, для выбора доступны четыре эквивалентные гипотезы напряжений для условия плоского напряжения. Подход по фон Мизесу также называется "гипотеза изменения формы". Предполагается, что материал дает сбой, как только энергия изменения формы превышает определённый предел. Эта энергия является видом энергии, которая приводит к искажению или деформации объекта.

Подход представляет собой наиболее известную и часто используемую эквивалентную гипотезу напряжения. Это подходит для всех материалов, которые не являются хрупкими. Таким образом, он широко используется при строительстве сооружений из стали. Однако гипотеза не является адекватной для условий гидростатического напряжения с равными главными напряжениями во всех направлениях, так как здесь эквивалентное напряжение равно нулю.

Эквивалентные напряжения по фон Мизесу для условий плоского напряжения имеют следующие значения:

σ _{eqv,+}	<p>Эквивалентное напряжение на положительной стороне поверхности (т.е. стороне в направлении положительной оси поверхности z)</p> $\sigma_{v,+} = \sqrt{\sigma_{x,+}^2 + \sigma_{y,+}^2 - \sigma_{x,+} \cdot \sigma_{y,+} + 3 \cdot \tau_{xy,+}^2}$
σ _{eqv,-}	<p>Эквивалентное напряжение на отрицательной стороне поверхности</p> $\sigma_{v,-} = \sqrt{\sigma_{x,-}^2 + \sigma_{y,-}^2 - \sigma_{x,-} \cdot \sigma_{y,-} + 3 \cdot \tau_{xy,-}^2}$

$\sigma_{eqv,m}$	Мембранное эквивалентное напряжение $\sigma_{v,m} = \sqrt{\sigma_{x,m}^2 + \sigma_{y,m}^2 - \sigma_{x,m} \cdot \sigma_{y,m} + 3 \cdot \tau_{xy,m}^2}$
------------------	--

Таблица 8.14: Эквивалентные напряжения По фон МИЗЕСУ

8.22 Поверхности - эквивалентные напряжения - по Треске

Для проверки графического отображения эквивалентного напряжения поверхностей, отметьте флажок *Поверхности* в навигаторе *Результаты*, и затем выберите *Напряжения* (см.Рисунок 8.53, страница 348). Таблица 4.22 показывает эквивалентные напряжения поверхностей, определённые по ТРЕСКЕ в численном виде.

Пов-сть №	Точка сетки	Координаты точки сетки [m]			Эквивалентные напряжения Треска [кН/см ²]			
		X	Y	Z	$\sigma_{eqv,max}$	$\sigma_{eqv,+}$	$\sigma_{eqv,-}$	$\sigma_{eqv,m}$
1	1	0.000	0.000	0.000	6.35	6.21	6.35	0.10
2	2	0.500	0.000	0.000	2.30	2.21	2.30	0.07
3	3	1.000	0.000	0.000	0.93	0.93	0.92	0.03
4	4	1.500	0.000	0.000	0.70	0.70	0.67	0.03
5	5	2.000	0.000	0.000	0.99	0.99	0.94	0.03
6	6	2.500	0.000	0.000	1.15	1.15	1.09	0.03
7	7	3.000	0.000	0.000	1.29	1.29	1.23	0.03
8	8	3.500	0.000	0.000	1.31	1.31	1.24	0.03
9	9	4.000	0.000	0.000	1.13	1.13	1.08	0.03
10	4.500	0.000	0.000	0.000	0.89	0.89	0.84	0.03

Рисунок 8.55: Таблица 4.22 Поверхности - эквивалентные напряжения - по Треске

Столбцы таблицы *Точка сетки* и *Координаты точки сетки* соответствуют столбцам предыдущей таблицы результатов 4.21 *Поверхности - Эквивалентные напряжения - по фон Мизесу*.

Подход По ТРЕСКЕ также известен как "теория максимальных напряжений сдвига". Предполагается, что ошибка вызвана максимальным напряжением сдвига. Так как применение данной гипотезы особенно подходит для хрупких материалов, она часто используется в машиностроении.

Эквивалентные напряжения по ТРЕСКЕ определяются следующим образом:

$\sigma_{eqv,max}$	Максимальная абсолютная величина эквивалентного напряжения на положительной и отрицательной стороне поверхности
$\sigma_{eqv,+}$	Эквивалентное напряжение на положительной стороне поверхности $\sigma_{v,+} = \max(\sigma_{1,+} - \sigma_{2,+} ; \sigma_{2,+} ; \sigma_{1,+}) \quad \text{или}$ $\sigma_{v,+} = \max\left(\sqrt{(\sigma_{x,+} - \sigma_{y,+})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,+}^2}; \sigma_{2,+} ; \sigma_{1,+} \right)$
$\sigma_{eqv,-}$	Эквивалентное напряжение на отрицательной стороне поверхности $\sigma_{v,-} = \max(\sigma_{1,-} - \sigma_{2,-} ; \sigma_{2,-} ; \sigma_{1,-}) \quad \text{или}$

	$\sigma_{v,-} = \max\left(\sqrt{(\sigma_{x,-} - \sigma_{y,-})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,-}^2}; \sigma_{2,-} ; \sigma_{1,-} \right)$
$\sigma_{eqv,m}$	<p>Мембранное эквивалентное напряжение</p> <p>$\sigma_{v,m} = \max(\sigma_{1,m} - \sigma_{2,m} ; \sigma_{2,m} ; \sigma_{1,m})$ или</p> <p>$\sigma_{v,m} = \max\left(\sqrt{(\sigma_{x,m} - \sigma_{y,m})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,m}^2}; \sigma_{2,m} ; \sigma_{1,m} \right)$</p>

Таблица 8.15: Эквивалентные напряжения По ТРЕСКЕ

8.23 Поверхности - эквивалентные напряжения - по Ранкину

Для проверки графического отображения эквивалентного напряжения поверхностей, отметьте флажок *Поверхности* в навигаторе *Результаты*, и затем выберите *Напряжения* (см.Рисунок 8.53, страница 348). Таблица 4.23 показывает эквивалентные напряжения поверхностей, определённые по РАНКИНУ в численном виде.

Пов-сть №	Точка сетки	Координаты точки сетки [м]			Эквивалентные напряжения Ранкин [кН/см ²]			
		X	Y	Z	$\sigma_{eqv,max}$	$\sigma_{eqv,+}$	$\sigma_{eqv,-}$	$\sigma_{eqv,m}$
1	1	0.000	0.000	0.000	6.35	6.21	6.35	0.09
	2	0.500	0.000	0.000	2.09	1.96	2.09	0.07
	3	1.000	0.000	0.000	0.74	0.74	0.70	0.03
	4	1.500	0.000	0.000	0.69	0.69	0.65	0.03
	5	2.000	0.000	0.000	0.99	0.99	0.94	0.03
	6	2.500	0.000	0.000	1.15	1.15	1.09	0.03
	7	3.000	0.000	0.000	1.29	1.29	1.23	0.03
	8	3.500	0.000	0.000	1.29	1.29	1.23	0.03
	9	4.000	0.000	0.000	1.13	1.13	1.08	0.03
	10	4.500	0.000	0.000	0.89	0.89	0.84	0.03

Рисунок 8.56: Таблица 4.23 Поверхности - эквивалентные напряжения - по Ранкину

Столбцы таблицы *Точка сетки* и *Координаты точки сетки* соответствуют столбцам таблицы результатов 4.21 *Поверхности - Эквивалентные напряжения - по фон Мизесу*.

Гипотеза эквивалентного напряжения по Ранкину также известна как "критерий максимального главного напряжения". Предполагается, что ошибка вызвана максимальным главным напряжением.

Эквивалентные напряжения по Ранкину определяются следующим образом:

$\sigma_{eqv,max}$	Максимальная абсолютная величина эквивалентного напряжения на положительной и отрицательной стороне поверхности
$\sigma_{eqv,+}$	<p>Максимальная абсолютная величина эквивалентного напряжения на положительной стороне поверхности</p> $\sigma_{v,+} = \frac{1}{2} \sigma_{x,+} + \sigma_{y,+} + \frac{1}{2}\sqrt{(\sigma_{x,+} - \sigma_{y,+})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,+}^2}$
$\sigma_{eqv,-}$	Максимальная абсолютная величина эквивалентного напряжения на отрицательной стороне поверхности

	$\sigma_{v,-} = \frac{1}{2} \sigma_{x,-} + \sigma_{y,-} + \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_{x,-} - \sigma_{y,-})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,-}^2}$
$\sigma_{eqv,m}$	Максимальная абсолютная величина мембранного эквивалентного напряжения $\sigma_{v,m} = \frac{1}{2} \sigma_{x,m} + \sigma_{y,m} + \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_{x,m} - \sigma_{y,m})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,m}^2}$

Таблица 8.16: Эквивалентные напряжения по РАНКИНУ

8.24 Поверхности - эквивалентные напряжения - по Баху

Для проверки графического отображения эквивалентного напряжения поверхностей, отметьте флажок *Поверхности* в навигаторе *Результаты*, и затем выберите *Напряжения* (см.Рисунок 8.53, страница 348). Таблица 4.24 показывает эквивалентные напряжения поверхностей, определённые в соответствии с БАХОМ в численном виде.

Пов-сть №	Точка сетки	Координаты точки сетки [m]			Эквивалентные напряжения Бах [kN/cm ²]			
		X	Y	Z	$\sigma_{eqv,max}$	$\sigma_{eqv,+}$	$\sigma_{eqv,-}$	$\sigma_{eqv,m}$
1	1	0.000	0.000	0.000	6.29	6.15	6.29	0.09
2	2	0.500	0.000	0.000	2.13	2.01	2.13	0.07
3	3	1.000	0.000	0.000	0.78	0.78	0.74	0.03
4	4	1.500	0.000	0.000	0.70	0.70	0.65	0.03
5	5	2.000	0.000	0.000	0.99	0.99	0.93	0.03
6	6	2.500	0.000	0.000	1.15	1.15	1.09	0.03
7	7	3.000	0.000	0.000	1.29	1.29	1.22	0.03
8	8	3.500	0.000	0.000	1.30	1.30	1.23	0.03
9	9	4.000	0.000	0.000	1.13	1.13	1.08	0.03
10	10	4.500	0.000	0.000	0.89	0.89	0.84	0.03

Рисунок 8.57: Таблица 4.24 Поверхности - эквивалентные напряжения - по Баху

Столбцы таблицы *Точка сетки* и *Координаты точки сетки* соответствуют столбцам таблицы результатов 4.21 *Поверхности - Эквивалентные напряжения - по фон Мизесу*.

Эквивалентную гипотезу напряжений по БАХУ также называют "главным критерием деформаций". Предполагается, что разрушение происходит в направлении наибольшей деформации. Подход аналогичен определению напряжений в соответствии с подходом РАНКИНА, который описан в главе 8.23. Здесь, основная деформация используется вместо основного напряжения.

Эквивалентное напряжение в соответствии с БАХОМ определяются следующим образом:

$\sigma_{eqv,max}$	Максимальная абсолютная величина эквивалентного напряжения на положительной и отрицательной стороне поверхности
$\sigma_{eqv,+}$	Максимальная абсолютная величина эквивалентного напряжения на положительной стороне поверхности $\sigma_{v,+} = \max \left[\frac{1-\nu}{2} \sigma_{x,+} + \sigma_{y,+} + \frac{1+\nu}{2} \sqrt{(\sigma_{x,+} - \sigma_{y,+})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,+}^2}, \nu \sigma_{x,+} + \sigma_{y,+} \right]$ с ν : Коэффициент Пуассона (см. раздел 4.3, страница 64)

$\sigma_{eqv,-}$	<p>Максимальная абсолютная величина эквивалентного напряжения на отрицательной стороне поверхности</p> $\sigma_{v,+} = \max \left[\frac{1-\nu}{2} \sigma_{x,-} + \sigma_{y,-} + \frac{1+\nu}{2} \sqrt{(\sigma_{x,-} - \sigma_{y,-})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,-}^2}, \nu \sigma_{x,-} + \sigma_{y,-} \right]$
$\sigma_{eqv,m}$	<p>Максимальная абсолютная величина мембранного эквивалентного напряжения</p> $\sigma_{v,+} = \max \left[\frac{1-\nu}{2} \sigma_{x,m} + \sigma_{y,m} + \frac{1+\nu}{2} \sqrt{(\sigma_{x,m} - \sigma_{y,m})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,m}^2}, \nu \sigma_{x,m} + \sigma_{y,m} \right]$

Таблица 8.17: Эквивалентные напряжения по БАХ

8.25 Поверхности - основные деформации

Для проверки графического отображения поверхностных деформаций, отметьте флажок *Поверхности* в навигаторе *Результаты*, и затем выберите *Основные внутренние силы*.
Таблица 4.25 показывает основные деформации поверхностей в числовой форме.

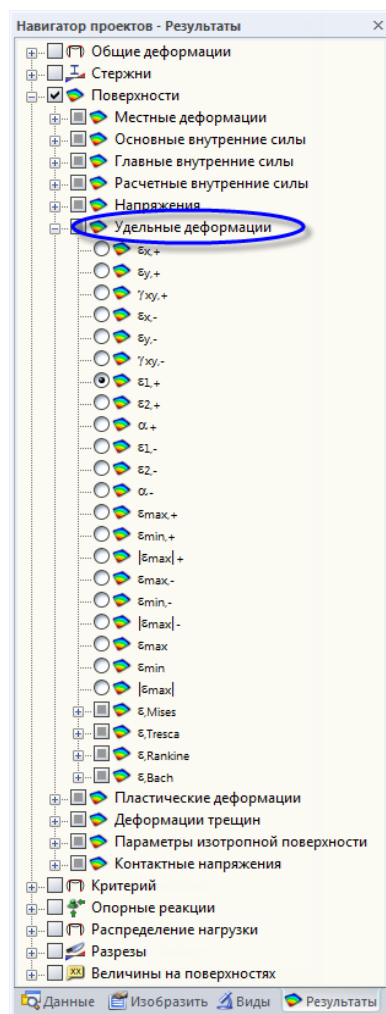


Рисунок 8.58: Результаты навигатор: Поверхности → Напряжения

Пов-сть №	Точка сетки	Координаты точки сетки [м]			Основные деформации [-]					
		X	Y	Z	$\epsilon_{x,+}$	$\epsilon_{y,+}$	$\gamma_{xy,+}$	$\epsilon_{x,-}$	$\epsilon_{y,-}$	$\gamma_{xy,-}$
1	1	0.000	0.000	0.000	-0.00102	-0.00056	-0.00210	0.00106	0.00055	0.00214
	2	0.500	0.000	0.000	-0.00059	0.00018	-0.00023	0.00063	-0.00017	0.00026
	3	1.000	0.000	0.000	0.00012	0.00001	0.00032	-0.00010	+0.00002	-0.00032
	4	1.500	0.000	0.000	0.00017	-0.00001	0.00019	-0.00015	0.00000	-0.00019
	5	2.000	0.000	0.000	0.00028	-0.00004	0.00017	-0.00026	0.00003	-0.00017
	6	2.500	0.000	0.000	0.00034	-0.00006	0.00010	-0.00032	0.00006	-0.00010
	7	3.000	0.000	0.000	0.00038	-0.00007	0.00010	-0.00036	0.00006	-0.00011
	8	3.500	0.000	0.000	0.00039	-0.00008	0.00002	-0.00037	0.00008	-0.00002
	9	4.000	0.000	0.000	0.00034	-0.00007	0.00003	-0.00033	0.00006	-0.00003
	10	4.500	0.000	0.000	0.00027	-0.00005	0.00002	-0.00025	0.00005	-0.00001

Рисунок 8.59: Таблица 4.17 Поверхности - основные напряжения

В таблице приведены деформации, упорядоченные по поверхностям. Результаты приведены в списке по отношению к точкам сетки каждой поверхности.

Точка сетки

Номера точек сетки перечислены по поверхностям. Дополнительную информацию по точкам сетки найдете в разделе 8.12 на странице 329.

Координаты точки сетки

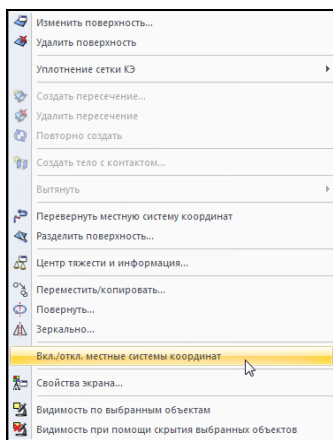
Столбцы таблицы от В до D показывают координаты точек сетки в глобальной системе координат XYZ.

Основные относительные деформации

Деформации связаны с направлениями местных осей поверхности. При анализе кривых поверхностей, они относятся к осям конечных элементов (см. Рисунок 8.40, страница 333).

Основные деформации имеют следующие значения:

$\epsilon_{x,+}$	Деформация в направлении местной оси x на положительной стороне поверхности (т.е. стороне в направлении положительной оси поверхности z) $\epsilon_{x,+} = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{d}{2} \cdot \frac{\partial \varphi_y}{\partial x}$ с d:толщина поверхности
$\epsilon_{y,+}$	Деформация в направлении местной оси y на положительной стороне поверхности (т.е. стороне в направлении положительной оси поверхности z) $\epsilon_{y,+} = \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{d}{2} \cdot \left(-\frac{\partial \varphi_x}{\partial y} \right)$
$\gamma_{xy,+}$	Имеющее отношение Вращение на положительной стороне поверхности $\gamma_{xy,+} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{d}{2} \cdot \left(\frac{\partial \varphi_y}{\partial y} - \frac{\partial \varphi_x}{\partial x} \right)$
$\epsilon_{x,-}$	Деформация в направлении оси x на отрицательной стороне поверхности $\epsilon_{x,-} = \frac{\partial u}{\partial x} - \frac{d}{2} \cdot \frac{\partial \varphi_y}{\partial x}$
$\epsilon_{y,-}$	Деформация в направлении оси y на отрицательной стороне поверхности



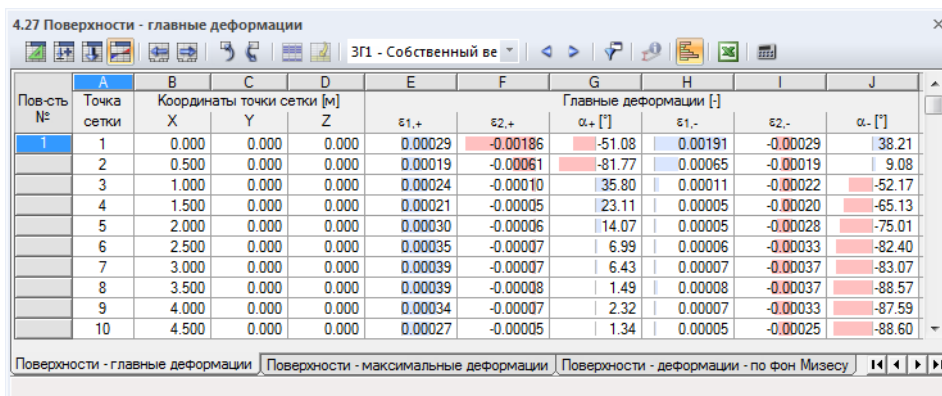
Контекстное меню поверхности

	$\varepsilon_{x,-} = \frac{\partial v}{\partial y} - \frac{d}{2} \cdot \left(-\frac{\partial \varphi_x}{\partial y} \right)$
$\gamma_{xy,-}$	Имеющее отношение Вращение на отрицательной стороне поверхности $\gamma_{xy,+} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{d}{2} \cdot \left(\frac{\partial \varphi_y}{\partial y} - \frac{\partial \varphi_x}{\partial x} \right)$

Таблица 8.18: Основные относительные деформации

8.26 Поверхности - главные относительные деформации

Для проверки графического отображения деформаций, отметьте флажок *Поверхности* в *Результаты* навигаторе, и затем выберите *Удельная деформация* (см. Рисунок 8.58, страница 353). Таблица 4.26 показывает главные напряжения поверхностей в числовой форме.



Пов-сть №	Точка сетки	Координаты точки сетки [m]			Главные деформации [-]					
		X	Y	Z	$\varepsilon_{1,+}$	$\varepsilon_{2,+}$	$\alpha_+ [^\circ]$	$\varepsilon_{1,-}$	$\varepsilon_{2,-}$	$\alpha_- [^\circ]$
1	1	0.000	0.000	0.000	0.00029	-0.00186	-51.08	0.00191	-0.00029	38.21
	2	0.500	0.000	0.000	0.00019	-0.00061	-81.77	0.00065	-0.00019	9.08
	3	1.000	0.000	0.000	0.00024	-0.00010	35.80	0.00011	-0.00022	-52.17
	4	1.500	0.000	0.000	0.00021	-0.00005	23.11	0.00005	-0.00020	-65.13
	5	2.000	0.000	0.000	0.00030	-0.00006	14.07	0.00005	-0.00028	-75.01
	6	2.500	0.000	0.000	0.00035	-0.00007	6.99	0.00006	-0.00033	-82.40
	7	3.000	0.000	0.000	0.00039	-0.00007	6.43	0.00007	-0.00037	-83.07
	8	3.500	0.000	0.000	0.00039	-0.00008	1.49	0.00008	-0.00037	-88.57
	9	4.000	0.000	0.000	0.00034	-0.00007	2.32	0.00007	-0.00033	-87.59
	10	4.500	0.000	0.000	0.00027	-0.00005	1.34	0.00005	-0.00025	-88.60

Рисунок 8.60: Таблица 4.26 Поверхности – главные относительные деформации

В таблице приведены главные деформации, упорядоченные по поверхностям. Результаты приведены в списке по отношению к точкам сетки каждой поверхности.

Столбцы таблицы *Точка сетки* и *Координаты точки сетки* соответствуют предыдущей таблице результатов 4.25 *Поверхности - основные деформации*.

Главные относительные деформации

Основные деформации, описанные в разделе 8.25 относятся к системе координат хуз поверхности. Главные деформации, однако, представляют крайние значения деформаций в поверхностном элементе. Главные оси 1 (максимальное значение) и 2 (минимальное значение) расположены перпендикулярно.

Можно отобразить направления главных осей α как траектории в рабочем окне (см. Рисунок 8.44, страница 337 для главных внутренних сил).

Основные деформации имеют следующие значения:

$\varepsilon_{1,+}$	Деформация в направлении главной оси 1 на положительной стороне поверхности (т.е. стороне в направлении положительной оси поверхности z) $\varepsilon_{1,+} = \frac{1}{2} \left(\varepsilon_{x,+} + \varepsilon_{y,+} + \sqrt{(\varepsilon_{x,+} - \varepsilon_{y,+})^2 + \gamma_{xy,+}^2} \right)$
$\varepsilon_{2,+}$	Напряжение в направлении главной оси 2 на положительной стороне поверхности (т.е. стороне в направлении положительной оси поверхности z) $\varepsilon_{2,+} = \frac{1}{2} \left(\varepsilon_{x,+} + \varepsilon_{y,+} - \sqrt{(\varepsilon_{x,+} - \varepsilon_{y,+})^2 + \gamma_{xy,+}^2} \right)$
α_+	Угол между местной осью x (или y) и главной осью 1 (или 2) для деформаций на положительной стороне поверхности $\alpha_+ = \frac{1}{2} \left(\arctan \left(\frac{\gamma_{xy,+}}{\varepsilon_{x,+} - \varepsilon_{y,+}} \right) \right)$
$\varepsilon_{1,-}$	Деформация в направлении главной оси 1 на отрицательной стороне поверхности $\varepsilon_{1,-} = \frac{1}{2} \left(\varepsilon_{x,-} + \varepsilon_{y,-} + \sqrt{(\varepsilon_{x,-} - \varepsilon_{y,-})^2 + \gamma_{xy,-}^2} \right)$
$\varepsilon_{2,-}$	Деформация в направлении главной оси 2 на отрицательной стороне поверхности $\varepsilon_{2,-} = \frac{1}{2} \left(\varepsilon_{x,-} + \varepsilon_{y,-} - \sqrt{(\varepsilon_{x,-} - \varepsilon_{y,-})^2 + \gamma_{xy,-}^2} \right)$
α_-	Угол между местной осью x (или y) и главной осью 1 (или 2) для напряжений на отрицательной стороне поверхности $\alpha_- = \frac{1}{2} \left(\arctan \left(\frac{\gamma_{xy,-}}{\varepsilon_{x,-} - \varepsilon_{y,-}} \right) \right)$

Таблица 8.19: Главные деформации

8.27 Поверхности - максимальные относительные деформации

Для проверки графического предельных значений деформаций, отметьте флажок *Поверхности* в *Результаты* навигаторе, и затем выберите *Деформации* (см. Рисунок 8.58, страница 353). Таблица 4.27 показывает данные деформации в числовой форме.

Пов-сть №	Точка сетки	Координаты точки сетки [м]			Максимальные деформации []								
		X	Y	Z	$\epsilon_{\max,+}$	$\epsilon_{\min,+}$	$ \epsilon_{\max,+} $	$\epsilon_{\max,-}$	$\epsilon_{\min,-}$	$ \epsilon_{\max,-} $	ϵ_{\max}	ϵ_{\min}	$ \epsilon_{\max} $
1	0.000	0.000	0.000	0.00029	-0.00186	0.00186	0.00191	-0.00029	0.00191	0.00191	-0.00186	0.00191	
2	0.500	0.000	0.000	0.00019	-0.00061	0.00061	0.00065	-0.00019	0.00065	0.00065	-0.00061	0.00065	
3	1.000	0.000	0.000	0.00024	-0.00010	0.00024	0.00011	-0.00022	0.00022	0.00024	-0.00022	0.00024	
4	1.500	0.000	0.000	0.00021	-0.00005	0.00021	0.00005	-0.00020	0.00020	0.00021	-0.00020	0.00021	
5	2.000	0.000	0.000	0.00030	-0.00006	0.00030	0.00005	-0.00028	0.00028	0.00030	-0.00028	0.00030	
6	2.500	0.000	0.000	0.00035	-0.00007	0.00035	0.00006	-0.00033	0.00033	0.00035	-0.00033	0.00035	
7	3.000	0.000	0.000	0.00039	-0.00007	0.00039	0.00007	-0.00037	0.00037	0.00039	-0.00037	0.00039	
8	3.500	0.000	0.000	0.00039	-0.00008	0.00039	0.00008	-0.00037	0.00037	0.00039	-0.00037	0.00039	
9	4.000	0.000	0.000	0.00034	-0.00007	0.00034	0.00007	-0.00033	0.00033	0.00034	-0.00033	0.00034	
10	4.500	0.000	0.000	0.00027	-0.00005	0.00027	0.00005	-0.00025	0.00025	0.00027	-0.00025	0.00027	

Рисунок 8.61: Таблица 4.27 Поверхности - максимальные относительные деформации

В таблице приведены предельные значения деформаций, упорядоченные по поверхностям. Результаты приведены в списке по отношению к точкам сетки каждой поверхности.

Столбцы таблицы *Точка сетки* и *Координаты точки сетки* соответствуют столбцам таблицы результатов 4.25 *Поверхности - Основные деформации*.

Максимальные относительные деформации

Эти значения представляют предельные значения деформаций, определённых по уравнениям из Таблица 8.19.

$\epsilon_{\max,+}$	Максимальное значение деформации на положительной стороне поверхности (т.е. стороне в направлении положительной оси поверхности z)
$\epsilon_{\min,+}$	Минимальное значение деформации на положительной стороне поверхности
$ \epsilon_{\max,+} $	Максимальная абсолютная величина обоих предельных значений на положительной стороне поверхности
$\epsilon_{\max,-}$	Максимальное значение деформации на отрицательной стороне поверхности
$\epsilon_{\min,-}$	Минимальное значение деформации на отрицательной стороне поверхности
$ \epsilon_{\max,-} $	Максимальная абсолютная величина обоих предельных значений на отрицательной стороне поверхности
ϵ_{\max}	Максимальное значение деформации на положительной или отрицательной стороне поверхности (столбцы E и H)
ϵ_{\min}	Минимальное значение деформации на положительной или отрицательной стороне поверхности (столбцы F и I)
$ \epsilon_{\max} $	Максимальная абсолютная величина деформации на положительной или отрицательной стороне поверхности

	(столбцы K и L)
--	-----------------

Таблица 8.20: Максимальные деформации

8.28 Поверхности – относительные деформации - по фон Мизесу

Для контроля графического отображения поверхностных деформаций с гипотезой эквивалентного напряжения *По фон Мизесу*, отметьте флажок *Поверхности* в *Результаты* навигаторе, и затем выберите *Деформации*. Таблица 4.28 показывает данные деформации в числовой форме.

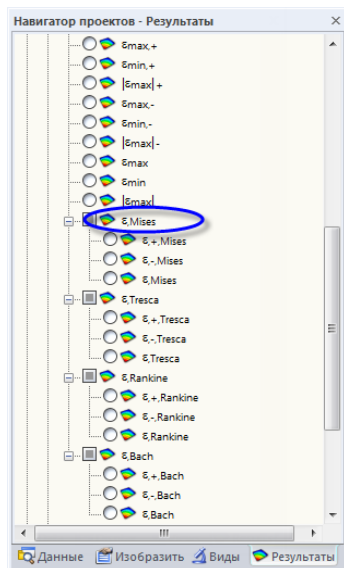


Рисунок 8.62: Эквивалентные относительные деформации в *Результаты* навигаторе: *Поверхности* → *Напряжения*

4.29 Поверхности - деформации - по фон Мизесу

Пов-сть №	Точка сетки	Координаты точки сетки [m]			фон Мизес [-]		
		X	Y	Z	ε+, Mises	ε-, Mises	εMises
1	1	0.000	0.000	0.000	0.00184	0.00188	0.00188
	2	0.500	0.000	0.000	0.00064	0.00067	0.00067
	3	1.000	0.000	0.000	0.00026	0.00025	0.00026
	4	1.500	0.000	0.000	0.00021	0.00020	0.00021
	5	2.000	0.000	0.000	0.00030	0.00028	0.00030
	6	2.500	0.000	0.000	0.00035	0.00033	0.00035
	7	3.000	0.000	0.000	0.00039	0.00037	0.00039
	8	3.500	0.000	0.000	0.00039	0.00037	0.00039
	9	4.000	0.000	0.000	0.00034	0.00033	0.00034
	10	4.500	0.000	0.000	0.00027	0.00025	0.00027

Рисунок 8.63: Таблица 4.28 *Поверхности - деформации - по фон Мизесу*

В таблице приведены эквивалентные деформации, упорядоченные по поверхностям. Результаты приведены в списке по отношению к точкам сетки каждой поверхности.

Точка сетки

Номера точек сетки перечислены по поверхностям. Дополнительную информацию по точкам сетки найдете в разделе 8.12 на странице 329.

Координаты точки сетки

Столбцы таблицы от В до D показывают координаты точек сетки в глобальной системе координат XYZ.

Относительные деформации по фон Мизесу

Подходы, описанные для плоских условий деформации, описанные в разделах 8.21 до 8.24 доступны для выбора в *Результаты* навигаторе. Подход по фон Мизесу также называется "гипотеза изменения формы". Предполагается, что материал дает сбой, как только энергия изменения формы превышает определённый предел. Эта энергия является видом энергии, которая приводит к искажению или деформации объекта (см. раздел 8.21, страница 348).

Деформации по фон Мизесу для плоского условия деформации имеют следующие значения:

$\epsilon_{+,Mises}$	<p>Эквивалентная Деформация на положительной стороне поверхности (т.е. стороне в направлении положительной оси поверхности z)</p> $\epsilon_{+} = \frac{\sqrt{(\epsilon_{x,+} - \epsilon_{y,+})^2 + \left(\frac{\epsilon_{x,+} + \nu \cdot \epsilon_{y,+}}{1 - \nu}\right)^2 + \left(\frac{\nu \cdot \epsilon_{x,+} + \epsilon_{y,+}}{1 - \nu}\right)^2 + \frac{3}{2} \gamma_{xy,+}^2}}{\sqrt{2} \cdot (1 + \nu)}$
$\epsilon_{-,Mises}$	<p>Эквивалентная деформация на отрицательной стороне поверхности</p> $\epsilon_{-} = \frac{\sqrt{(\epsilon_{x,-} - \epsilon_{y,-})^2 + \left(\frac{\epsilon_{x,-} + \nu \cdot \epsilon_{y,-}}{1 - \nu}\right)^2 + \left(\frac{\nu \cdot \epsilon_{x,-} + \epsilon_{y,-}}{1 - \nu}\right)^2 + \frac{3}{2} \gamma_{xy,-}^2}}{\sqrt{2} \cdot (1 + \nu)}$
ϵ_{Mises}	<p>Максимальная эквивалентная Деформация на положительной или отрицательной стороне поверхности (столбцы E и F)</p>

Таблица 8.21: Деформации по фон Мизесу

8.29 Поверхности – относительные деформации - По Треске

Для контроля графического отображения поверхностных деформаций с гипотезой эквивалентного напряжения ПО ТРЕСКЕ, отметьте флажок *Поверхности* в *Результаты* навигаторе, и затем выберите *Удельная деформация* (см. Рисунок 8.62, страница 358). Таблица 4.29 показывает данные деформации в числовой форме.

Пов-сть №	Точка сетки	Координаты точки сетки [м]			Треска [ε]		
		X	Y	Z	ε+, Треска	ε-, Треска	εТреска
1	1	0.000	0.000	0.000	0.00188	0.00192	0.00192
	2	0.500	0.000	0.000	0.00067	0.00070	0.00070
	3	1.000	0.000	0.000	0.00028	0.00028	0.00028
	4	1.500	0.000	0.000	0.00021	0.00020	0.00021
	5	2.000	0.000	0.000	0.00030	0.00028	0.00030
	6	2.500	0.000	0.000	0.00035	0.00033	0.00035
	7	3.000	0.000	0.000	0.00039	0.00037	0.00039
	8	3.500	0.000	0.000	0.00040	0.00038	0.00040
	9	4.000	0.000	0.000	0.00034	0.00033	0.00034
	10	4.500	0.000	0.000	0.00027	0.00025	0.00027

Рисунок 8.64: Таблица 4.29 Поверхности - деформации - по Треске

Столбцы таблицы *Точка сетки* и *Координаты точки сетки* соответствуют предыдущей таблице результатов 4.28 *Поверхности - деформации - по фон Мизесу*.

С подходом ПО ТРЕСКЕ предполагается, что сбой вызван максимальным напряжением сдвига (см. раздел 8.22, страница 350).

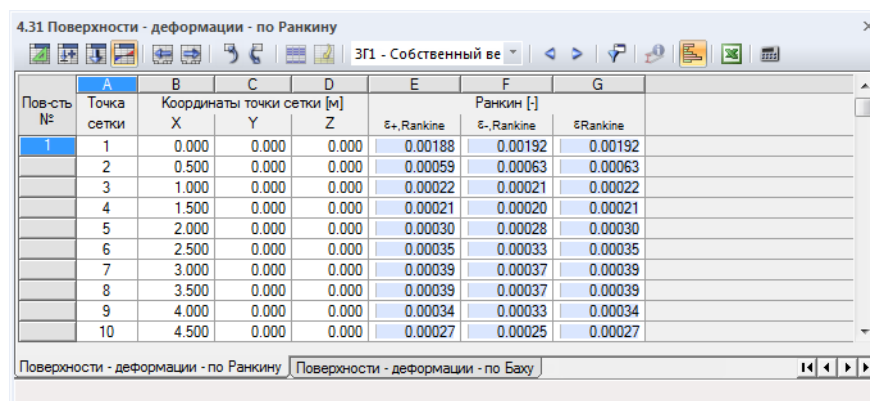
Деформации ПО ТРЕСКЕ определяются следующим образом:

ε ₊ , По Треске	<p>Эквивалентная Деформация на положительной стороне поверхности (т.е. стороне в направлении положительной оси поверхности z)</p> $\epsilon_+ = \frac{\sqrt{(\epsilon_{x,+} - \epsilon_{y,+})^2 + \gamma_{xy,+}^2}}{1 + \nu}$ <p>В то же время, происходит анализ эквивалентной деформации по РАНКИНУ (см. следующий раздел 8.30). Если с данной гипотезой достигается увеличенной деформации, то это значение показано в таблице в колонке E.</p>
ε ₋ , По Треске	<p>Эквивалентная деформация на отрицательной стороне поверхности</p> $\epsilon_- = \frac{\sqrt{(\epsilon_{x,-} - \epsilon_{y,-})^2 + \gamma_{xy,-}^2}}{1 + \nu}$ <p>Если гипотеза РАНКИНА приводит к большей эквивалентной деформации, это значение показано в колонке F.</p>
ε _{По Треске}	<p>Максимальная эквивалентная Деформация на положительной или отрицательной стороне поверхности (столбцы E и F)</p>

Таблица 8.22: Деформации ПО ТРЕСКЕ

8.30 Поверхности – относительные деформации - по Ранкину

Для контроля графического отображения поверхностных деформаций с гипотезой эквивалентного напряжения По Ранкину, отметьте флажок *Поверхности* в *Результаты* навигаторе, и затем выберите *Удельная деформация* (см. Рисунок 8.62, страница 358). Таблица 4.30 показывает данные деформации в числовой форме.



Пов-сть №	Точка сетки	Координаты точки сетки [м]			Ранкин [-]		
		X	Y	Z	ε+,Rankine	ε-,Rankine	εRankine
1	1	0.000	0.000	0.000	0.00188	0.00192	0.00192
	2	0.500	0.000	0.000	0.00059	0.00063	0.00063
	3	1.000	0.000	0.000	0.00022	0.00021	0.00022
	4	1.500	0.000	0.000	0.00021	0.00020	0.00021
	5	2.000	0.000	0.000	0.00030	0.00028	0.00030
	6	2.500	0.000	0.000	0.00035	0.00033	0.00035
	7	3.000	0.000	0.000	0.00039	0.00037	0.00039
	8	3.500	0.000	0.000	0.00039	0.00037	0.00039
	9	4.000	0.000	0.000	0.00034	0.00033	0.00034
	10	4.500	0.000	0.000	0.00027	0.00025	0.00027

Рисунок 8.65: Таблица 4.30 Поверхности - деформации - по Ранкину

Столбцы таблицы *Точка сетки* и *Координаты точки сетки* соответствуют предыдущей таблице результатов 4.28 *Поверхности - деформации - по фон Мизесу*.

С подходом по Ранкину предполагается, что сбой вызван максимальным главным напряжением (см. раздел 8.23, страница 351).

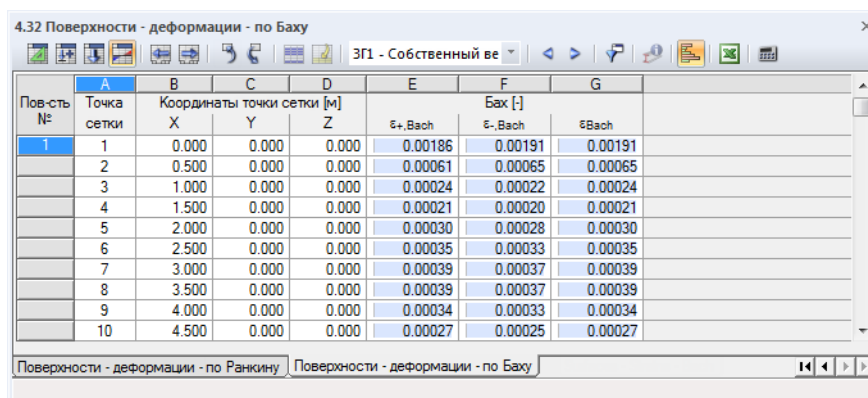
Деформации по Ранкину определяются следующим образом:

ε _{+,Ранкин}	<p>Эквивалентная Деформация на положительной стороне поверхности (т.е. стороне в направлении положительной оси поверхности z)</p> $\epsilon_+ = \frac{1}{2} \left(\frac{ \epsilon_{x,+} + \epsilon_{y,+} }{1-\nu} + \frac{\sqrt{(\epsilon_{x,+} - \epsilon_{y,+})^2 + \gamma_{xy,+}^2}}{1+\nu} \right)$
ε _{-,Ранкин}	<p>Эквивалентная деформация на отрицательной стороне поверхности</p> $\epsilon_- = \frac{1}{2} \left(\frac{ \epsilon_{x,-} + \epsilon_{y,-} }{1-\nu} + \frac{\sqrt{(\epsilon_{x,-} - \epsilon_{y,-})^2 + \gamma_{xy,-}^2}}{1+\nu} \right)$
ε _{Rankine}	<p>Максимальная эквивалентная Деформация на положительной или отрицательной стороне поверхности (столбцы E и F)</p>

Таблица 8.23: Деформации по Ранкину

8.31 Поверхности – относительные деформации - по Баху

Для контроля графического отображения поверхностных деформаций с гипотезой эквивалентного напряжения По БАХУ, отметьте флажок *Поверхности* в *Результаты* навигаторе, и затем выберите *Деформации* (см. Рисунок 8.62, страница 358). Таблица 4.31 показывает данные деформации в числовой форме.



Пов-сть №	Точка сетки	Координаты точки сетки [м]			Бах []		
		X	Y	Z	ε+,Bach	ε-,Bach	εBach
1	1	0.000	0.000	0.000	0.00186	0.00191	0.00191
	2	0.500	0.000	0.000	0.00061	0.00065	0.00065
	3	1.000	0.000	0.000	0.00024	0.00022	0.00024
	4	1.500	0.000	0.000	0.00021	0.00020	0.00021
	5	2.000	0.000	0.000	0.00030	0.00028	0.00030
	6	2.500	0.000	0.000	0.00035	0.00033	0.00035
	7	3.000	0.000	0.000	0.00039	0.00037	0.00039
	8	3.500	0.000	0.000	0.00039	0.00037	0.00039
	9	4.000	0.000	0.000	0.00034	0.00033	0.00034
	10	4.500	0.000	0.000	0.00027	0.00025	0.00027

Рисунок 8.66: Таблица 4.31 Поверхности - деформации - по Баху

Столбцы таблицы *Точка сетки* и *Координаты точки сетки* соответствуют предыдущей таблице результатов 4.28 *Поверхности - деформации - по фон Мизесу*.

С подходом по БАХУ предполагается, что сбой вызван максимальным напряжением сдвига (см. раздел 8.24, страница 352).

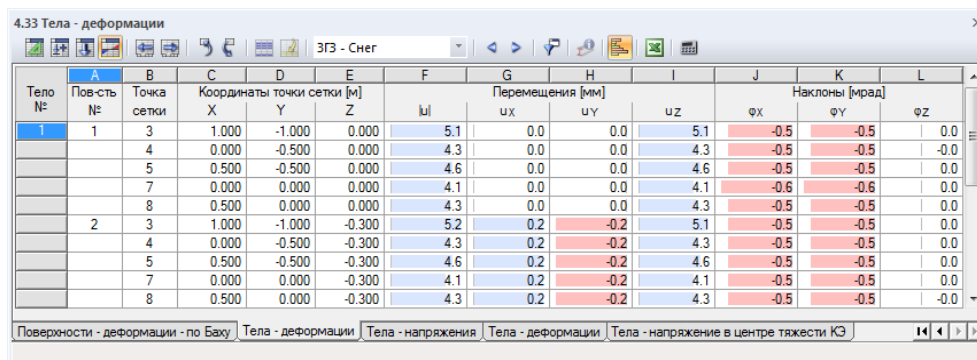
Деформации по БАХУ определяются следующим образом:

$\epsilon_{+,Bach}$	Максимальная абсолютная величина главной деформации ϵ_{1+} или ϵ_{2+} она положительный стороне поверхности (см. раздел 8.26, страница 356).
$\epsilon_{-,Bach}$	Максимальная абсолютная величина главной деформации ϵ_{1-} или ϵ_{2-} на отрицательный стороне поверхности (т.е. на стороне в обратном направлении положительной оси поверхности z)
ϵ_{Bach}	Максимальная эквивалентная Деформация на положительной или отрицательной стороне поверхности (столбцы E и F)

Таблица 8.24: Деформации по БАХУ

8.32 Тела - деформации

Для проверки графического отображения деформаций тел, отметьте флажок *Общие Деформации* в *Результаты* навигаторе, (см. Рисунок 8.36, страница 331). Таблица 4.32 показывает деформации граничных поверхностей тел в числовой форме.



Тело №	Пов-сть №	Точка сетки	Координаты точки сетки [м]			Перемещения [мм]				Наклоны [град]		
			X	Y	Z	u	ux	uy	uz	φx	φy	φz
1	1	3	1.000	-1.000	0.000	5.1	0.0	0.0	5.1	-0.5	-0.5	0.0
		4	0.000	-0.500	0.000	4.3	0.0	0.0	4.3	-0.5	-0.5	-0.0
		5	0.500	-0.500	0.000	4.6	0.0	0.0	4.6	-0.5	-0.5	0.0
		7	0.000	0.000	0.000	4.1	0.0	0.0	4.1	-0.6	-0.6	0.0
2	3	8	0.500	0.000	0.000	4.3	0.0	0.0	4.3	-0.5	-0.5	0.0
		3	1.000	-1.000	-0.300	5.2	0.2	-0.2	5.1	-0.5	-0.5	0.0
		4	0.000	-0.500	-0.300	4.3	0.2	-0.2	4.3	-0.5	-0.5	0.0
		5	0.500	-0.500	-0.300	4.6	0.2	-0.2	4.6	-0.5	-0.5	0.0
	7	0.000	0.000	-0.300	4.1	0.2	-0.2	4.1	-0.5	-0.5	0.0	
		8	0.500	0.000	-0.300	4.3	0.2	-0.2	4.3	-0.5	-0.5	-0.0

Рисунок 8.67: Таблица 4.32 Тела - деформации

Таблица показывает перемещения и Вращения для точек сетки отдельных граничных поверхностей. Деформации внутри сплошного тела не показаны.

Точка сетки

Номера точек сетки перечислены по поверхностям. Дополнительную информацию по точкам сетки найдете в разделе 8.12 на странице 329.

Координаты точки сетки

Столбцы таблицы от С до Е показывают координаты точек сетки в глобальной системе координат XYZ.

Смещения / Вращение

Деформации имеют следующие значения:

u	Абсолютное общее смещение (не для расчётных сочетаний)
ux	Смещение сплошного в направлении глобальной оси X
uy	Смещение сплошного в направлении глобальной оси Y
uz	Смещение сплошного в направлении глобальной оси Z
φx	Вращение сплошного тела вокруг глобальной оси X
φy	Вращение сплошного тела вокруг глобальной оси Y
φz	Вращение сплошного тела вокруг глобальной оси Z

Таблица 8.25: Деформации сплошного тела

8.33 Тела - напряжения

Для проверки графического отображения напряжений твердого тела, отметьте флажок *Твёрдое тело* в *Результаты* навигаторе. Таблица 4.33 показывает данные напряжения сплошного тела в числовой форме.



Результаты, приведенные в таблице, относятся к точкам сетки граничных поверхностей. Это означает, что таблица не перечисляет доступные внутри сплошного тела какие-либо напряжения. Тем не менее, напряжения в пределах тела, можно представить в графическом виде в интериере точек сетки КЭ: В *Результаты* навигаторе, отметьте флажок *Величины на поверхностях*, и затем выберите *Параметры* и в *точках сетки КЭ*. Для отображения значений в частности, используйте плоскость отсечения (см. раздел 9.9.2, страница 405).

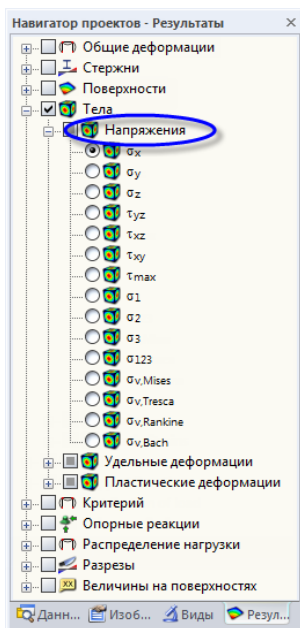


Рисунок 8.68: Результаты навигатор: Сплошные тела → Напряжения

Тело №	Пов-сть №	Точка сетки	Координаты точки сетки [м]			Основные напряжения [кН/см ²]			Касательные напряжения [кН/см ²]			Главные напряжения [кН/см ²]			
			X	Y	Z	σ_x	σ_y	σ_z	τ_{yz}	τ_{xz}	τ_{xy}	σ_1	σ_2	σ_3	
1	1	3	1.000	-1.000	0.000	-28.63	-28.63	-76.40	39.18	-39.18	35.34	66.32	6.72	-14.44	-125.93
		4	0.000	-0.500	0.000	9.70	-3.39	9.14	11.76	-0.01	-8.56	32.60	36.62	7.42	-28.59
		5	0.500	-0.500	0.000	10.62	10.62	-10.54	-2.13	2.13	-5.58	18.28	20.48	6.32	-16.09
		7	0.000	0.000	0.000	-38.62	-38.62	-88.14	-47.47	47.47	42.66	77.98	4.04	-17.48	-151.93
		8	0.500	0.000	0.000	-3.39	9.70	9.14	0.01	-11.76	-8.56	32.60	36.62	7.42	-28.59
2	3	3	1.000	-1.000	-0.300	-58.00	-58.00	-88.41	54.50	-54.50	31.76	77.07	-12.01	-26.24	-166.16
		4	0.000	-0.500	-0.300	-20.44	-15.34	0.53	7.94	3.81	-0.76	31.82	21.93	-15.45	-41.72
		5	0.500	-0.500	-0.300	-23.28	-23.28	-24.40	-1.67	1.67	5.25	10.17	-13.19	-24.24	-33.53
		7	0.000	0.000	-0.300	-43.33	-43.33	-90.06	-41.77	41.77	11.45	61.66	-10.76	-31.88	-134.08

Рисунок 8.69: Таблица 4.33 Тела - напряжения

В таблице приведены напряжения тел, упорядоченные по поверхностям. Результаты приведены в списке по отношению к точкам сетки каждой поверхности.

Точка сетки

Номера точек сетки перечислены по поверхностям. Дополнительную информацию по точкам сетки найдете в разделе 8.12 на странице 329.

Координаты точки сетки

Столбцы таблицы от С до Е показывают координаты точек сетки в глобальной системе координат XYZ.

Основные напряжения / напряжения сдвига / главные напряжения

В отличие от поверхностных напряжений, сплошные напряжения не могут быть описаны с помощью простых уравнений. *Основные напряжения* σ_x , σ_y и σ_z как и *Касательные напряжения* τ_{xy} , τ_{yz} и τ_{xz} определяются непосредственно в ядре расчёта.

Если куб с ребром длиной d_x , d_y и d_z вырезан из 3D объекта с многоосной нагрузкой, напряжения в каждой кубической поверхности можно разделить на нормальные и касательные напряжения. Если ни пространственные силы, ни разницы напряжений на параллельных поверхностях не считаются, состояние напряжения в локальной системе координат куба может быть описано девятью компонентами напряжения.

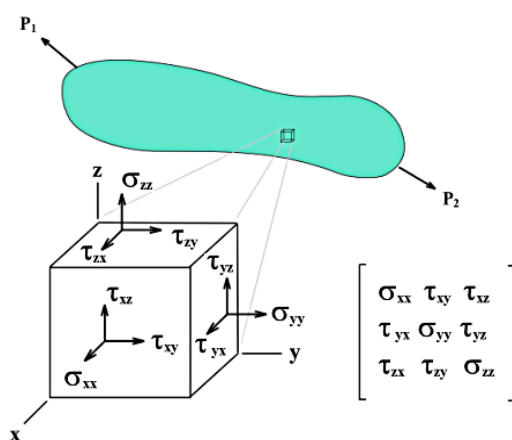


Рисунок 8.70: Сплошные элемент с компонентами напряжения

Матрица тензора напряжений состоит в следующем:

$$S = \begin{bmatrix} \sigma_x & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{yx} & \sigma_y & \tau_{yz} \\ \tau_{zx} & \tau_{zy} & \sigma_z \end{bmatrix}$$

Формула 8.4: Матрица тензора напряжений

Главные деформации σ_1 , σ_2 и σ_3 вытекают из собственных значений тензора в соответствии со следующей формулой:

$$\det(S - \sigma E) = 0$$

с E: 3x3 единичная матрица

Формула 8.5: Главные напряжения

Максимальное *Касательное напряжение* τ_{\max} определяется в соответствии с кругом Мора:

$$\tau_{\max} = \frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_3)$$

Формула 8.6: Максимальное касательное напряжение

Траектории главных напряжений можно представить в графическом виде, выбрав в навигаторе запись σ_{123} .

Эквивалентные напряжения

Эквивалентное напряжение σ_{eqv} По фон МИЗЕСУ можно выразить следующими гомологичными уравнениями:

$$\sigma_{v,\text{Mises}} = \sqrt{\frac{1}{2} \cdot [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2]}$$

Формула 8.7: Эквивалентное напряжение главных осей По фон МИЗЕСУ

$$\sigma_{v,\text{Mises}} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2 - \sigma_x \sigma_y - \sigma_x \sigma_z - \sigma_y \sigma_z + 3 \cdot (\tau_{xy}^2 + \tau_{xz}^2 + \tau_{yz}^2)}$$

Формула 8.8: Эквивалентное напряжение от основных осей По фон МИЗЕСУ

Для определения эквивалентного напряжения σ_{eqv} по ТРЕСКЕ, программа RFEM анализирует отличия от главных напряжений, чтобы определить максимальное от них значение.

$$\sigma_{v,\text{Tresca}} = \max(|\sigma_1 - \sigma_2|, |\sigma_2 - \sigma_3|, |\sigma_3 - \sigma_1|)$$

Формула 8.9: Определение эквивалентного напряжения По ТРЕСКЕ

Эквивалентное напряжение σ_{eqv} По РАНКИНУ определяется из максимальных абсолютных значений главных напряжений.

$$\sigma_{v,\text{Rankine}} = \max(|\sigma_1|, |\sigma_2|, |\sigma_3|)$$

Формула 8.10: Определение эквивалентного напряжения По РАНКИНУ

Для определения эквивалентного напряжения σ_{eqv} По БАХУ, программа RFEM анализирует отличия главных напряжений, учитывая коэффициент Пуассона, чтобы определить максимальное от них значение.

$$\sigma_{v,\text{Bach}} = \max[|\sigma_1 - \nu \cdot (\sigma_2 + \sigma_3)|, |\sigma_2 - \nu \cdot (\sigma_3 + \sigma_1)|, |\sigma_3 - \nu \cdot (\sigma_1 + \sigma_2)|]$$

Формула 8.11: Определение эквивалентного напряжения По БАХУ

8.34 Тела – относительные деформации

Для проверки графического отображения деформаций тел, отметьте флажок *Тела* в *Результаты* навигаторе, и затем выберите *Деформации*. Таблица 4.34 показывает данные деформации в числовой форме.

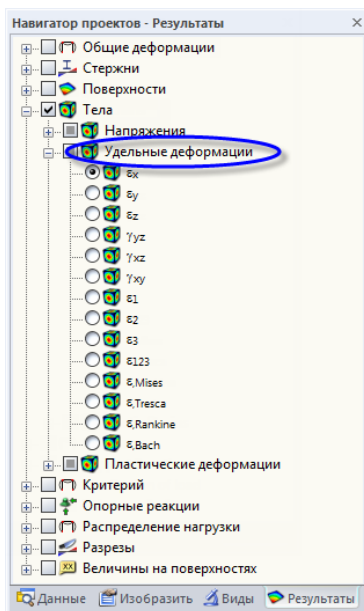


Рисунок 8.71: Результаты навигатор: Тела → Деформация

Тело №	Пов-сть №	Точка сетки	Координаты точки сетки [м]			Тела - деформации [-]								
			X	Y	Z	ϵ_x	ϵ_y	ϵ_z	γ_{yz}	γ_{xz}	γ_{xy}	ϵ_1	ϵ_2	ϵ_3
1	1	3	1.000	-1.000	0.000	-0.00022	-0.00022	-0.00196	0.00286	-0.00286	0.00258	0.00107	0.00030	-0.00377
		4	0.000	-0.500	0.000	0.00026	-0.00022	0.00024	0.00086	-0.00000	-0.00062	0.00124	0.00018	-0.00114
		5	0.500	-0.500	0.000	0.00032	0.00032	-0.00045	-0.00016	0.00016	-0.00041	0.00068	0.00016	-0.00065
		7	0.000	0.000	0.000	-0.00039	-0.00039	-0.00219	-0.00347	0.00347	0.00311	0.00117	0.00039	-0.00452
2	3	8	0.500	0.000	0.000	-0.00022	0.00026	0.00024	0.00000	-0.00086	-0.00062	0.00124	0.00018	-0.00114
		3	1.000	-1.000	-0.300	-0.00085	-0.00085	-0.00196	0.00398	-0.00398	0.00232	0.00083	0.00031	-0.00480
		4	0.000	-0.500	-0.300	-0.00053	-0.00034	0.00024	0.00058	0.00028	-0.00006	0.00102	-0.00035	-0.00130
		5	0.500	-0.500	-0.300	-0.00041	-0.00041	-0.00045	-0.00012	0.00012	0.00038	-0.00004	-0.00045	-0.00078
		7	0.000	0.000	-0.300	-0.00049	-0.00049	-0.00219	-0.00305	0.00305	0.00084	0.00070	-0.00007	-0.00380

Рисунок 8.72: Таблица 4.34 Тела - деформации

В таблице приведены деформации, упорядоченные по поверхностям. Результаты приведены в списке по отношению к точкам сетки каждой поверхности, охватывающей тело.

Столбцы таблицы *Точка сетки* и *Координаты точки сетки* соответствуют столбцам предыдущей таблицы результатов 4.33 *Тела - напряжения*.

Тела – относительные деформации

Деформации непосредственно определяются с помощью анализа на основе собственных значений матрицы деформации. Потом модель анализируется в соответствии с линейно статическим анализом или анализом второго порядка анализа, линейный расчёт выполняется. Для расчёта в соответствии с анализом больших деформаций, напряжения определяются с помощью логарифмического подхода.

Эквивалентные деформации определяются в соответствии с четырьмя гипотезами напряжения следующим образом:

ϵ_{Mises}	$\epsilon_{\text{Mises}} = \frac{1}{1+\nu} \sqrt{\epsilon_x^2 + \epsilon_y^2 + \epsilon_z^2 - \epsilon_x \epsilon_y - \epsilon_y \epsilon_z - \epsilon_z \epsilon_x + \frac{3}{4}(\gamma_{xy}^2 + \gamma_{yz}^2 + \gamma_{xz}^2)}$
$\epsilon_{\text{По Треске}}$	Максимум разницы собственных значений в соответствии с матрицей R (см. Формула 8.12) $\epsilon_{\text{Tresca}} = \max(R_1 - R_2 , R_2 - R_3 , R_3 - R_1)$
$\epsilon_{\text{Rankine}}$	Максимальные собственные значения в соответствии с матрицей R $\epsilon_{\text{Rankine}} = \max(R_1 , R_2 , R_3)$
ϵ_{Bach}	Максимум разницы собственных значений с учетом коэффициента Пуассона ν в соответствии с матрицей R $\epsilon_{\text{Bach}} = \max[R_1 - \nu \cdot (R_2 + R_3) , R_2 - \nu \cdot (R_3 + R_1) , R_3 - \nu \cdot (R_1 + R_2)]$

Таблица 8.26: Эквивалентные деформации

$$R = \frac{1}{1+\nu} \cdot \begin{bmatrix} (1-\nu) \cdot \epsilon_x + \nu \cdot (\epsilon_y + \epsilon_z) & \frac{\gamma_{xy}}{2} & \frac{\gamma_{xz}}{2} \\ \frac{\gamma_{xy}}{2} & (1-\nu) \cdot \epsilon_y + \nu \cdot (\epsilon_x + \epsilon_z) & \frac{\gamma_{yz}}{2} \\ \frac{\gamma_{xz}}{2} & \frac{\gamma_{yz}}{2} & (1-\nu) \cdot \epsilon_z + \nu \cdot (\epsilon_x + \epsilon_y) \end{bmatrix}$$

Формула 8.12: Матрица R

8.35 Тела - давление газа

Для проверки графического отображения давления газа, отметьте флажок *Тела* в *Результаты* навигаторе, и затем выберите *Напряжения* и *Давление P*. Таблица 4.35 показывает давление газа тел в числовой форме.

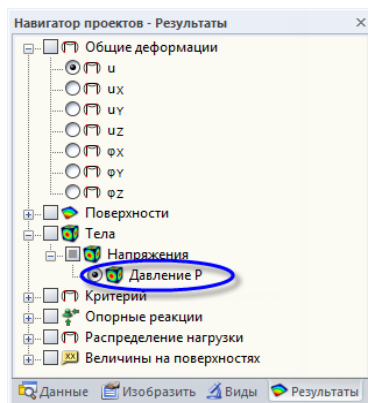
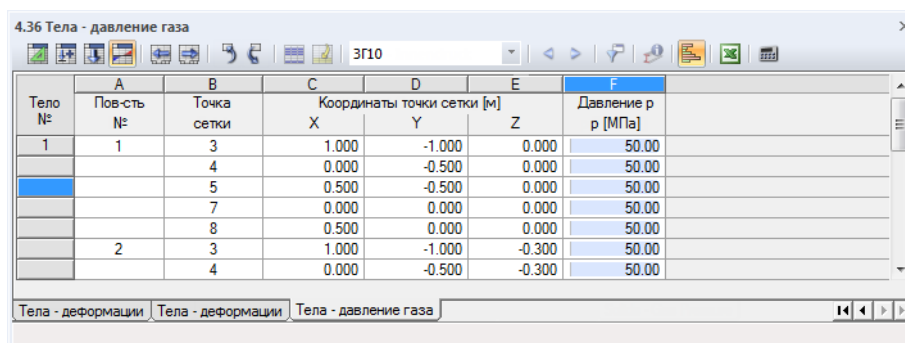


Рисунок 8.73: Результаты навигатор: Тела → Напряжения → Давление P



Тело №	Пов-сть №	Точка сетки	Координаты точки сетки [м]			Давление p р [МПа]
			X	Y	Z	
1	1	3	1.000	-1.000	0.000	50.00
		4	0.000	-0.500	0.000	50.00
		5	0.500	-0.500	0.000	50.00
		7	0.000	0.000	0.000	50.00
		8	0.500	0.000	0.000	50.00
		3	1.000	-1.000	-0.300	50.00
2	4	4	0.000	-0.500	-0.300	50.00

Рисунок 8.74: Таблица 4.35 Тела - давление газа

В таблице показано распределение давления, упорядоченное по поверхностям. Результаты приведены в списке по отношению к точкам сетки каждой поверхности, охватывающей тело.

Столбцы таблицы *Точка сетки* и *Координаты точки сетки* соответствуют столбцам таблицы результатов 4.33 *Тела - напряжения*.

Давление газа p

Давление газа представляет собой особый тип стресса для сплошных веществ типа "газ" (см. раздел 4.5, страница 94). Он определяется с помощью функции состояния объема V и температуры T в соответствии со следующим условием:

$$p \cdot \frac{V}{T} = \text{const}$$

где T в [K] относится к абсолютной нулевой точке

Формула 8.13: Уравнение состояния для газов

9. Оценка результатов

9.1 Существующие результаты

Чтобы открыть диалоговое окно, в котором отображаются доступные результаты, выберите **Существующие результаты** в меню **Результаты**.

Появится диалоговое окно с видом всех рассчитанных загрузок и сочетаний нагрузок.

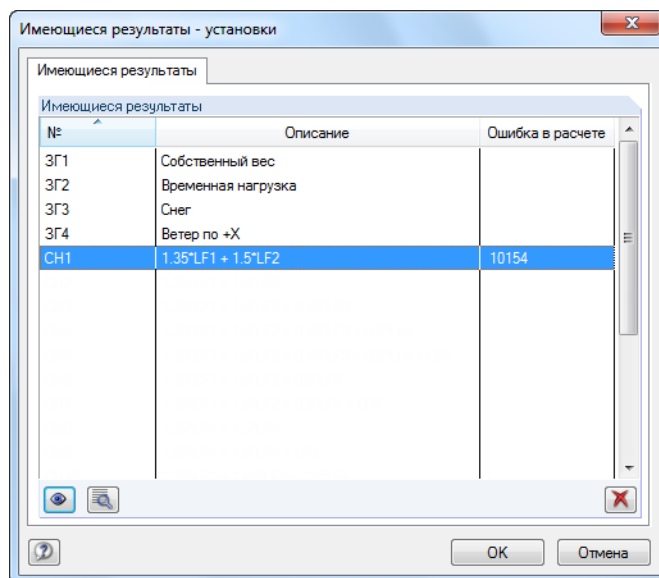


Рисунок 9.1: Диалоговое окно *Имеющиеся результаты - настройки*



В отображаемом списке представлена информация о рассчитанных загрузках, сочетаниях нагрузок и расчётных сочетаниях. В колонке *Ошибки расчёта*, указываются причины возможных остановок процесса расчёта. Для просмотра информации об ошибках, выберите соответствующее загрузку, и нажмите на кнопку [Подробности к ошибкам расчёта].



Для отображения конкретного результата в графическом виде, выберите его в диалоговом окне и нажмите на кнопку [Отобразить выбранные результаты] или дважды щелкните на соответствующий результат. Пользователь может удалить результаты результаты, которые не требуются, с помощью кнопки [X].



Кроме того, результаты определенного загрузку, соответственно сочетания нагрузок или расчётные сочетания можно отобразить путем настройки соответствующего загрузку в списке на панели инструментов в верхней части экрана или на панели инструментов в окне с таблицами результатов. Если включена функция синхронизации выбора, то отображение в графическом виде и таблицы будут автоматически обновляться. (см. раздел 11.5.4, страница 526).

ЗГ3 - Снег

9.2 Выбор результатов



Навигатор *Результаты* используется для выбора отображения деформаций, внутренних сил, напряжений, деформаций или опорных реакций. Также можно отобразить разрезы и области сечений.

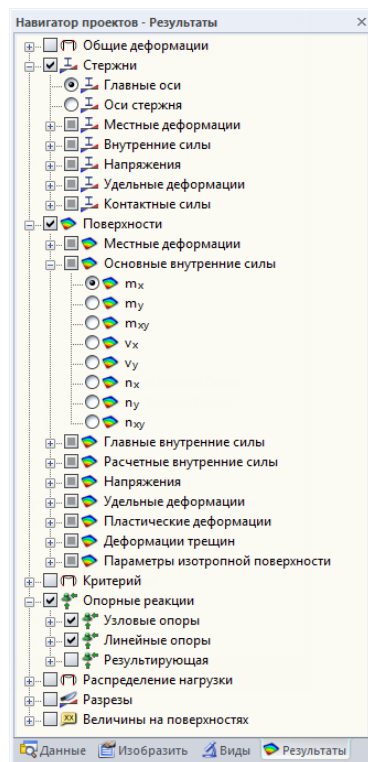


Рисунок 9.2: навигатор *Результаты*

Также можно выбрать результаты для отображения с помощью группы кнопок *Результаты* на панели инструментов.



Рисунок 9.3: Кнопки *Результаты* на панели инструментов



Кнопка [Изобразить результаты] служит для включения или выключения отображения результатов в графическом виде, кнопка справа [Отобразить результаты со значениями] используется для отображения результатов в графическом виде с числовыми значениями.

Для отображения результатов расчётных сочетаний (PC) в навигаторе *Результаты* имеется дополнительный пункт *Расчётные сочетания*.

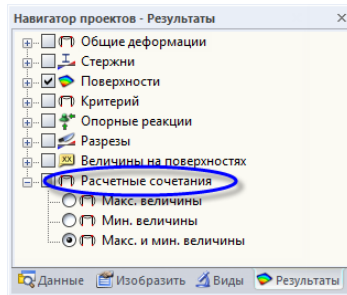


Рисунок 9.4: навигатор *Результаты* в случае расчётного сочетания

Пункт *Расчетные сочетания* включает в себя три варианта для отображения деформаций, внутренних сил и опорных реакций. Отдельно можно отобразить *максимальные* и *Минимальные величины*. Функция *Максимальные и минимальные величины* служит для одновременного отображения обеих оболочек всех предельных значений в модели.

9.3 Отображение результатов

Способ отображения результатов устанавливается в навигаторе *Отобразить*.

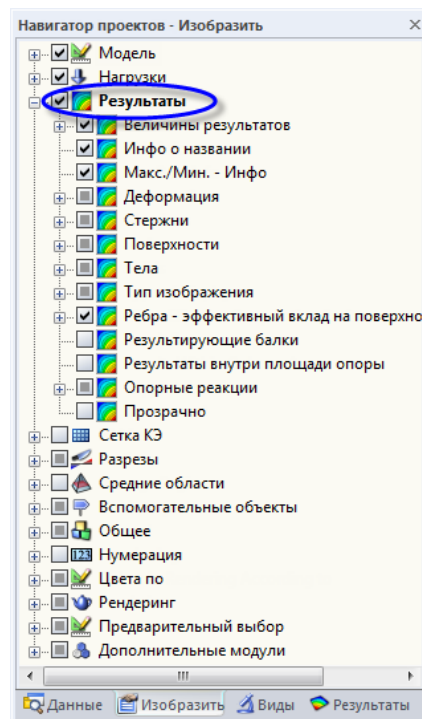


Рисунок 9.5: навигатор *Отобразить: Результаты*



В навигаторе *Результаты* устанавливается какие результаты будут отображены. В навигаторе *Отобразить* определяется способ отображения результатов.

9.3.1 Результаты на стержнях

По умолчанию внутренние силы на стержнях отображаются в *двух цветах*. Положительные внутренние силы отображены голубыми линиями, а отрицательные внутренние силы - красными линиями. Деформации отображены по умолчанию как *одноцветные* линии.

Значение в графе *Количество дроблений стержня для диаграммы результатов* в диалоге *Параметры расчёта* во вкладке *Общие параметры расчёта* (см. Рисунок 7.22, страница 293) влияет на отображение результатов на стержне в графическом виде. Если в данной графе установлено значение дробления *10*, то программа RFEM разделит длину самого длинного стержня в модели конструкции на 10. После этого на основании резульативной длины в каждом стержне будут определены промежуточные точки, в которых будет в графическом виде отображена диаграмма результатов.



Если внутренние силы требуется отобразить многоцветно, то в графическом окне результатам будет соответствовать света по шкале цветов из главной панели управления. используя либо опцию отображения *С диаграммой* или *Без диаграммы*, цвета для в графическом видех результатов присваиваются в соответствии с спектром, показанным на панели управления. Руководство для регулирования данной цветовой шкалы находится в разделе 3.4.6 на странице 32.

Внутренние силы можно отобразить также и по *сечениям*. Появляется фотореалистичное представление стержней, в котором диаграммы внутренних сил на визуализируемых стержнях отражены в цвете.

Аналогично можно отобразить и деформации *сечений* (3D-визуализация формы деформации) или стандартно, или многоцветно после потметки пункта *Сечения в цвете* (визуализация в цвете формы деформации).

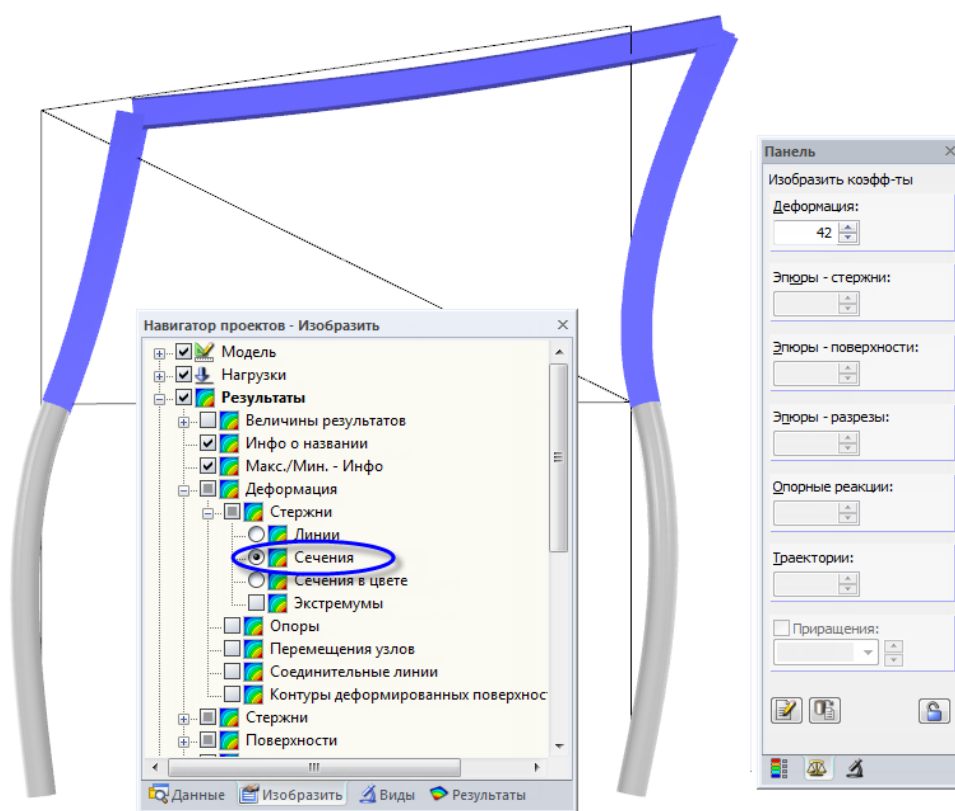


Рисунок 9.6: Масштабированная визуализация деформации стержня в 3D-визуализации

9.3.2 Результаты на поверхностях и телах

Результаты на поверхностях и на телах отображаются по умолчанию как *Изоповерхности*. Назначение цвета осуществляется в соответствии с цветовой шкалой на панели управления (см. раздел 3.4.6, страница 32).

Навигатор *Отобразить* предлагает различные возможности для отображения результатов на поверхностях и телах с помощью выбора *Результаты* и *Тип отображения*.

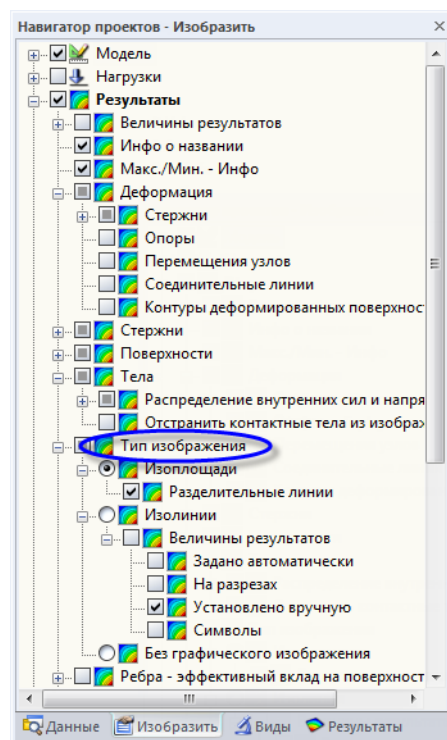


Рисунок 9.7: навигатор *Отобразить*: Результаты → Тип отображения

Результаты поверхностей и тел можно отобразить как *Изоповерхности* или *Изолинии*. Изолинии хороши для вывода на монохромный принтер.

Функция *Без графического отображения* (без диаграмм результатов в графическом виде) используется только для отображения результативных значений: изоповерхности или изолинии будут отключены и пользователь может спокойно просматривать значения в точках сетки или точках сетки КЭ. Данная настройка также подходит для печати.

Опция отображения *Разница* доступна только у напряжения. С помощью данного типа отображения можно увидеть возможные разницы напряжений в конечных элементах, что дает возможность сделать заключения относительно качества сетки КЭ: Если в соседствующих конечных элементах имеются существенные различия напряжения, то необходимо задуматься над возможностью уплотнения сетки элементов в данных местах.

Функция отображения результатов в узлах сетки элементов у сплошного тела позволяет оценивать напряжение внутри сплошного тела. Необходимым условием при этом является наличие четкой сетки КЭ. Назначение цвета узлов КЭ следует спектру на панели управления. При одновременном включении значения в точках сетки элементов в навигаторе *Результаты*, то можно непосредственно оценить напряжения в сплошном теле.

В панели управления во вкладке *Коэффициент отображения* (по середине) можно масштабировать отображаемые деформации и внутренние силы. Вкладка *Фильтр* (справа) в данной панели используется для определённого отбора стержней, поверхностей или тел,



Тела под напряжением



результаты которых требуется отобразить (см. Рисунок 9.51, страница 408). Описание данных функций находится в разделе 3.4.6 на странице 34.

Критерии для нелинейных свойств материала

Когда была выбрана материальная модель с нелинейными эффектами (см. раздел 4.3, страница 64), можно в графическом виде проверить, какие области страдают от пониженных жесткостей, например, при достижении предела текучести. Обратите внимание, что можно использовать эту опцию, только если дополнительный модуль **RF-MAT NL** лицензирован.

Опция отображения результатов *является нелинейной*, показывает часть точек Гаусса, которые были нелинейно анализируемы, по крайней мере один раз в ходе анализа. С помощью *Критерия текучести* можно, например, узнать какие области текучести возникают над опорами плиты.

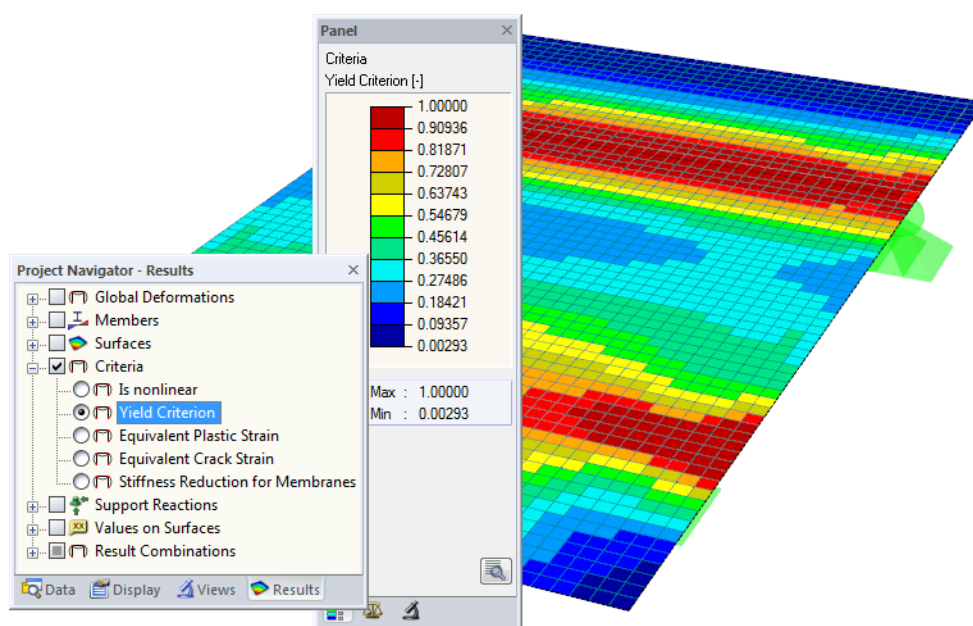


Рисунок 9.8: Критерий текучести плиты с зонами текучести

Распределение нагрузки

Отметив флажки под навигатором *Распределение нагрузки*, можно отобразить силы и моменты, полученные в Узлы сети КЭ или КЭ элементы от введенных нагрузок. Силы конечных элементов могут быть представлены по отношению к глобальной системе координат XYZ или местным осям поверхности хуz.

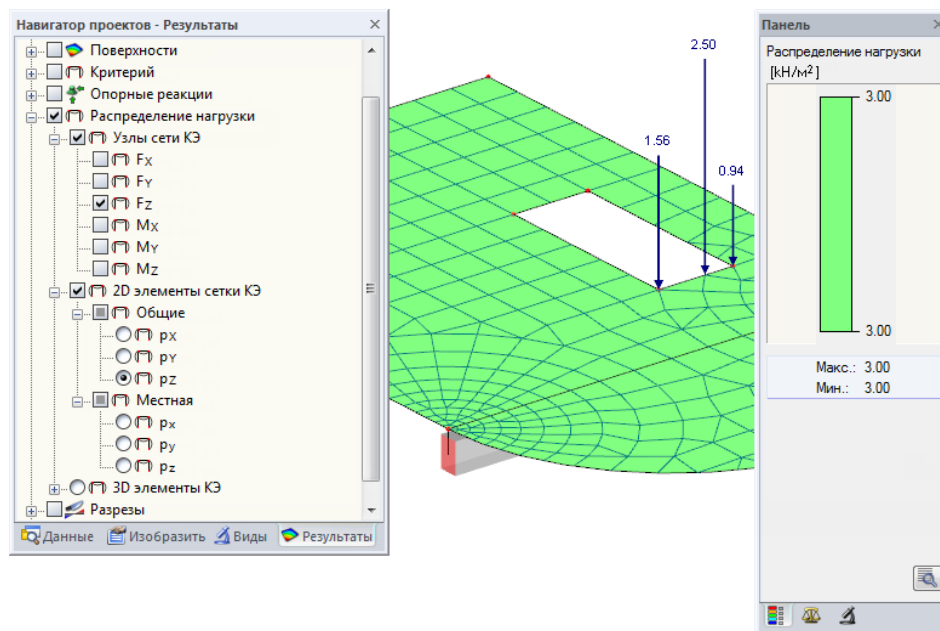


Рисунок 9.9: Распределение нагрузки с сеткой нагрузки для линейной нагрузки (F_z) и поверхностной нагрузки (p_z)

Использование сетки нагрузок позволяет проверить введенные нагрузки. Например, для свободных сосредоточенных нагрузок можно проверить, действительно ли нагрузка действует на всех поверхностях, указанных в списке *На поверхностях* (см. Рисунок 6.31, страница 253).

9.4 Отображение величин

Отображение величин управляется в *Результаты* навигаторе (см. раздел 3.4.3, страница 28).

9.4.1 Результативные величины

Навигатор категории *Величины* контролирует величины результатов, отображаемых в рабочем окне.

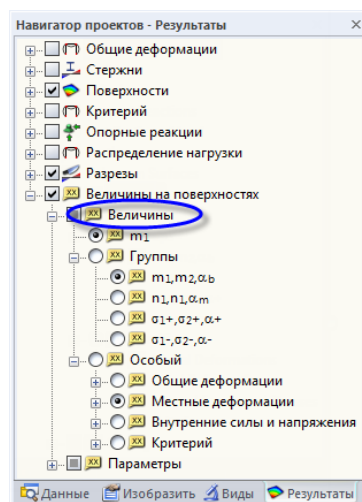


Рисунок 9.10: *Результаты* навигатор: *Величины на поверхностях* → *Величины*

Величины в графике результатов

Первый вариант ($m-1$ на рисунке выше) совмещен с типом результата, который отображается в рабочем окне. Когда включено поле выбора, программа RFEM отображает величины результатов текущей графики деформации, графики напряжения или графики внутренних сил.

Группы величин

С опции *Группы* можно показать две величины результатов для каждой точки результатов поверхности. Предусмотрены четыре группы. На следующем рисунке показана первая группа с главными моментами m_1 и m_2 . Упорядоченные значения сетки поворачиваются вокруг угла α_b .

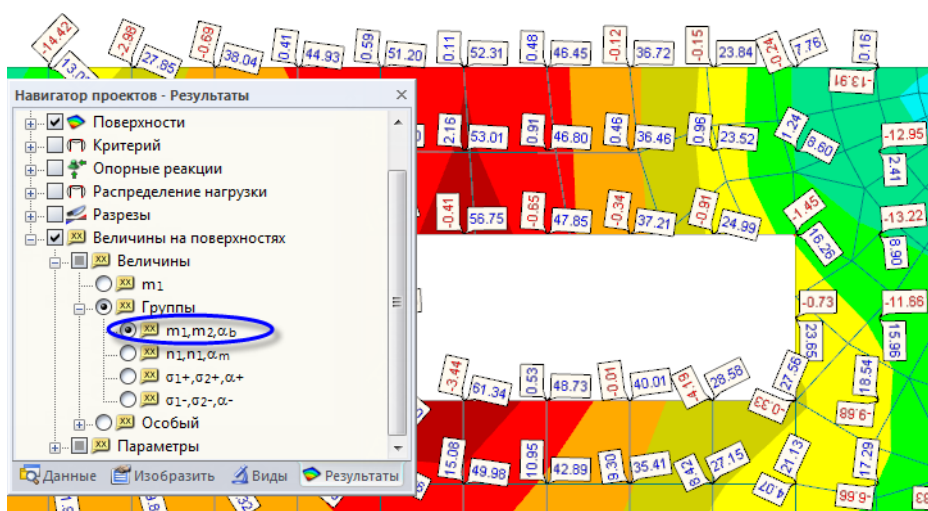
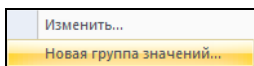


Рисунок 9.11: Группа значений главных моментов в графике



Кроме того, можно создать пользовательские группы значений: Щелкните правой кнопкой мыши на навигатор *Группы*, чтобы открыть контекстное меню, показанное слева. Выберите *Новая группа величин* чтобы открыть следующее диалоговое окно.

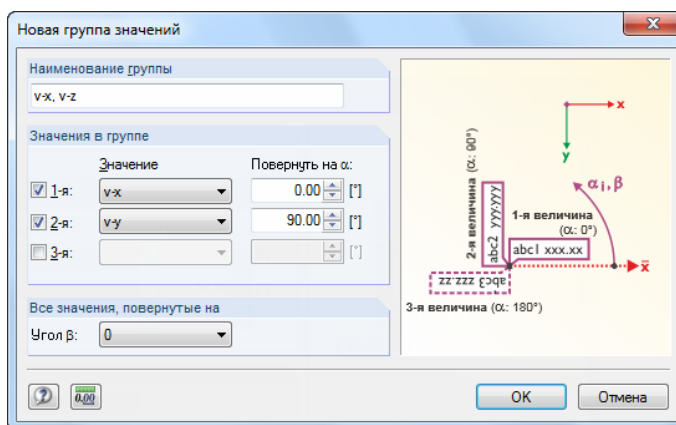
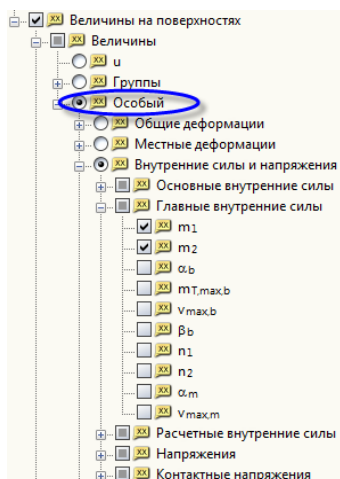


Рисунок 9.12: Диалоговое окно *Новая группа величин*

Во-первых, определите *Наименование группы*, которое появляется позже в навигаторе в качестве пункта. В разделе диалога *Величины в группе*, можно выбрать типы результатов из списка *1-я величина*, *2-я величина* и *3-я величина*. Вращение значений задается в полях *Повернуть на α* .



Особые результативные значения

Можно использовать поле выбора *Особый*, чтобы определить результативные значения (деформации, внутренние силы, напряжения, деформации), которые вы хотите отобразить, независимо от типа результата, активного в рабочем окне. Таким образом, можно отображать данные одновременно, например, представляя деформации поверхности в графическом виде и отображая значения главных внутренних сил m_1 и m_2 , как показано на рисунке слева.

9.4.2 Настройки

Параметры отображения, доступные под навигатором *Настройки*, контролируют проектные местоположения значений результатов и их представления.

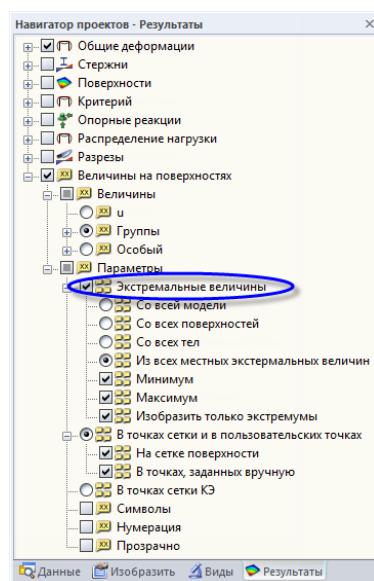


Рисунок 9.13: Результаты навигатор: Величины на поверхностях → Настройки

Экстремальные величины

Если выбрана функция *Экстремальные величины*, то отображаются только соответствующие минимумы или максимумы, в зависимости от настроек.

Точки сетки / точки сетки КЭ

В дополнение, результативные значения могут быть отображены либо *На сетке и пользовательских точках* или *В точках сетки КЭ*. Будьте осторожны с использованием последней упомянутой функции, поскольку импорт все значений КЭ требует время в случае более крупных моделей.

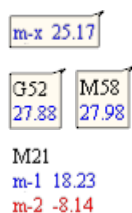
Символы / нумерация / отображение прозрачно

Последние три флажка, перечисленные в разделе *Настройки* контролируют тип и степень маркировки.

- *Символы* установленного типа результатов (u , m_x , σ_x а т.д.) также показаны.
- *Нумерация точек* сетки или *узлов КЭ* сетки ($G1$, $M1$ и т.д.) может быть отображена дополнительно.
- Значения могут быть отображены в *Прозрачном* режиме, т.е. без рамки и фона.

Для регулировки цветов и шрифтов значений результатов,

укажите на **Изобразить свойства** в меню **Функции**, и затем выберите **Редактировать**.



Откроется диалоговое окно с глобальными *Настройками отображения*. Выберите *Величины результатов* в категории *Результаты* и затем щелкните *Величины результатов по поверхностям* для спецификации ваших настроек.

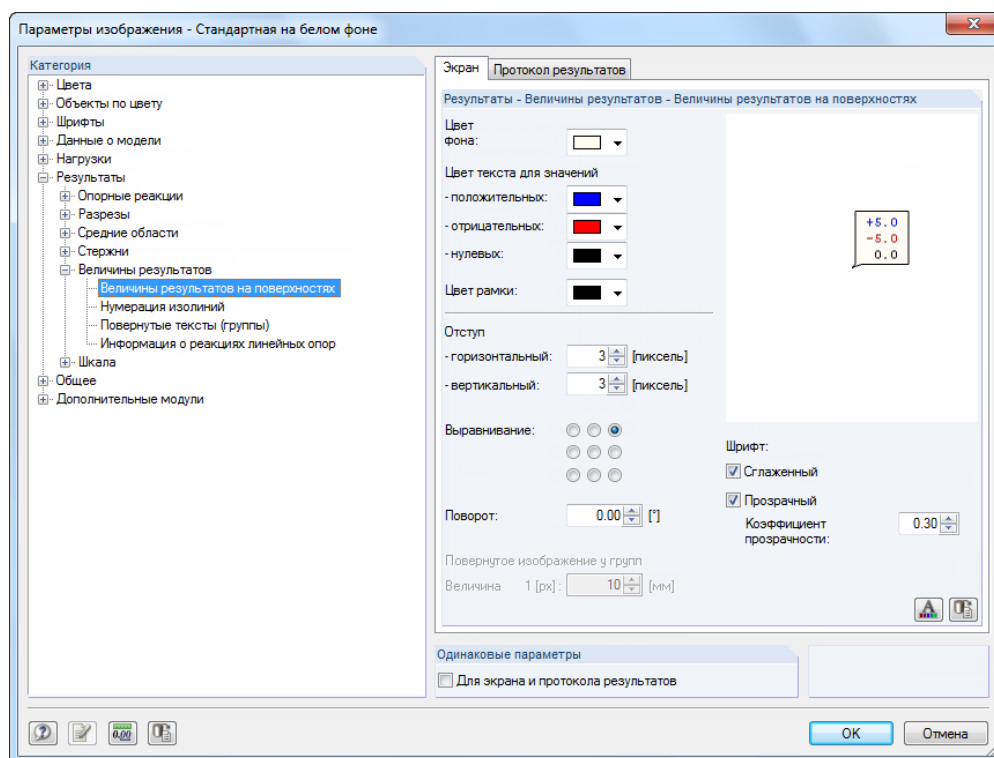


Рисунок 9.14: Диалоговое окно *Свойства отображения*: категория *Результаты* → *Величины результатов* → *Величины результатов по поверхностям*

9.4.3 Заданные пользователем величины результатов

Значения в точках сетки

Сетка точки представляют собой атрибут поверхности. Тем не менее, номера и расположение точек сетки можно регулировать во вкладке *Решетка* диалогового окна *Редактировать поверхность*. Вывод результатов в таблицах основан на сетке результатов для поверхностей. В рабочем окне, оба значения узлов KE, а также точек сетки, могут отображаться.

Дополнительную информацию по точкам сетки найдете в разделе 8.12 на странице 329.

В графическом виде значения

В рабочем окне, можно установить результативные значения на любом месте модели. Если активно отображение результатов, можно получить доступ к функции следующим образом:

Выберите **Величины результатов задать вручную** в **Результаты** меню или используйте показанную слева кнопку на панели инструментов (см. Рисунок 9.15).



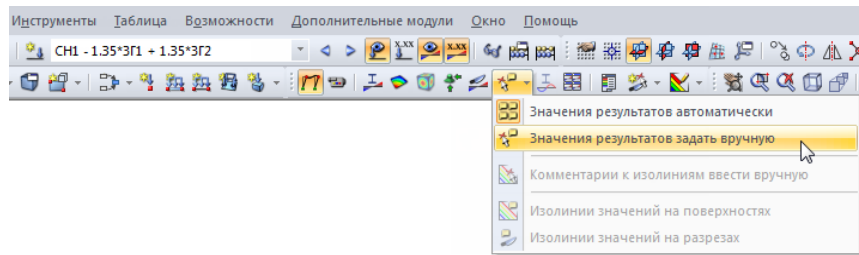


Рисунок 9.15: Функция *Величины результатов задать вручную* на *Результаты* панели инструментов

При перемещении мыши по поверхности, результирующие значения появляются на текущей позиции указателя мыши. Теперь, результирующие значения могут быть размещены с помощью щелчка мыши на соответствующие места.

Вручную размещенные значение могут быть легко удалены: Выберите значение с помощью щелчка мыши, а затем нажмите клавишу [Del] на вашей клавиатуре. Для множественного выбора удерживайте кнопку [Ctrl] нажатой или нарисуйте окно около значений, которые вы хотите выбрать.

Чтобы получить доступ к контекстное меню результирующих значений, щелкните правой кнопкой мыши на одно из значений. Меню содержит конкретные отображения и функции фильтра для графического оценки.

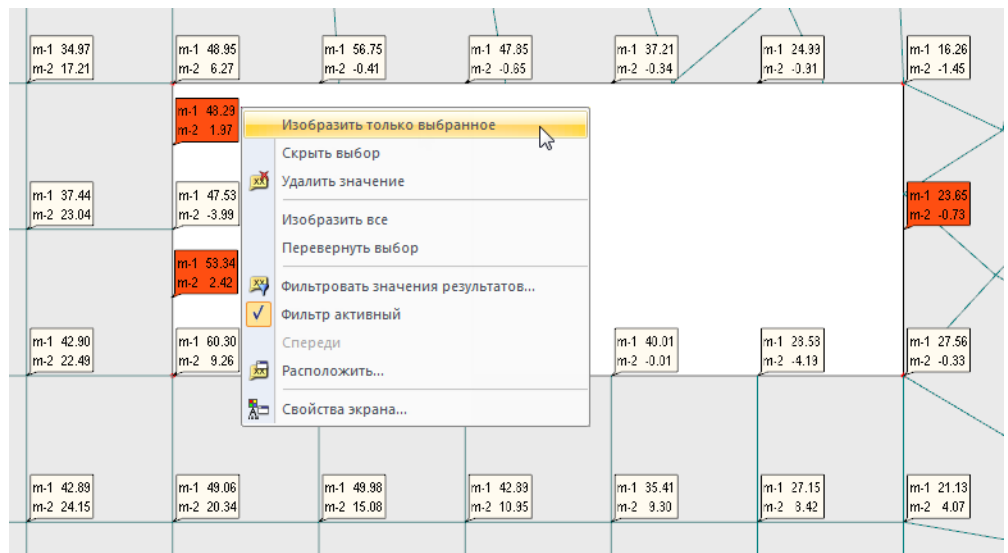


Рисунок 9.16: Контекстное меню результирующих значений



С помощью контекстного меню функции *Фильтр результирующих значений* (см. рисунок выше) можно определить точные спецификации для результирующих значений, которые будут отображаться. Чтобы открыть соответствующее диалоговое окно,

укажите на **Параметры изображения в Результаты** меню

где можно выбрать соответствующую запись. Появится следующее диалоговое окно для ввода критериев фильтрации.

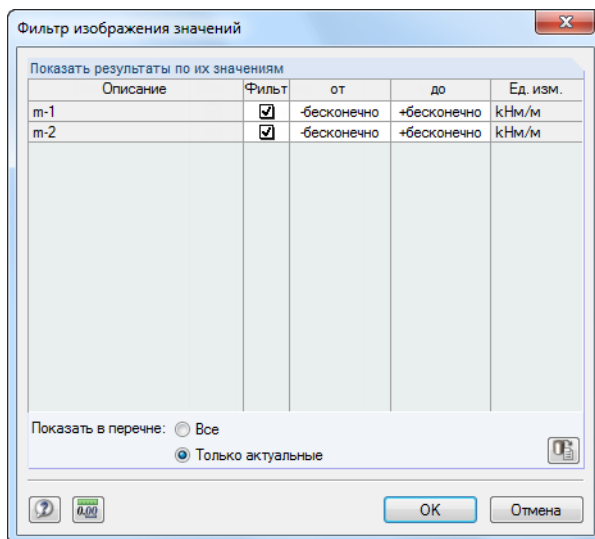


Рисунок 9.17: Диалоговое окно *Фильтр изображения величин*

В списке *Показать результаты по их величине*, можно определить пределы для резуль- тативных значений в колонках таблицы *от* и *до*. Значения, которые находятся вне этих диапазонов, не будет показываться в графике позже.

Критерий поиска для местных экстремальных величин

Для управления выводом в графическом виде экстремальных значений для поверхно- стей,

укажите на **Параметры изображения** в **Результаты** меню, и затем выберите **Ис- кать критерии для местных экстремальных величин**

или используйте контекстное меню навигатора ввода *Результаты Из всех местных экс- тремальных величин*.

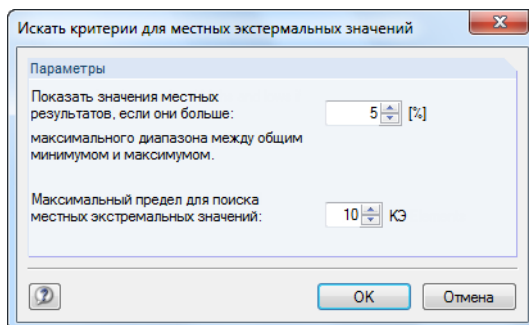


Рисунок 9.18: Диалоговое окно *Искать критерии для местных экстремальных величин*

В первом поле ввода можно указать процент, с помощью которого значение результата будет рассмотрено как местная вершина. Затем, разница глобального максимума и гло- бального минимума всех активных поверхностей умножается на указанное значение. Чем ниже порог, тем более местные экстремальные значения будут отображаться.

Во втором поле ввода, можно определить, сколько конечных элементов, созданных во- круг точки, вы хотите применить для анализа экстремальных значений. Чем выше номер, тем будет отображаться больше местных экстремальных значений.

9.4.4 Информация об объекте



Для результатов стержней и поверхностей доступна специальная функция вывода. Чтобы открыть соответствующее диалоговое окно,

выберите **Инфо О программе Объект** в **Инструменты** меню или используйте показанную слева кнопку на панели инструментов.

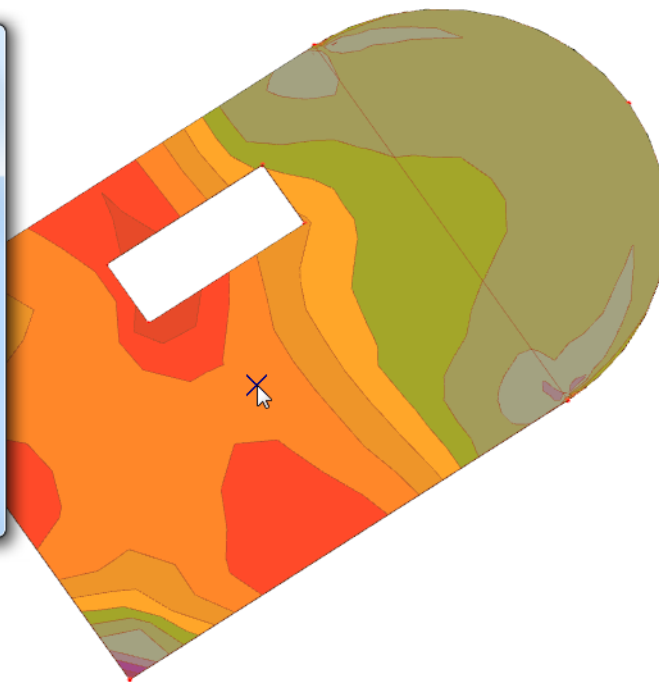
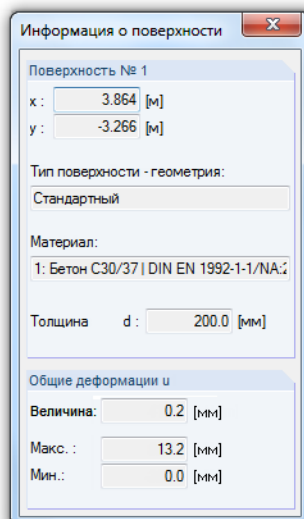
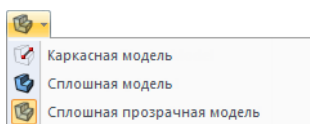


Рисунок 9.19: Диалоговое окно *Информация о поверхности*

Появится окно *Инфо*. При перемещении указателя по поверхности, стержня или тела, окно информирует вас о данных объекта (материал, толщина, сечение и т.д.), а также о значениях деформации, внутренних сил или напряжений на текущей позиции указателя.

Для оценки поверхностных результатов мы рекомендуем активировать тип представления *Тело прозрачное*.



9.5 Эпюры результатов

Диаграмма результатов позволяет увидеть распределение результата объектов в деталях:

- Разрез
- Стержень
- Блок стержней
- Линия
- Линейная опора

Сначала выберите объект(ы) в рабочем окне (множественный выбор, удерживая нажатой клавишу [Ctrl]). Затем, чтобы получить доступ к соответствующей функции, выберите **Эпюры результатов для выбранных сечений/Стержней/Блоков стержней/Линий/Линейных опор** в **Результаты** меню



или воспользуйтесь контекстным меню аналогичного объекта. Для стержней и блоков стержней, кнопка панели инструментов, показанная слева, дополнительно доступна.

Откроется новое окно, показывающее результирующие диаграммы выбранного объекта.

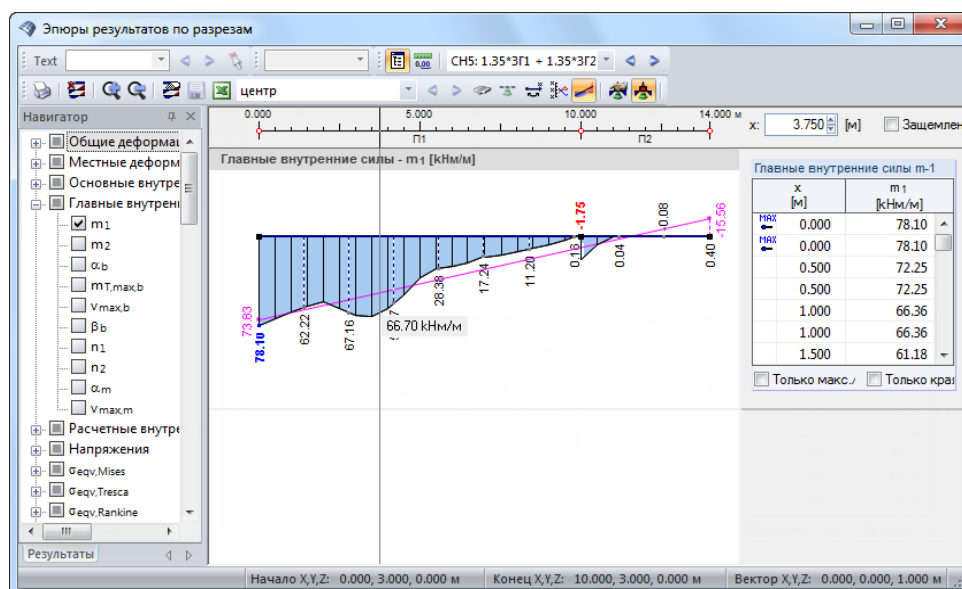


Рисунок 9.20: Диалоговое окно *Эпюры результатов по разрезам*

Результаты навигатор слева управляет Деформациями, внутренними силами, напряжениями, растяжениями или опорными реакциями, которые появляются в диаграмме результатов. Используйте список на панели инструментов, чтобы выбрать частный случай загрузки, сочетания нагрузки или расчётного сочетания.

В результирующей диаграмме для стержней, номера выбранных стержней приведены в верхнем левом углу окна. Кроме того, можно вводить номера стержней вручную в поле ввода *Стержень №*. Таким образом, можно расширить, сократить или полностью реорганизовать выбор.

При перемещении мыши на диаграмме вдоль линии или стержня, выбранного в результирующей диаграмме, можно увидеть "перемещение" результирующих значений для текущего x-разреза. Разрез x относится к началу линии или стержня и показан в правом верхнем углу окна. Кроме того, можно ввести определённый x-разрез вручную в поле ввода. Флажок *Защемленный* фиксирует указатель на указанное место.

В правой части окна, результирующие значения перечислены численно, представляя результаты в краевых узлах, а также на местах экстремальных значений и точек деления. Последние соответствуют узлам сетки КЭ или дроблениям стержня, в соответствии с тех-

ническими требованиями, установленными во вкладке *Общие расчётные параметры* диалогового окна *Параметры расчёта* (см. Рисунок 7.22, страница 293). В случае линий, разделяющих две поверхности друг от друга, окно показывает поверхностные результаты обеих сторон.

Кнопки на панели инструментов *Действия пользователя*, в частности варианты сглаживания для опорных реакций, линий или сечений, помогут вам оценить результаты для гражданского строительства.



Рисунок 9.21: Плавающая панель инструментов *Действия пользователя*

Кнопки имеют следующие значения:

Кнопка	Функция
	Печать диаграмм результатов
	Удаляет все отображаемые диаграммы с результатами
	Максимализирует диаграммы результатов
	Минимализирует диаграммы результатов
	Доступ к параметрам управления, показанные на Рисунок 9.22
	Сохраняет сглаженные диаграммы результатов
	Открывает диалоговое окно <i>Экспортировать таблицу</i> (см. Рисунок 11.126, страница 530)
	Показывает результаты стержней с или без реберных компонентов
	Включает и выключает диаграмму результатов над областью колонны
	Меняет направление x стержня
	Включает и выключает ординаты с максимальными значениями
	Включает и выключает отображение средних значений
	Открывается диалоговое окно для определения гладких диапазонов (см. Рисунок 9.36, страница 395)
	Включает и выключает отображение гладких диапазонов

Таблица 9.1: Кнопки панели инструментов *Действия пользователя*



Используйте кнопку [Настройки диаграммы результатов], чтобы открыть диалоговое окно, в котором предлагается несколько вариантов, чтобы отрегулировать окно *Диаграмма результатов*.

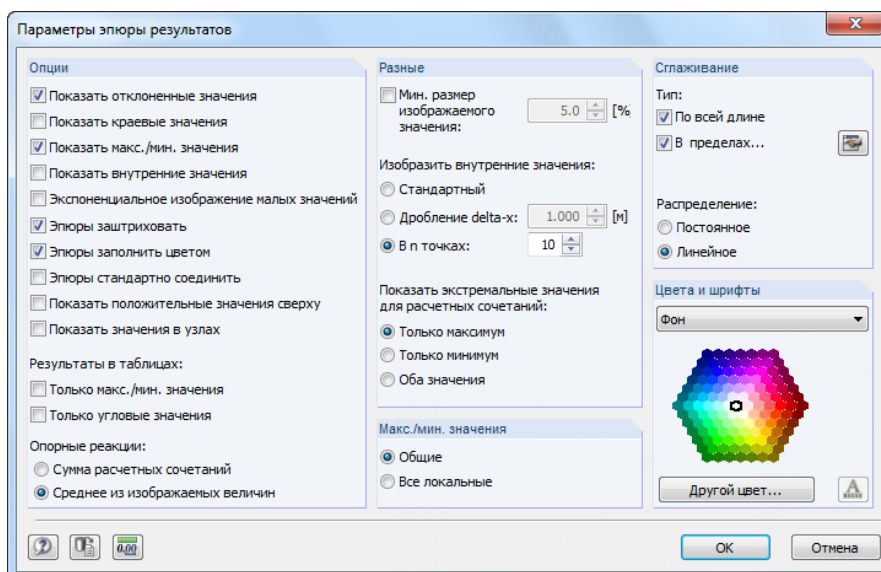


Рисунок 9.22: Диалоговое окно *Настройки эпюры результатов*

9.6 Разрезы

можно создавать пользовательские разрезы с помощью определения пластины, которая скользит по модели. С помощью разрезов, можно детально оценить результаты, которые доступны на плоских линиях, пересекающие поверхности и сплошные тела. Разрезы управляются как самостоятельные объекты во вкладках навигатора проектов.



Чтобы создать новый разрез,

выберите **Разрез** в **Вставить** меню

или воспользуйтесь аналогичным контекстным меню в навигаторе *Данные*.

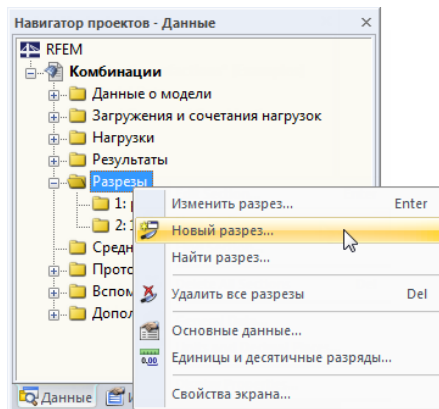
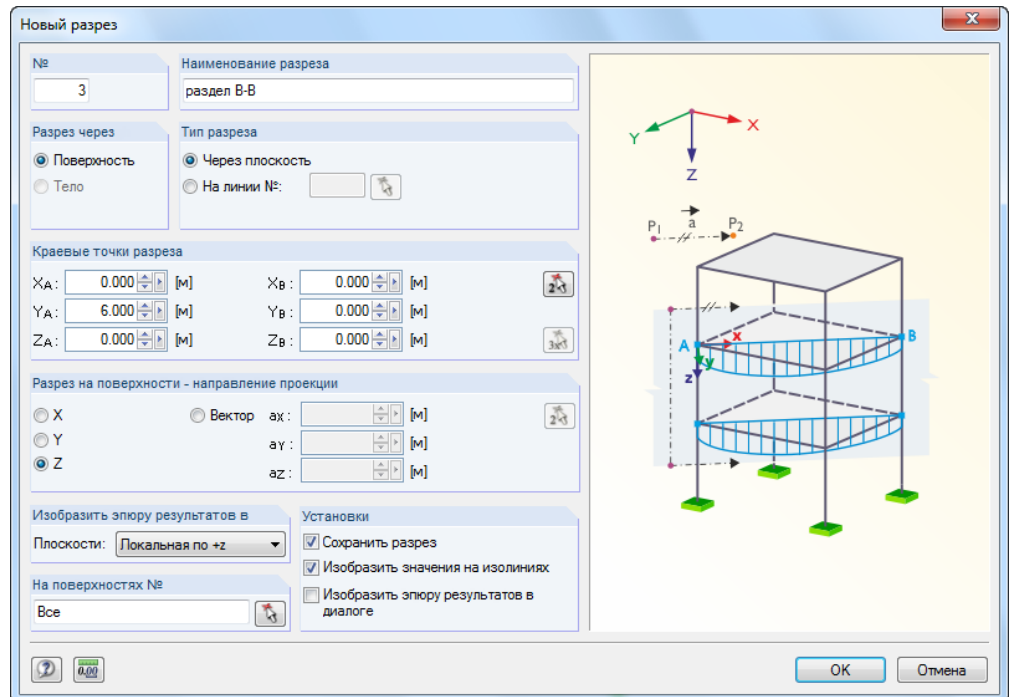


Рисунок 9.23: *Данные* навигатор: Контекстное меню *Разрезы*

Откроется диалоговое окно, в котором можно определить параметры разреза.

9.6.1 Разрез поверхности

Рисунок 9.24: Диалоговое окно *Новый разрез* для поверхности

В дополнение к номеру раздела вы должны ввести *Наименование раздела*, что гарантирует надежное назначение при оценке результатов. Все разрезы хранятся в *Разрезы* в навигаторе *Данные*, в котором их можно в дальнейшем корректировать. Ввод номера и наименования не является необходимым, если флажок *Сохранить разрез* не отмечен в настройках раздела диалога *Функции*.

При создании *Разрез через* и *Поверхность* можно видеть характерные поверхностям параметры, отображаемые в разделе диалога *Тип разреза* *Направление проекции*, а также соответствующие графики справа.



Тип разреза может быть создан как *Плоскость*, которая разрезает модель. В качестве альтернативы, можно вырезать с помощью участка вдоль любой *линии* в модели. Номер линии можно ввести вручную или определить с помощью функции [^] в рабочем окне.



Краевые точки разреза должны быть указаны с помощью глобальных координат XYZ обеих точек A и B. Можно также выбрать их в графическом виде с помощью функции [^]. Чтобы выбрать свободные точки (что означает отсутствие узлов) в рабочей плоскости, настройте текущую рабочую плоскость, где это необходимо.



Начиная с точек A и B, две прямые линии "рисуются" в направлении проекции. Если линии пересекают поверхность, содержащуюся в списке *На поверхностях номер*, диаграмма результатов будет отображаться вдоль соединительной линии обеих точек пересечения. В случае, когда несколько поверхностей разрезают плоскостью разреза, диаграммы результатов будет отображаться для каждого из этих поверхностей.



В дополнение к глобальному *Направлению проекции* в X, Y и Z, можно определить вектор. Для определения вектора, с помощью функции [^] можно выбрать две точки в рабочем окне.

В разделе диалога *Изобразить диаграмму результатов в Плоскости* определяет поверхность плоскости, в которой будет представлен разрез. Настройка влияет только на рабочее окно (см. Рисунок 9.27, страница 388), а не на диалоговое окно *Эпюра результатов* (Рисунок 9.25).



В разделе диалога *На поверхностях №* перечислены номера поверхностей, на которых отображаются линии разреза. Эта функция полезна в случае, когда плоскость разреза пересекает несколько поверхностей. Можно выбрать соответствующие поверхности также в графическом виде с помощью [^] функции.

Используйте три флажка в разделе диалога *Функции* для того, чтобы решить если диаграммы результатов будут отображаться как Диалоговое окно (Рисунок 9.25) после клика на [OK] и если вы хотите *Сохранить разрез*. Когда вы отметите флажок для *Изобразить величины на изолиниях*, изолинии будут помечены автоматически в рабочем окне.

Когда диалоговый ввод завершен, нажмите [OK]. Как правило, появляется Диалоговое окно *Этюры результатов* (см. следующий рисунок).

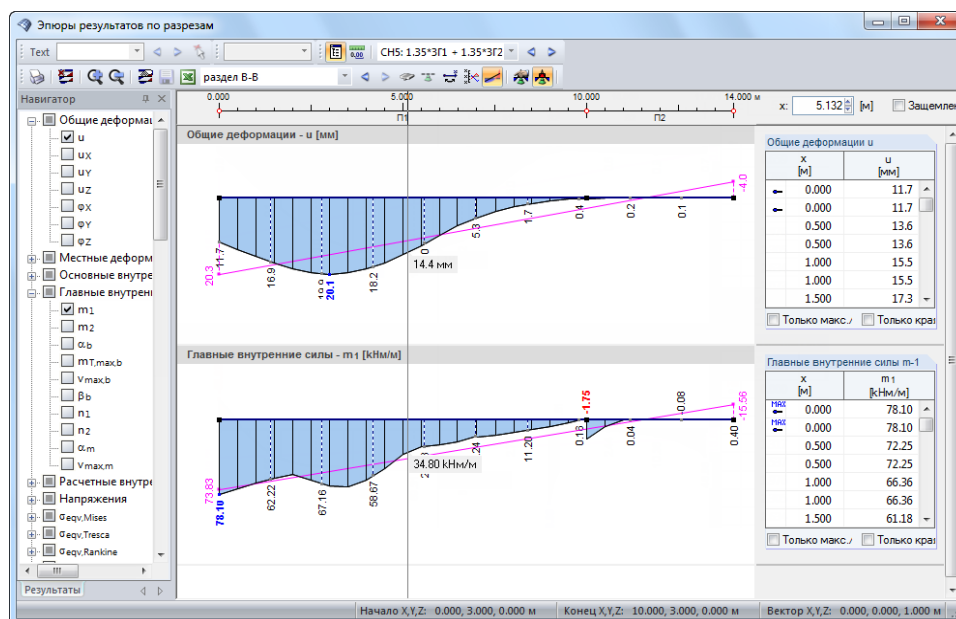


Рисунок 9.25: Диалоговое окно *Этюры результатов по разрезам*

При перемещении мыши на диаграмме вдоль разреза, можно увидеть "перемещение" результативных значений для текущего x-разреза. Разрез x относится к началу разреза A и показан в правом верхнем углу окна. Кроме того, можно ввести определённый x-разрез вручную в поле ввода. Флажок *Защемленный* фиксирует указатель на указанное место.

Используйте список на панели инструментов для переключения между отдельными разрезами.

Кнопки окна диалога *Этюры результатов* описаны в разделе 9.5 на странице 384.



С помощью кнопки, показанной слева, можно включать и выключать разрезы в рабочем окне. Можно также использовать навигатор *Результаты*, который позволяет дополнительно выбрать конкретные разрезы среди разрезов, которые были сохранены.

Навигатор *Отобразить* предлагает функции глобальных настроек для представления разрезов.

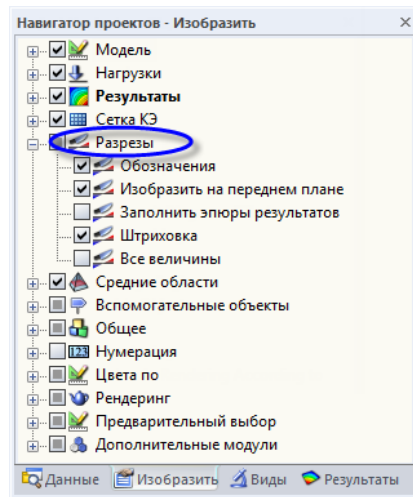


Рисунок 9.26: *Отобразить* навигатор для представления разрезов

На следующем рисунке показан разрез плоскости и изогнутой поверхности, которые обе разрезаны плоскостью разрезов. Для графического отображения, была отмечена функция *Разрезы*. *Заполнить диаграммы результатов* в навигаторе *Отобразить*.

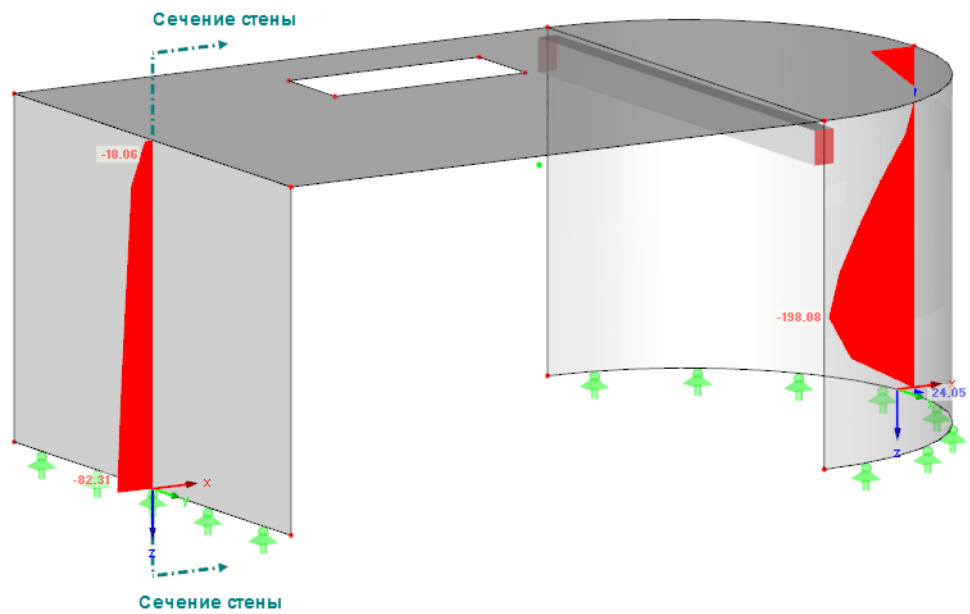
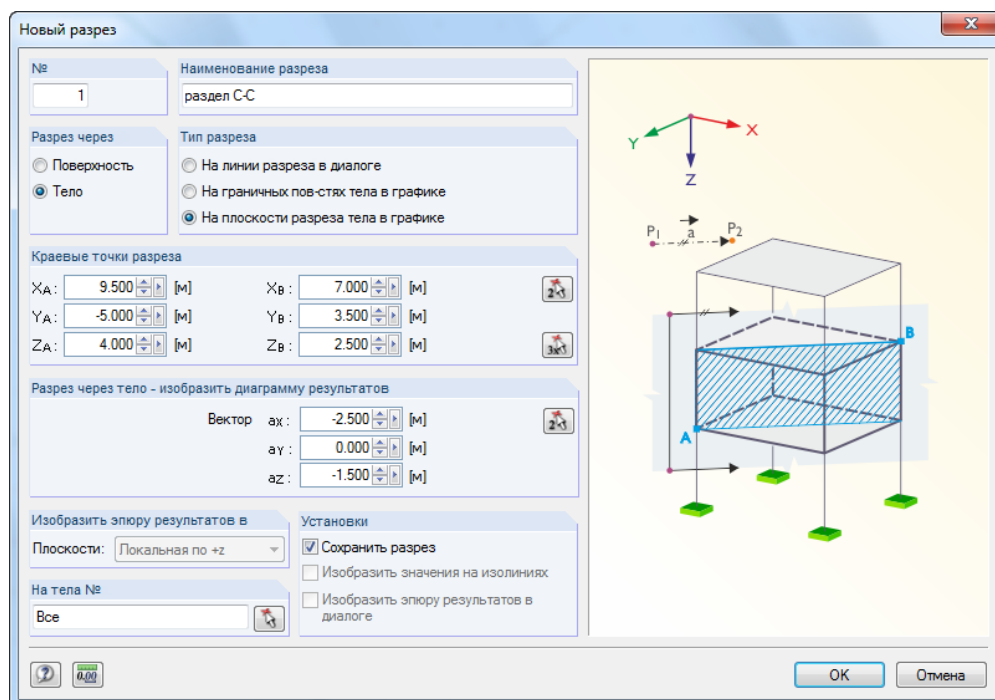


Рисунок 9.27: Отображение разреза осевых сил n-2 на модели RFEM

9.6.2 Разрез тела

Рисунок 9.28: Диалоговое окно *Новый разрез* для тел

Как и в случае разреза через поверхности, введите *Номер* и *Наименование разреза* если вы хотите *Сохранить разрез* (см. раздел диалога *Функции*).

При создании *Разрез через* и *Тела* можно видеть характерные телам параметры, отображаемые в разделе диалога *Тип разреза* *Отобразить результативные диаграммы*, а также соответствующие графики справа.

Когда разрез проходит через тело, можно создать *линию разреза*, ведущую через объект. Затем результаты отображаются как для поверхностей в диалоговом окне *Диаграмма результатов* (см. Рисунок 9.25, страница 387). Кроме того, результаты могут быть представлены в рабочем окне *На граничных поверхностях тел*, пересекаемых плоскостями. Функция *На площади разреза сплошного тела в графике* показывает результаты непосредственно в плоскости разреза.



Краевые точки разреза должны быть введены как описано в случае с поверхностями, но можно выбрать их также в графическом виде.

Начиная с точками A и B, две прямые линии "рисуются" в направлении *Вектора*. Если линии пересекают твёрдое тело, которое содержится в списке *На телах номер*, результаты будут отображаться вдоль соединительной линии обеих точек пересечения, соответственно, как плоскости разреза между прямыми. В случае, когда несколько тел разрезают плоскостью разреза, диаграммы результатов будет отображаться для каждого из этих тел.



Вектор определяет направление проекции разреза. Для определения вектора, с помощью функции [↖] можно выбрать две точки в рабочем окне.

9.7 Выравнивание результатов

Анализ КЭ определяет результаты для каждого узла сетки КЭ. Как правило, непрерывное распределение внутренней силы или деформации является предпочтительным для графики. Для этого необходимо выравнивать результаты, например, путем интерполяции.

Для тел и поверхностей доступны следующие функции выравнивания:

- Постоянная в элементах
- Дискретное
- Непрерывная внутри поверхностей/тел
- Непрерывная в целом

Кроме того, можно определить гладкие диапазоны для результирующих диаграмм (см. Рисунок 9.36, страница 395).

9.7.1 Рабочее окно

Навигатор *Отобразить* управляет отображаемыми в рабочем окне результатами.

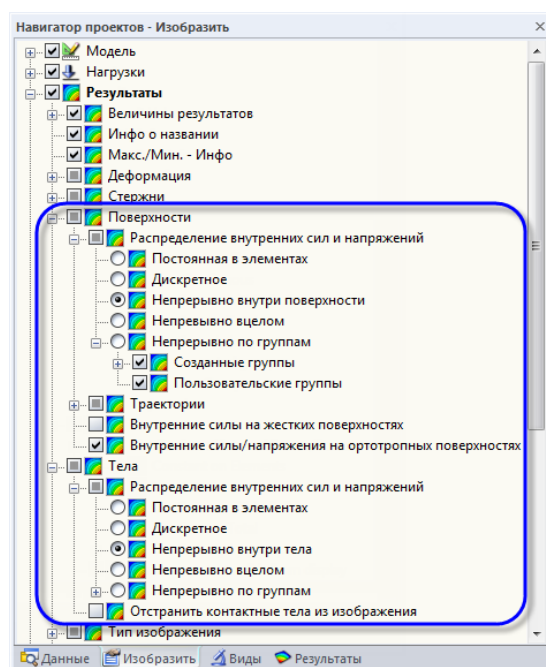


Рисунок 9.29: *Отобразить* навигатор: *Результаты* → *Поверхности* или *Тела* → *Распределение внутренних сил/напряжений*

Пример

Пример показывает эффекты различных функций выравнивания.

Стальная пластина, с размерами 3мх3м и толщиной 3см, поддерживается на двух линиях с закрепленными, обращенными друг к другу опорами. Плита не моделируется с помощью одной полной поверхности, а с помощью двух поверхностей с теми же свойствами, лежащими бок о бок. Местные оси z обеих поверхностей направлены в противоположных направлениях.

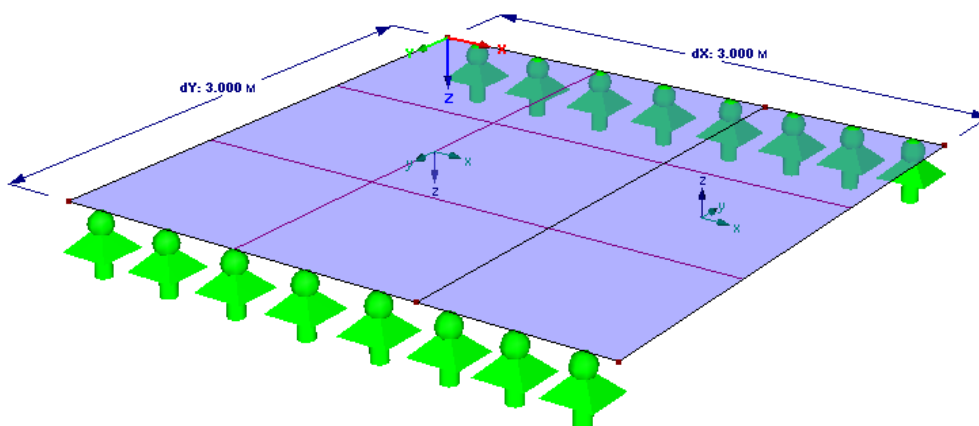


Рисунок 9.30: Стальная плита - смоделированная двумя поверхностями

Размер длины КЭ был, для примера, установлен на 1 м. Данный размер элемента не может обеспечить надлежащие результаты. Он используется только для демонстрации результирующих представлений различных режимов выравнивания.

Стальная поверхность находится под воздействием только своего собственного веса.

Распределение внутренних сил *Постоянно в элементах*

Основные внутренние силы m-y
3Г1

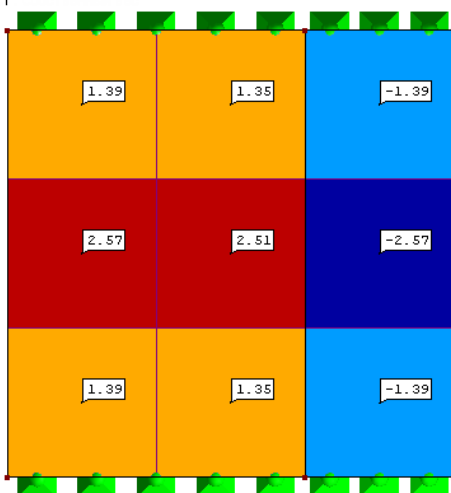


Рисунок 9.31: Распределение внутренних сил *Постоянное в элементах* (Навигатор *Отобразить*), величины *B* в точках сетки КЭ (навигатор *Результаты*)

Значения узлов КЭ выравниваются и результат отображается в центре каждого элемента. Распределение в каждом конечном элементе постоянно. Этот тип отображения результатов рекомендуется для пластичных моделей материала. (см. раздел 4.3, страница 64).

Распределение внутренних сил *Несоединенно*

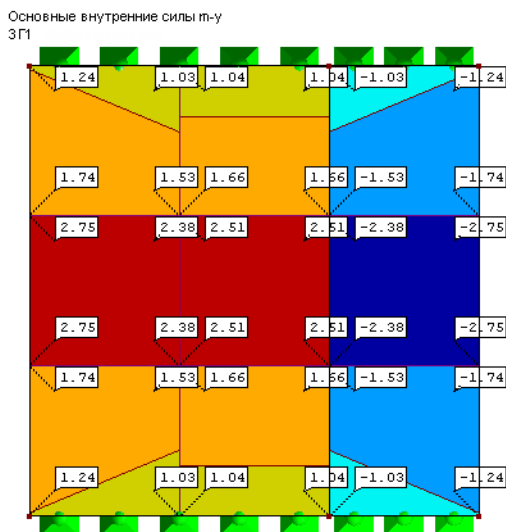


Рисунок 9.32: Распределение внутренних сил *Дискретное*, величины *В* точках сетки КЭ

На дисплее отображаются значения узлов КЭ в результате смещений и вращений каждого отдельного элемента. Таким образом, несколько значения отображаются для каждого узла КЭ. Пунктирная линия на значении узла указывает на элемент, к которому значение принадлежит.

Для графического отображения, плоскость определяется угловыми значениями каждого элемента. Так как результаты смежных элементов не принимаются во внимание, вы видите прерывистое распределение.

Распределение внутренних сил *Непрерывно по поверхности*

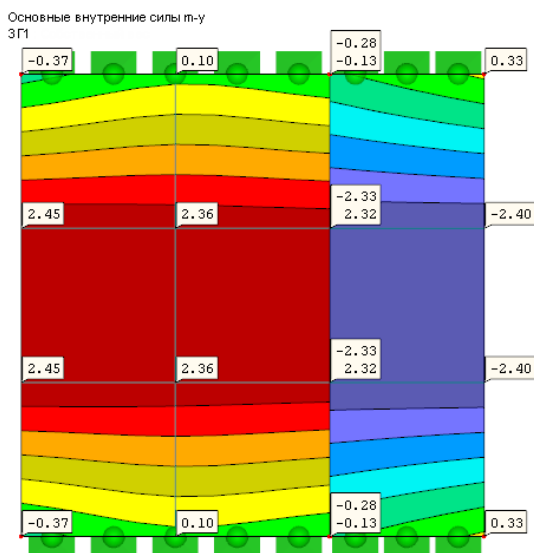


Рисунок 9.33: Распределение внутренних сил *Непрерывно внутри поверхности*, величины *В* точках сетки КЭ

Значения на узлах КЭ усредняются. Усредняющие точки на граничной поверхности, которые могут привести к разрывам между соседними поверхностями. Тем не менее, в нашем примере это совершенно правильно. На граничной линии отображаются два значения узлов FE.

Данная функция выравнивания установлена по умолчанию, поскольку в большинстве случаев обеспечивает наилучшие результаты.

Распределение внутренних сил *Непрерывно в целом*

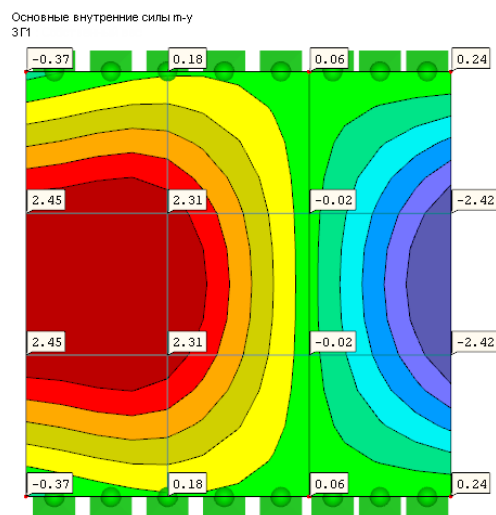


Рисунок 9.34: Распределение внутренних сил *Непрерывно в целом*, значения *В* точках сетки КЭ

Средние значения определяются с учетом значений КЭ за границами поверхности. Это приводит к непрерывному распределению между соседними поверхностями, которое не является правильным для нашего примера.



Чтобы правильно применять данные результаты, должны быть выполнены следующие требования:

- Направление системы координат поверхности совпадает
- Только две поверхности совпадают
- Поверхности лежат в одной отдельной плоскости
- На граничной линии не было определено ни одного разреза линии

Если одно из этих условий не выполняется, то отображается неправильное распределение результатов.

Распределение внутренних сил *Непрерывно по группам*

Результаты можно выровнять также по группам. Программа RFEM предоставляет *Созданные группы* с аналогичными характеристиками материала.

Кроме того, можно создавать пользовательские группы поверхностей или тел с помощью контекстного меню навигатора (щелчок правой кнопкой мыши на *Пользовательские группы*).

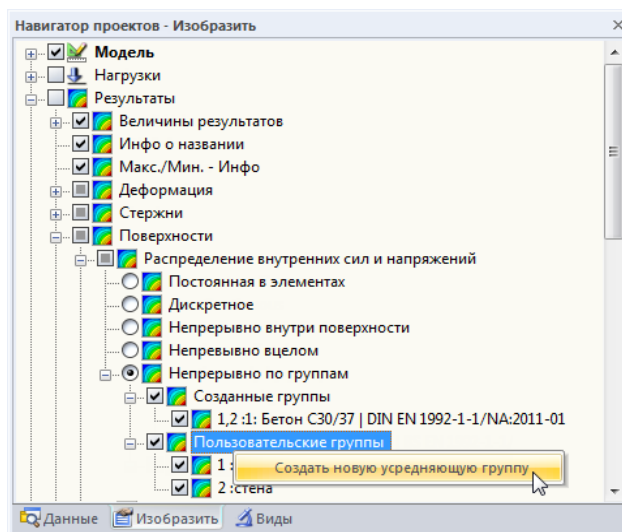


Рисунок 9.35: Создать новую усредняющую группу с помощью контекстного меню навигатора

Затем откроется диалоговое окно, в котором можно определить объекты, которые требуются изучить как группу.

9.7.2 Эпюры результатов



В диалоговом окне *Эпюра результатов* (см. раздел 9.5, страница 383), можно создавать гладкие диапазоны для подготовки результатов для целей наземного строительства. Для использования этой функции, нажмите слева отображенную кнопку на панели инструментов диаграммы. Откроется следующее диалоговое окно:

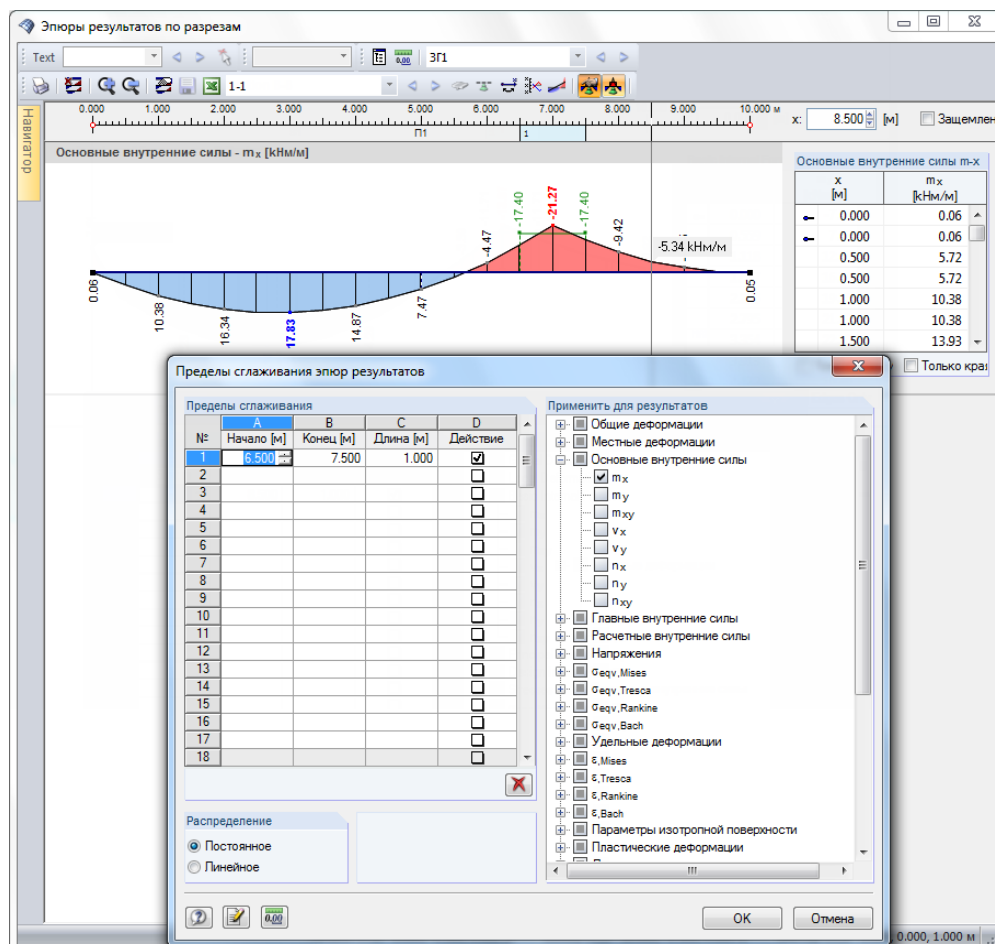
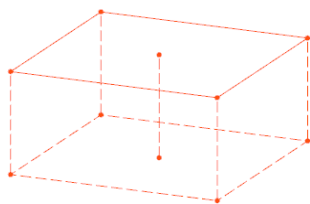


Рисунок 9.36: Диалоговое окно *Пределы сглаживания эпюр результатов*

В столбцах таблицы слева, определите *Пределы сглаживания*. Обратите внимание, что записи для *Начало*, *Конец* и *Длина* синхронизируются. Каждый диапазон может быть отдельно установлен *Активный*. В разделе диалога. *Применить для результатов* справа, определяются деформации и внутренние силы для выравнивания..

Выравнивание можно определить как *Постоянное* распространение (как показано на рисунке выше) или как *Линейное* для всех гладких диапазонов.

9.7.3 Область усреднения



Можно определить область модели, в которой в графическом виде результаты не будут отображаться не текущим распределением, а как среднее значение. Эта средняя область позволяет оценить внутренние силы усредненной поверхности и напряжения. Области управляются как самостоятельные объекты в вкладках навигатора проектов.

Чтобы создать среднюю область,

выберите **Новая средняя область** в **Результаты** меню

или воспользуйтесь аналогичным контекстным меню в навигаторе *Данные*.

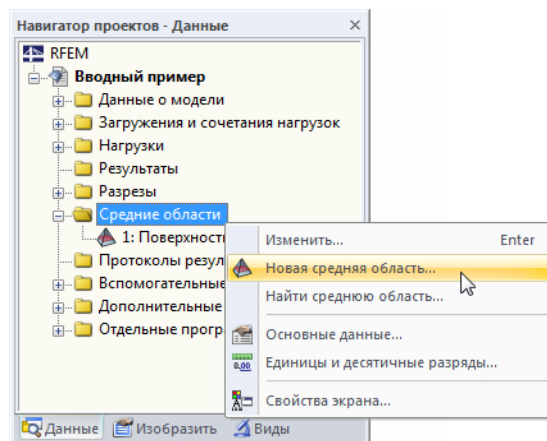


Рисунок 9.37: Данные навигатор: контекстное меню *Средние области*

Откроется диалоговое окно, в котором можно указать параметры области.

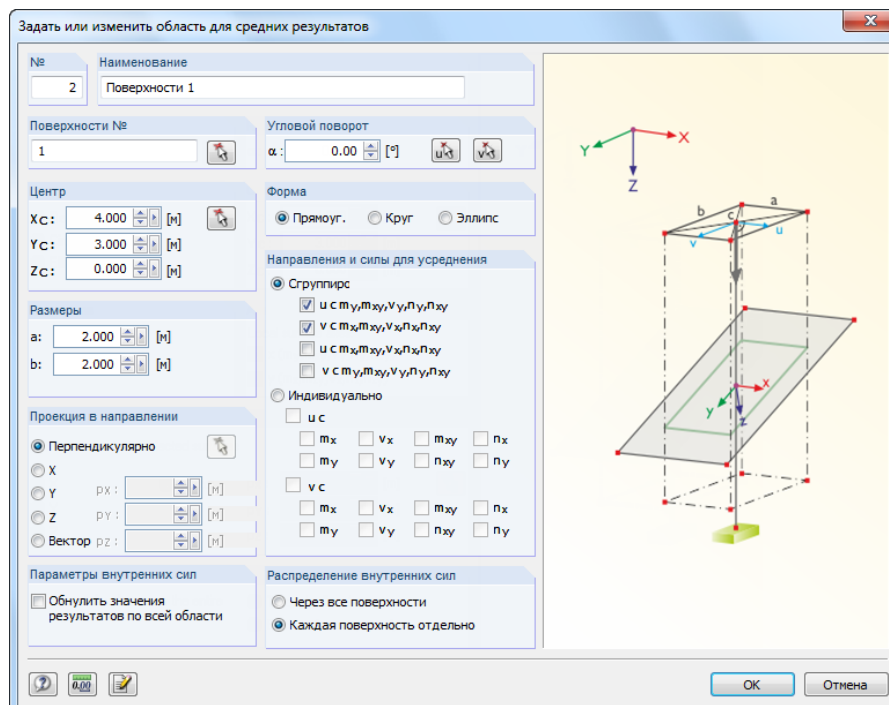


Рисунок 9.38: Диалоговое окно *Новая область для средних результатов*

В дополнение к *Номеру* требуется ввести *Описание* области для упрощения выбора при оценке результатов. Области хранятся в *Средние области* в навигаторе *Данные*, где их можно в дальнейшем корректировать.



В разделе диалога *На поверхностях №* перечислены номера поверхностей, для которых требуется усреднение результатов. Эта функция полезна в случае, когда проекция области пересекается с несколькими поверхностями. Можно выбрать соответствующие поверхности также в графическом виде с помощью [↖] функции.

Форма области может быть определена как прямоугольник, круг или эллипс. Соответствующие параметры показаны на графике диалога справа.



В разделе диалога *Центр*, укажите центральную точку области С. Координаты можно ввести вручную или выбрать в графическом виде в рабочем окне с помощью [↖] функции. *Размеры* описывают форму области с помощью имеющих для ваших настроек значение параметров.

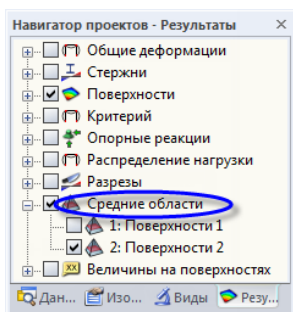


В разделе диалога *Средние результаты*, можно определить усреднение результатов по отношению к обеим поверхностным осям или, если усреднение будет относиться только к одной из местных осей.

Раздел диалога *Проекция в направлении* описывает отношение определённой области к поверхностям. Как правило, проекция устанавливается перпендикулярно к выбранным поверхностям, но глобальные проекционные направления в X, Y и Z также возможны, также как ввод какого-либо вектора проекции. Для определения вектора, с помощью функции [↖] можно выбрать две точки в рабочем окне.

Наконец, диалоговое окно предоставляет возможность *Установки результативных величин по всей области равных нулю*. Таким образом, можно отключить результирующие величины в выбранной области модели.

В навигаторе *Результаты* можно отобразить и скрыть средние области по отдельности или в целом.



Проверка областей
в *Результаты* навигаторе

9.8 Многооконный режим просмотра

На экранеможно отобразить вместе несколько окон, которые показывают различные деформации или внутренние силы. Чтобы открыть соответствующее диалоговое окно,

выберите **Упорядочить окно результатов** в меню **Результаты** или используйте показанную слева кнопку на панели инструментов.

Откроется диалоговое окно с древовидным навигатором, в котором можно отметить типы результатов, которые требуется отобразить в отдельных окнах.

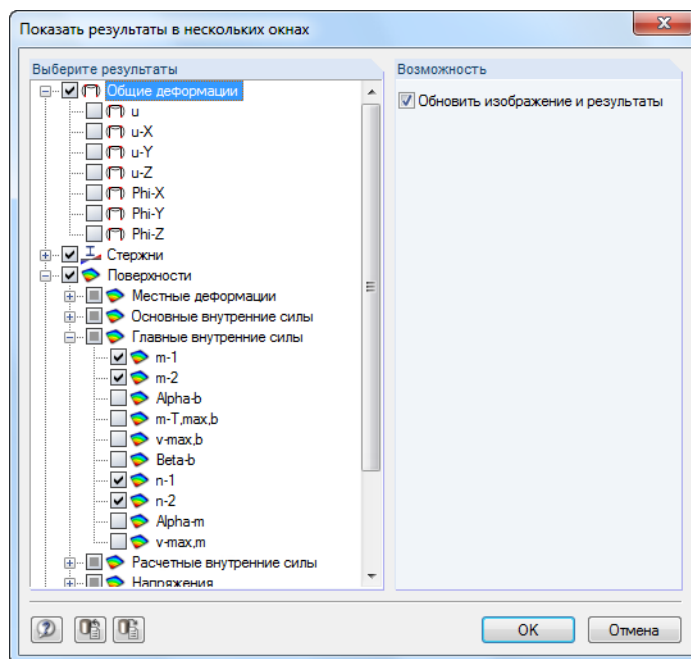


Рисунок 9.39: Диалоговое окно *Показать результаты в многоэкранном отображении*

Многооконное отображение Можно также использовать для печати (см. раздел 10.2.1, страница 438).

9.9 Фильтр результатов

Для оценки и документирования результатов, доступны различные функции фильтра, которые особенно полезны в случае сложных моделей.

9.9.1 Виды

Виды, определяемые пользователем (углы вида, параметры масштабирования и т.д.) упрощают оценку результатов. С помощью "Вид" можно разбить модель в определяемые пользователем и генерируемые частичные виды с выполнением определённых критериев. Таким образом, можно, например, для отображения можно активировать только поверхности плиты или стержни определённого профиля. Данные возможности используются как для оценки результатов, так и для ввода модели или загрузки данных.

Можно получить доступ к различным функциям в независимом **навигаторе** (раздел 9.9.1.1) и с помощью кнопок **списка** или функции **меню** (раздел 9.9.1.2).

9.9.1.1 Навигатор Виды

Вкладка *Виды* навигатора проектов позволяет создавать пользовательские виды модели, которые можно использовать для ввода и расчёта. Вкладка управляет также видом, который может быть задан пользователем или создан автоматически.

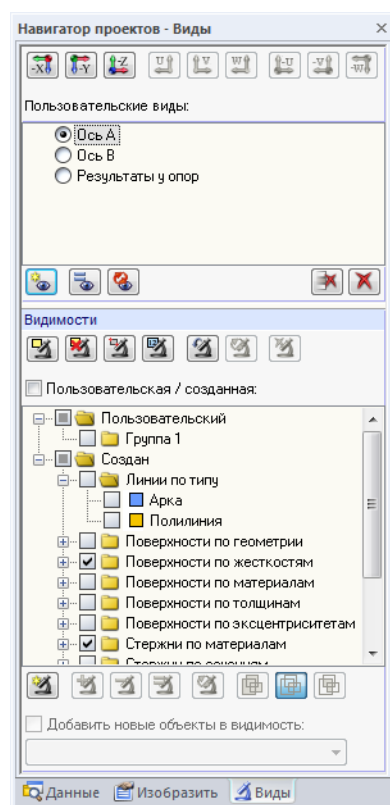


Рисунок 9.40: Вкладка навигатор *Виды*

Пользовательские виды

В отличие от объектно-направленных *Видов* (см. ниже), *Определяемые пользователем виды* позволяют сохранять и импортировать определённые углы вида, увеличенные виды, а также настройки в навигаторе *Отобразить*.

В настоящее время установленный видбудет сохранен как настройка отображения - не важно, какие характеристики фильтра эффективны в списке *Вид*: Программа RFEM всегда использует текущие настройки вида для представления объекта в *Заданном пользователем виде*. Заданный пользователем вид управляет только углом вида, коэффициентом масштабирования и спецификациями, установленными в навигаторе *Отобразить*.

С помощью кнопок [Режим просмотра] можно быстро установить следующие нормальные углы режима просмотра:










	Посмотреть против оси X
	Посмотреть против оси Y
	Посмотреть против оси Z
 	Посмотреть в направлении или против оси U от рабочей плоскости (см. раздел 11.3.1, страница 466)
 	Посмотреть в направлении или против оси V в рабочей плоскости
 	Посмотреть в направлении или против оси W в рабочей плоскости

Таблица 9.2: Кнопки [Режим просмотра]

Кнопки под перечнем *Виды* имеют следующие функции:






	Создают новый <i>Заданный пользователем вид</i> с текущего режима просмотра (см. Рисунок 9.41)
	Переопределяют активный <i>Заданный пользователем вид</i> с помощью текущего режима просмотра
	Восстанавливает активный <i>Заданный пользователем вид</i> после модификаций
	Удаляют запись, выбранную в списке <i>Заданный пользователем вид</i>
	Удаляют все <i>Заданные пользователем виды</i>

Таблица 9.3: Кнопки в разделе навигатора *Заданные пользователем виды*

Создание заданных пользователем режимов просмотра

В настоящее время установленный вид может быть сохранен с помощью кнопки [Новый], показанной слева. Появится диалоговое окно, в котором требуется ввести *Наименование* новой настройки отображения.

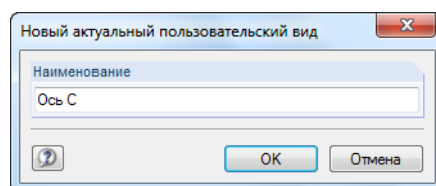


Рисунок 9.41: Диалоговое окно *Новый пользовательский вид*

Вид

С так называемыми «видом» можно отобразить с частичные виды модели или группы объектов, таких как поверхности, лежащие в одной плоскости или колонны конкретного этажа.

Кнопки для вида

Кнопки выше списка Вид (см. Рисунок 9.40, страница 399) позволяют выбрать объекты для представления по определённым критериям. Кнопки имеют следующие функции:








	Отображает объекты, выбранные в рабочем окне, как частичный вид
	Скрывает объектов, выбранные в рабочем окне
	Создает вид, рисуя окно (см. страница 403)
	Определяет новый вид посредством номеров объектов (см. страница 403)
	Восстанавливает предыдущий вид
	Меняет текущее отображение (новый вид: скрытые объекты)
	Завершает режим вида. Все объекты отображаются снова.

Таблица 9.4: Кнопки выше списка Вид

Список Вид содержит пользовательские и созданные виды.

Пользовательские виды



С помощью графического или цифрового выбора объектов (см. раздел 11.2, страница 462) можно создать вид.



Используйте кнопку [Создать новый пользовательский вид] (под Вид перечном) чтобы сохранить текущий частичный вид. Откроется диалоговое окно *Новый пользовательский вид*, в котором определяется наименование и *Группа* (см. Рисунок 9.45, страница 404).

Кнопки под списком Вид имеют следующие функции:









	Появляется диалоговое окно <i>Новый пользовательский вид</i> (см. Рисунок 9.45, страница 404).
	Добавляет объекты, выбранные в рабочем окне, к отмеченной над перечном группе (см.страницу 404)
	Удаляет объекты, выбранные в рабочем окне из отмеченной в списке выше группы (см. страница 404)
	Переназначает выделенные объекты в отмеченную выше группу
	Меняет текущее отображение (новый вид: скрытые объекты)
	Показывает все объекты, активанные в списке Вид
	Показывает только объекты, доступные в каждой активной записи Вид
	Показывает объекты, доступные в каждой активной Группе

Таблица 9.5: Кнопки ниже Вид списка



С помощью отметки флажка *Добавить новые объекты в вид* можно определяется обработка новых узлов, линий, стержней и т.д., во время работы в заданном пользователем виде. Если данная опция отмечена, можно определить соответствующую группу в списке ниже.

Цветной символ автоматически присваивается каждому пользовательскому виду. Цвета могут быть также использованы в навигаторе *Отобразить* для графического представления объектов (см. раздел 11.1.9, страница 460). Таким образом, можно быстро обнаружить настроенные видимости в модели. Чтобы установить изображение для групп, используйте навигатор *Изобразить*.

Сгенерированные виды

Программа RFEM автоматически генерирует видимости для поверхностей, линий, стержней и т.д. в соответствии с определёнными критериями.

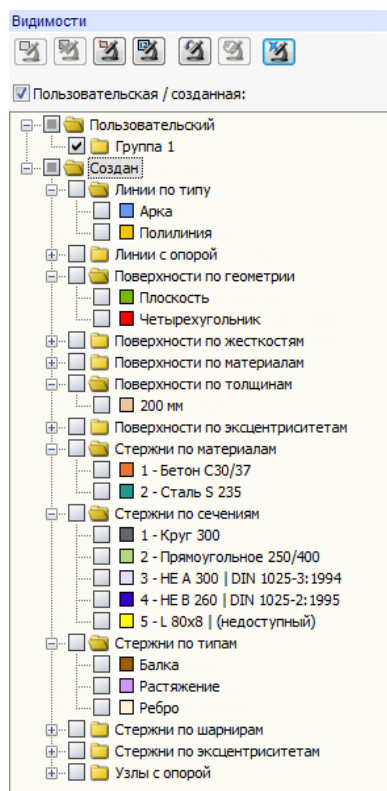


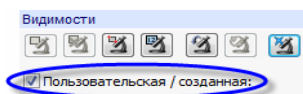
Рисунок 9.42: Созданные видимости в *Изображения* навигаторе

Эти сформировавшиеся виды видимости помогут вам получить краткий вид сведений о модели, так что можно отдельно взять список для фильтрации объектов. Таким образом, можно легко проверить и ввод и результаты в программе RFEM.



В дополнение к множественному выбору сгенерированных видов (по умолчанию), список предоставляет создание пересекающегося набора. Пересечение устанавливается с помощью кнопок навигатора, показанных слева. Они расположены под списком. Эти функции описаны в Таблица 9.5 выше.

С помощью флажка *Заданный пользователем / созданный* в верхней части списка, можно решить, если функция фильтра эффективна для рабочего окна. Все объекты будут отображаться даже после отключения флажка.



9.9.1.2 Виды - кнопки и меню

Чтобы получить доступ к различным функциям видимости,

укажите на **Вид** в меню **Вид**

или используйте соответствующую кнопку списка выпадающего меню на панели инструментов.

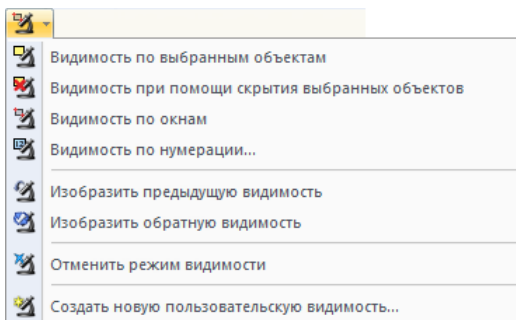


Рисунок 9.43: Кнопки списка для Вид

Вид с помощью окна



Частичные виды могут быть созданы в графическом виде с помощью мыши и рисования окна.

Когда вы открываете окно слева направо, вид включает только объекты, которые полностью содержатся в окне. При открытии окна справа налево, вид дополнительно включает объекты, которые разрезаны окном.

Вид с помощью нумерации



Введите номера *Узлов*, *Линий*, *Стержней*, *Поверхностей* или *Тел*, которые имеют отношение к виду в окне диалога.

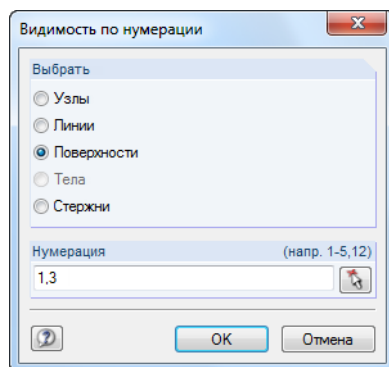


Рисунок 9.44: Диалоговое окно Вид по нумерации

Отмена режима вида



Используйте эту функцию, чтобы восстановить вид всех объектов.

Создание пользователем определенного вида

Перед тем, как вы получите доступ к данной функции, выберите объекты, которые вы хотите сохранить в качестве *Вид* в рабочем окне (см. главу 11.2.1, страница 462 and раздел 11.2.2, страница 465). Полезна следующая функция выбора: Укажите на **Выбрать** в **Редактировать** меню, и затем выберите **Специальный**.



Только объекты, выбранные в рабочем окне, будут интегрированы в *Вид*. Поэтому, когда вы используете функцию [Вид при помощи скрытия выбранных объектов], вы должны выбрать отображаемые объекты вновь, рисуя через них окно.

После нажатия на кнопки [Новый], показанной слева, появляется следующее диалоговое окно.

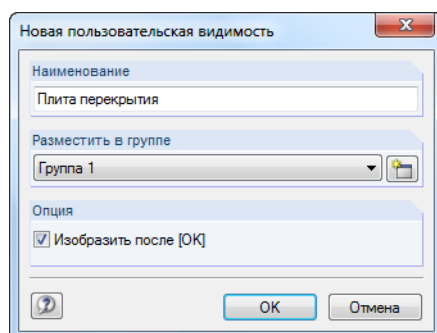


Рисунок 9.45: Диалоговое окно *Новая пользовательская вид*



Задайте *Имя* и *Группа*. Если вы хотите использовать несколько групп видимости, нажмите кнопку [Новая] для создания еще одной группы.

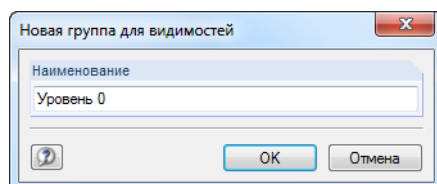


Рисунок 9.46: Диалоговое окно *Новая группа для видимостей*

Нажмите кнопку [OK], чтобы сохранить группу объектов как новую вид.

Заданные пользователем видимости управляются в навигаторе *Изображения*, где они могут быть включаться и выключаться по отдельности (см. Рисунок 9.40, страница 399).

Изменение объектов в виде



В дальнейшем объекты могут быть интегрированы в существующие видимости: Выход из режима видимости осуществляется с помощью соответствующей кнопки на экране слева. Вы также можете указать на *Вид* в *Вид* меню, где вы выберите *Отменить режим видимости*. Теперь, выберите объекты, которые вы хотите добавить.



В *Изображения* навигаторе, нажмите на соответствующую запись в *Заданный пользователем* списке. RFEM предоставляет кнопку [+], что позволяет интегрировать выбранные объекты в заданную пользователем вид.



Таким же образом, можно использовать кнопку [-], чтобы удалить выбранные объекты из заданной пользователем видимости.



Нажмите кнопку [=], чтобы перезаписать объекты, доступные в отмеченной видимости навигатора *Изображения* с выбором в рабочем окне. Таким образом, существующие видимости можно переопределить, но название сохраняется.

Прозрачное отображение скрытых объектов

При использовании видимостей, можно отобразить скрытые объекты с меньшей интенсивностью в фоновом режиме. Степень видимости устанавливается индивидуально во вкладке *Графика* диалогового окна *Возможности программы* (см. Рисунок 9.52, страница 409).

Изображение фоновых объектов можно включать и выключать в навигаторе *Изобразить*

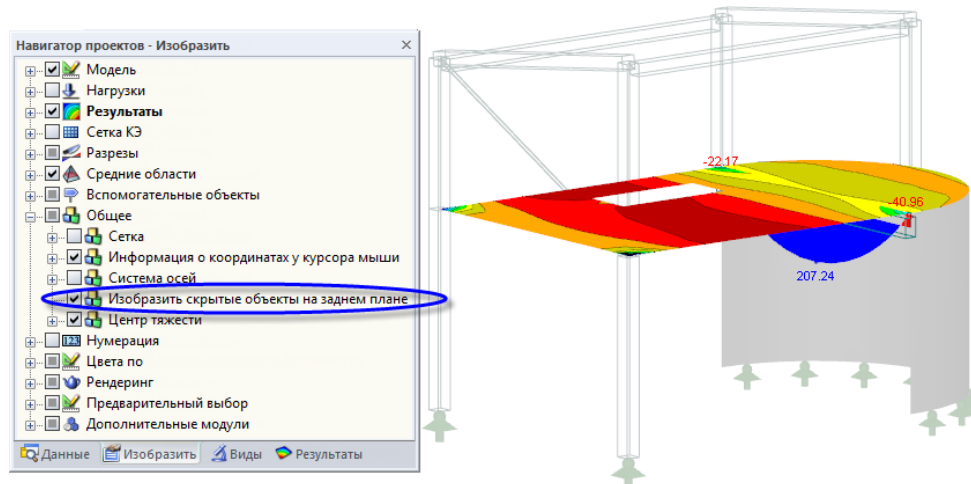


Рисунок 9.47: Изобразить навигатор: Опция *Основные* → *Изобразить скрытые объекты на заднем плане*

9.9.2 Плоскость отсечения

Можно задать любую плоскость сечения, проходящую через модель. Зона перед (или за) плоскостью будет скрыта на изображении. Таким образом, можно, например, посмотреть на результаты в пересечении или в сплошном теле.

RFEM помещает плоскости отсечения через центр общих геометрических размеров. Таким образом, плоскость имеет отношение к геометрии модели. В рабочем окне, плоскость отсечения окружена рамкой.

Плоскость отсечения сохранить не возможно.

Чтобы получить доступ к соответствующей функции, выберите **Плоскость отсечения** в **Вставить** меню.

Появится следующее диалоговое окно:

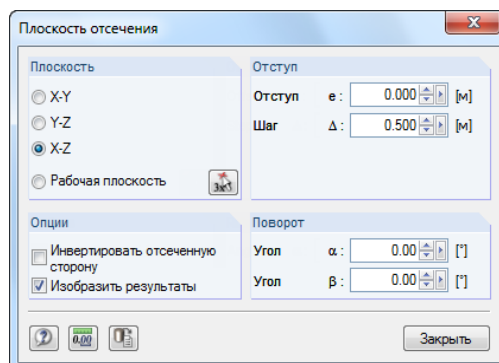


Рисунок 9.48: Диалоговое окно *Плоскость отсечения*



Можно организовать *Плоскость*, параллельной одной из плоскостей в глобальной системе координат XYZ. Кроме того, можно разместить плоскость на текущей рабочей плоскости. Можно также выбрать три точки в рабочем окне, нажав на кнопку [↖], отображенную слева.



Значение, введенное в поле ввода *Смещение* приводит к параллельному смещению плоскости в направлении положительной или отрицательной оси, которая перпендикулярна плоскости. Оба направления обозначены серыми стрелками на рабочем окне. Значения можно ввести напрямую или установить с помощью наборного счетчика. Поле ввода *Шаг* контролирует интервал расстояний, по которым плоскость сдвигается каждый раз при нажатии кнопки наборного счетчика.

В разделе диалога *Дополнения*, у вас есть возможность изменить активную сторону плоскости отсечения. Кроме того, можно включать и выключать диаграммы результатов, доступные на границах отсечения.

Кроме того, можно вращать плоскость отсечения с помощью *Вращение* вокруг угла α (около последней обозначенной оси плоскости) и угла β (около первой обозначенной оси). Изображение синхронизируется с вводом данных.

Если диалоговое окно *Плоскость отсечения* открыто, можно использовать все функции редактирования и просмотра в рабочем окне, но без возможности распечатки. Выйти из функции с помощью кнопки [Заккрыть].

Следующий пример показывает плоскость отсечения, проходящую через узел трубного соединения.

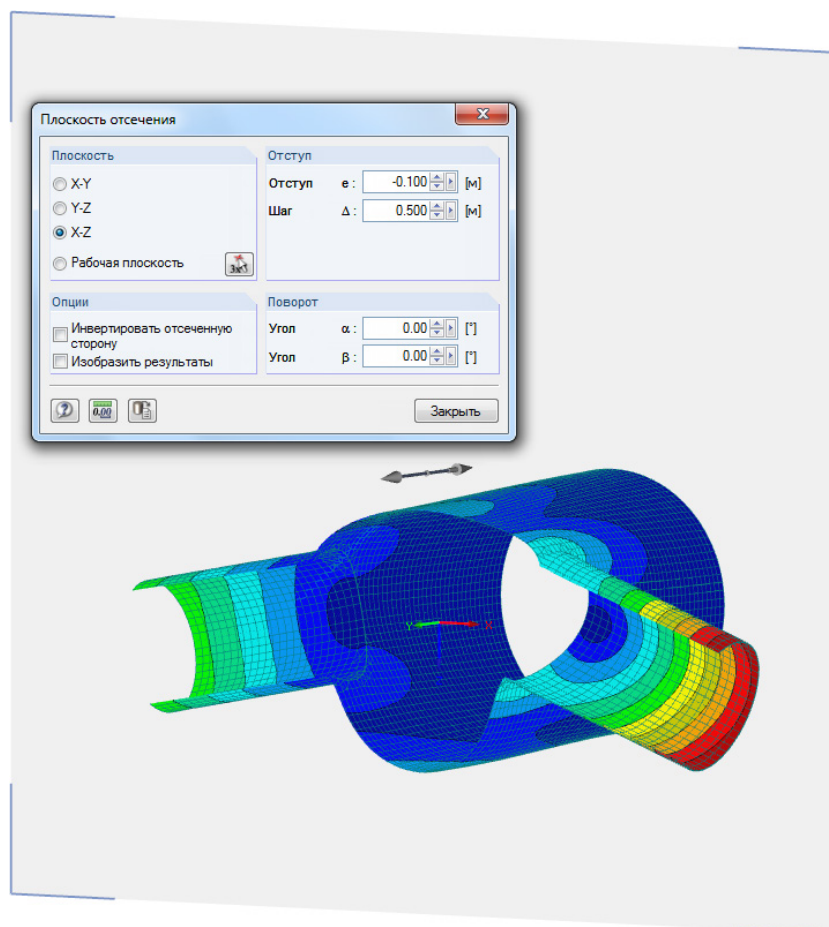


Рисунок 9.49: Плоскости отсечения, проходящая через трубное соединение

9.9.3 Функции фильтра

Групповые возможности, описанные в разделе 9.9.1. относятся к объектам модели. Кроме этого, в качестве критериев фильтрации можно использовать внутренние силы, деформации и напряжения.

Результаты фильтрации

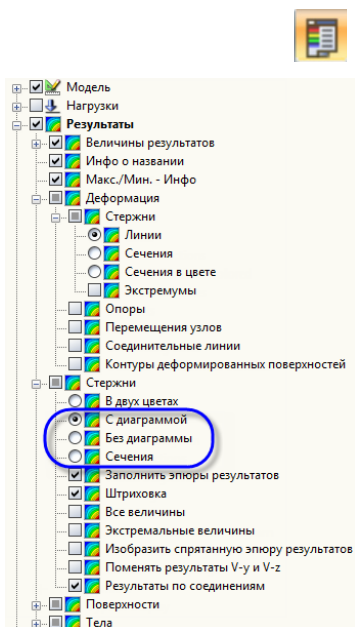
Результаты фильтруются с помощью панели управления. Если панель не отображается, выберите **Панель управления (Шкала цветов, Факторы, Фильтр)** в меню **Вид** или используйте кнопку на панели инструментов, показанную слева.

Панель управления описана в разделе 3.4.6 на странице 32.

Настройки фильтра для результатов определяются на вкладке *Шкала цветов*, которая показан для изолированных и изолированных результатов поверхностей и тел (см. Рисунок 3.17, страница 32). Так как вкладка недоступна для двухцветного отображения внутренних сил стержней, вы должны переключить *Изобразить* навигатор и установить параметры отображения *С/Без диаграммы* или *Сечения* (см. рисунок, показанный слева).

На панели можно установить специальные изображения, например, отображение моментов стержней только если они превышают определённое значение, или базовые внутренние силы поверхностей, используя тонкую градацию, показанную в пределах ± 30 кНм (см. Рисунок 3.19, страница 34).

Следующий пример представляет собой плиты перекрытия. Программа RFEM отображает контактные напряжения только между -120 кН/м² и -260 кН/м² от модели.



Настройки в навигаторе *Изобразить* для многоцветных результатов стержней

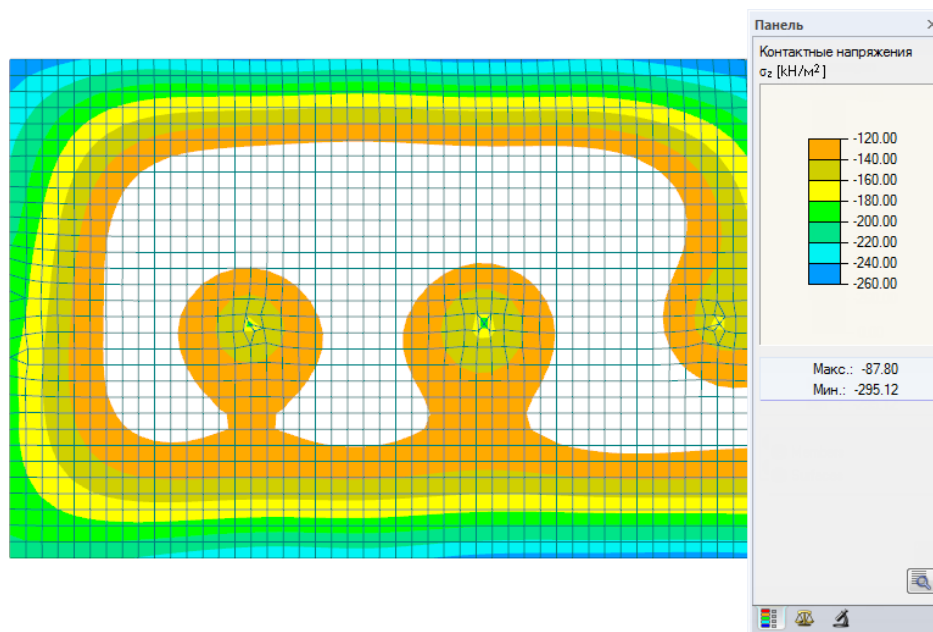


Рисунок 9.50: Фильтрованные контактные напряжения с настройкой цветового спектра

Поскольку модель обеспечивает также разноцветные результаты стержней, выбор поля *Поверхности* станет активным на панели управления. Кроме того, шкала цветов модифицирована таким образом, что цветовой диапазон охватывает ровно -20 кН/м². Не отображается никаких результатов для поверхностных элементов с упругими основаниями, у которых контактные напряжения находятся вне определённого диапазона значений.

Фильтр объектов



Во вкладке *Фильтр* на панели управления, можно ввести номера выбранных стержней, поверхностей или тел, чтобы показать их диаграммы с результатами в фильтрованном изображении. Данная функция описана в разделе 3.4.6 на странице 35.

В отличие от функции видимости, модель полностью отображается на графике.

На следующем рисунке показаны изгибающие моменты, доступные в поверхностях пола здания. Стены в модели показаны, но отображаются без внутренних сил.

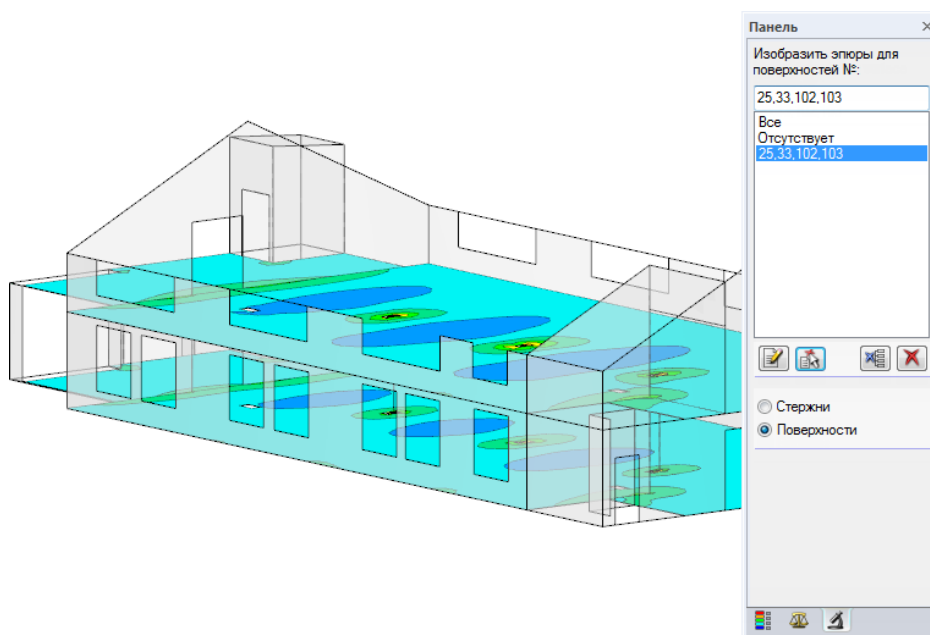


Рисунок 9.51: Фильтрация поверхностей: изгибающие моменты полов



Настройки фильтра на панели также влияют на объекты в таблицах результатов: Когда вы ограничиваете отображение результатов в панели на, например, два стержня, таблица 4.6 *Стержни - Внутренние Силы* будут перечислять результаты только этих двух стержней.

9.10 Анимация деформации



Как правило, деформации объектов отображаются в их конечном состоянии.

Но также можно показать процесс деформации в движении. Чтобы открыть соответствующее диалоговое окно,



выберите **Анимация** в **Результатов** меню

или использовать соответствующую кнопку на панели инструментов. Чтобы закрыть анимационный вид, нажмите кнопку еще раз. Можно также использовать клавишу [Esc].



Чтобы определить детальные настройки для процесса анимации, используйте диалоговое окно *Возможности программы*.

Выберите **Возможности программы** в **Дополнения** меню, и затем откройте вкладку диалога *Графика*.

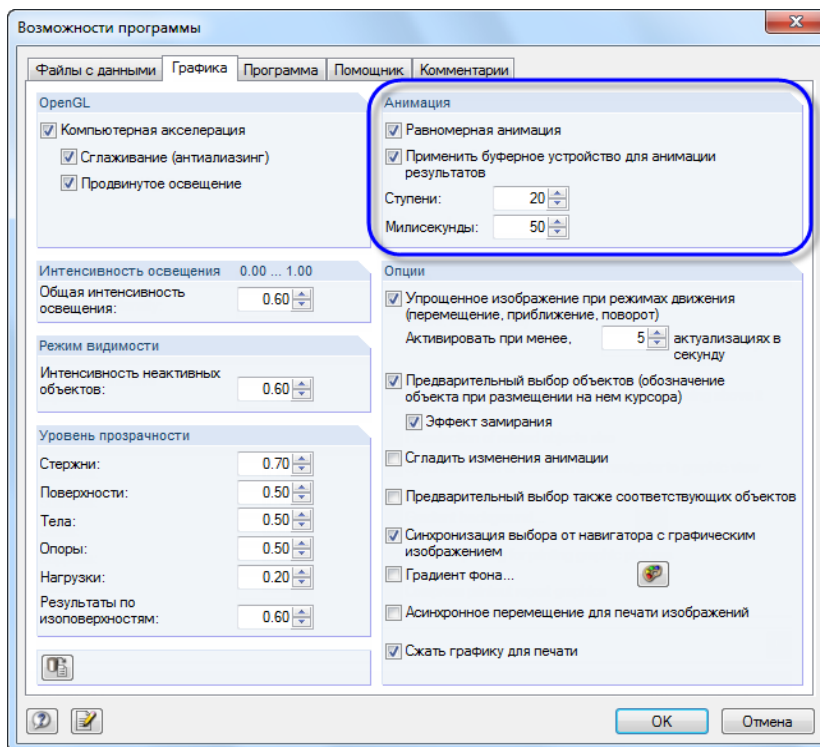


Рисунок 9.52: Диалоговое окно *Возможности программы*, вкладка *Изображение*



Анимация деформаций может быть сохранена как видео файл. Установите анимированную графику соответственно на экране, а затем выберите

Создать видео-файл в меню **Инструменты** .

Можно увидеть сообщение о настройках OpenGL до появления соответствующего диалогового окна, в котором можно задать различные настройки для создания видео-файла.

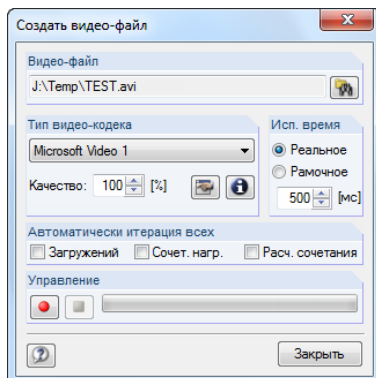


Рисунок 9.53: Диалоговое окно *Создать видео-файл*



Нажмите кнопку [Вид], чтобы определить имя видеофайла в отдельном диалоговом окне.

Красная кнопка [ReCHrd] начинает запись, а синяя кнопка [Стоп] останавливает ее.

10. Распечатка

10.1 Протокол результатов

Как правило, входные данные и данные результатов из программы RFEM не отправляются непосредственно на принтер. Вместо этого, первым создается так называемый протокол результатов, в который можно добавить графику, объяснения, сканирование и другие элементы. В протоколе результатов вы определяете данные, которые, наконец, появятся на печати.

Можно создать несколько отчетов распечатки для модели. Когда ваша конструкция является довольно сложной, рекомендуется разделить данные на несколько небольших докладов, вместо создания единого отчета, что весьма трудоёмко. Например, можно создать отчет для входных данных, другой для опорных реакций, и один для результатов поверхности. Таким образом, можно сократить время ожидания.

В модели программы RFEM можно создавать различные протоколы результатов. В зависимости от требуемых данных, инженер-испытатель и инженер-конструктор может получить различные протоколы результатов.

Протокол результатов можно открыть только, если в Windows по умолчанию был установлен принтер. Предварительный просмотр в протоколе результатов использует драйвер принтера.

10.1.1 Создание или открытие протокола результатов



Чтобы создать новый протокол результатов,

выберите **Открыть протокол результатов** в меню **Файл**

или используйте кнопку на панели инструментов, показанную слева. Можно также использовать контекстное меню соответствующей записи в *Данные* навигаторе.

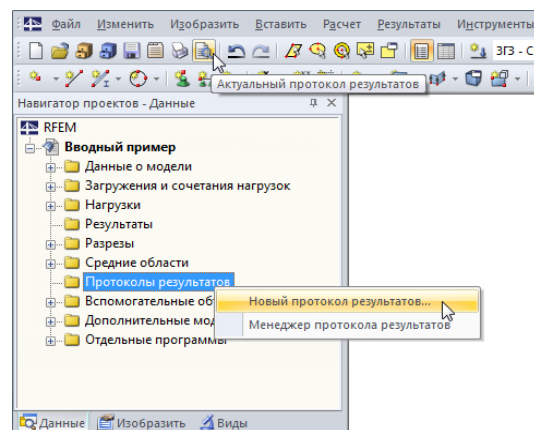


Рисунок 10.1: Кнопка и контекстное меню *Протокол результатов*

Появится следующее диалоговое окно:

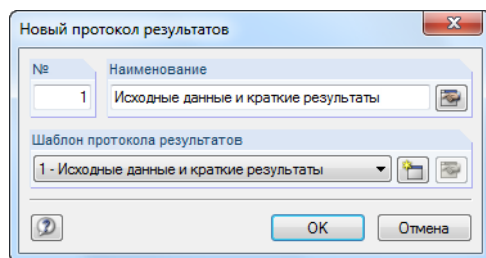


Рисунок 10.2: Диалоговое окно *Новый протокол результатов*

Номер доклада будет сохранен, но может быть изменен. В поле ввода *Обозначение*, можно ввести имя отчета, что позже облегчает выбор из перечнев. Это описание не появляется в распечатке.

Кроме того, можно выбрать конкретный шаблон отчета из списка в диалоговом разделе *Шаблон протокола результатов* (см. главу 10.1.7, страница 426).

Кнопки в окне диалога имеют следующие функции:



	Новый шаблон отчета может быть создан.
	Выбор отчета можно редактировать (→ раздел 10.1.3, страница 414).

Таблица 10.1: Кнопки в диалоговом окне *Новый протокол результатов*

Когда протокол результатов уже доступен, и вы выбрали **Открыть протокол результатов** в меню **Файл**, то появляется *Администратор протокола результатов*.

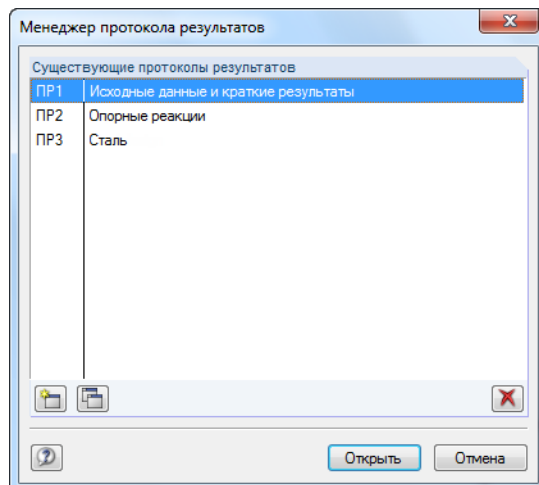


Рисунок 10.3: Диалоговое окно *Менеджер протокола результатов*

Можно выбрать соответствующий отчет из списка.

Кнопки в окне диалога имеют следующие функции:



	Создают новый протокол результатов
	Удаляют выбранные протоколы результатов

Таблица 10.2: Кнопки в окне диалога *Менеджер протокола результатов*

10.1.2 Работа в протоколе результатов

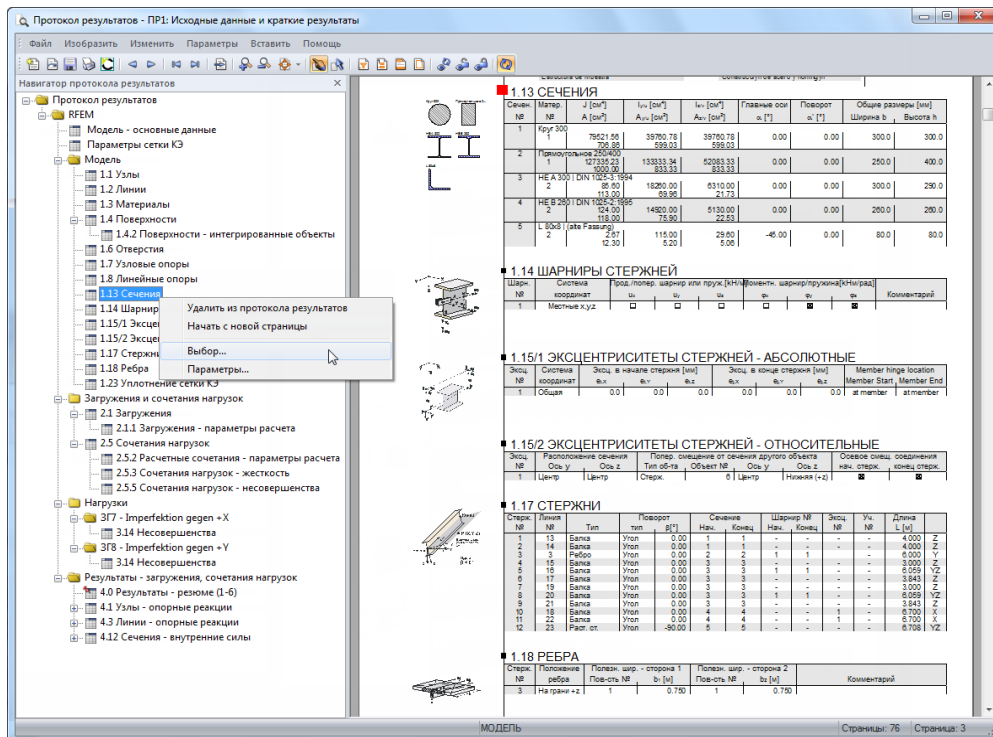


Рисунок 10.4: Протокол результатов с контекстным меню

Когда протокол результатов открыт, вы видите навигатор отчета слева. Справа представлен вид страницы с предварительным просмотром распечатки.

Отдельные главы отчета могут быть сдвинуты в любой точке навигатора, с помощью функции перетаскивания.

Контекстное меню

Контекстное меню предлагает дополнительные опции для настройки протокола результатов. Как обычно у приложений Windows, множественный выбор возможен с помощью клавиши [Ctrl] или [Shift].

Удаление из протокола результатов

Выбранный раздел будет удален. Если вы хотите его снова вставить, воспользуйтесь выбором: Нажмите *Выбор* в *Редактировать* меню, чтобы открыть Диалоговое окно, в котором можно выбрать данные для изображения в протоколе результатов.

Начать с новой страницы

Выбранная раздел начинается с новой страницы. Она отмечен красным цветом в навигаторе (как раздел *Результаты - резюме*, показанная на рисунке выше).

Выбор

У вас есть доступ к глобальному выбору, который описан на следующих страницах. Пред-установлена выбранный раздел.

Свойства

Некоторые общие свойства выбранного раздела могут быть изменены.



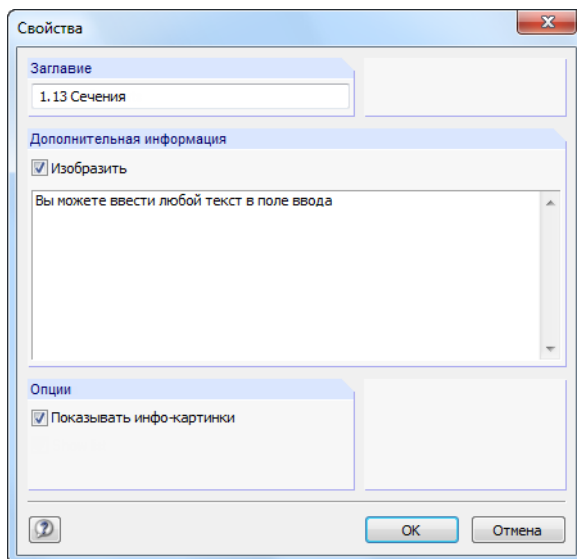


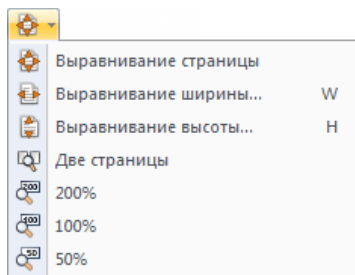
Рисунок 10.5: Диалоговое окно *Свойства*

Можно изменить *Заглавие* и ввести *Дополнительное объяснение*, которое будет отображаться в левом поле доклада. Дополнительный текст может быть включен и выключен для отображения как *информационное изображение* главы (например чертежи сечений или загрузка).

Поиск в протоколе результатов

Чтобы посмотреть на отдельную часть протокола результатов, нажмите соответствующую запись раздела в навигаторе.

Режим **Вид** предоставляет дополнительные функции для навигации. Можно также использовать кнопки на панели инструментов отчета, чтобы получить доступ к соответствующей функции.













	Перейти на предыдущую страницу в режиме предварительного просмотра страницы
	Перейти на следующую страницу
	Перейти на первую страницу в режиме предварительного просмотра страницы
	Перейти на последнюю страницу
	Укажите номер конкретной страницы в диалоговом окне.
	Увеличить
	Уменьшить
	Кнопка списка <i>Приблизить</i> для корректировки размера изображения
	Режим захвата: Используйте мышь для навигации в отчете.
	Режим выбора: Выберите и редактируйте разделы с помощью мыши.

Таблица 10.3: Кнопки навигации на панели инструментов протокола результатов

10.1.3 Определение содержания протокола результатов

В глобальном выборе, можно выбрать разделы, которые вы хотите поместить с протокол результатов. Чтобы получить доступ к соответствующей функции,



выберите **Выбор** в **Редактировать** меню

или используйте кнопку на панели инструментов, показанную слева. Можно также использовать контекстное меню *Протокол результатов* пункта навигатора.

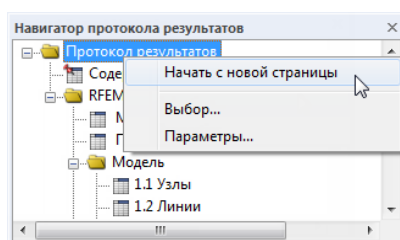


Рисунок 10.6: Откройте глобальный выбор через *Протокол результатов* контекстное меню

Появится следующее диалоговое окно:

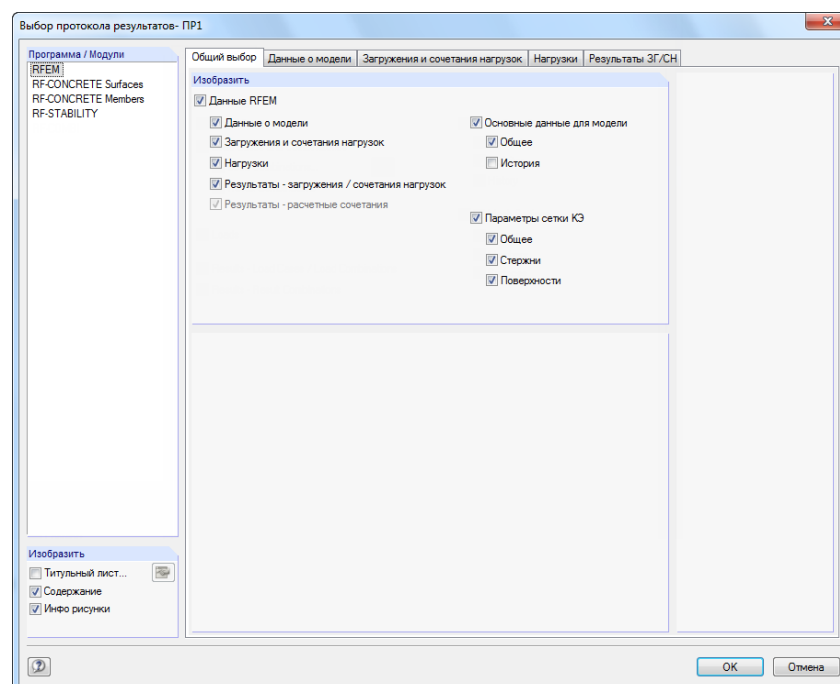


Рисунок 10.7: Диалоговое окно *Выбор протокола результатов*, вкладка *Общий выбор*

Список в разделе диалога *Программа / Модули* содержит все дополнительные модули, в которых возможен ввод данных. Когда программа выбрана в списке, можно выбрать разделы для печати на вкладках справа.

Вкладка *Общий выбор* управляет основными разделами отчета. Если вы снимите флажок флажок, соответствующая детальная вкладка также исчезнет.

Используйте три флажка в разделе диалога *Изобразить* (внизу слева), чтобы решить, если *Титульный лист*, таблица *Алфавитный указатель* и малые *Инфо рисунки* будут отображаться на полях отчета.

10.1.3.1 Выбор данных о модели

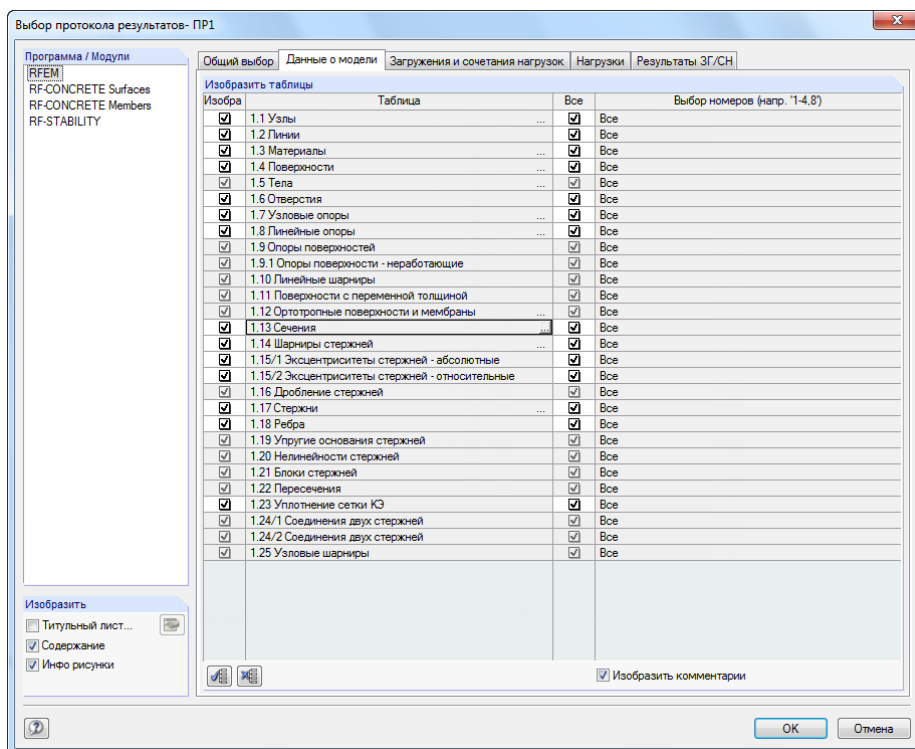


Рисунок 10.8: Диалоговое окно *Выбор протокола результатов*, вкладка *Данные о модели*

С помощью флажков в столбце *Изобразить* вы решите, какие разделы появляются в протоколе результатов.

Для некоторых таблиц вы найдете подразделы. При нажатии кнопки, например, в поле таблицы *1.13 Сечения*, кнопка [...] включена, и можно открыть другое диалоговое окно, в котором можно выбрать разделы, для которых также будут показаны детали сечений. Чтобы определить типы и количество деталей, используйте кнопку [Детали], показанную слева.

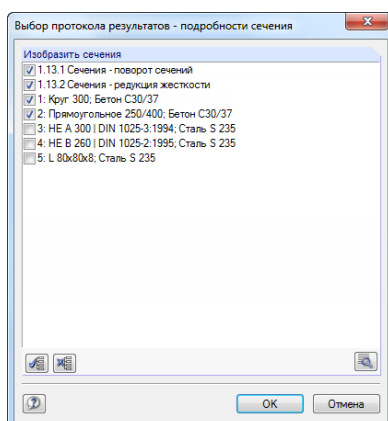


Рисунок 10.9: Диалоговое окно *Выбор протокола результатов - Подробности сечения*

Протокол результатов основан на вводных таблицах, описанных в разделе 4. С помощью флажков в третьей колонке *Все*, вы решаете, если все строки выбранной таблицы будут включены в распечатку. Когда флажок снят, можно указать номера выбранных объектов (строк таблицы) в столбце *Номер выбора*.

Опять же, рекомендуется использовать кнопку [...], которая становится доступной в конце поля ввода, потому что в этом случае можно выбрать в графическом виде в рабочем окне узлы, линии, поверхности, стержни, блоки стержней, отверстия и сплошные тела. Для остальных объектов появится список с табличными строчками.

10.1.3.2 Выбор данных о нагрузке

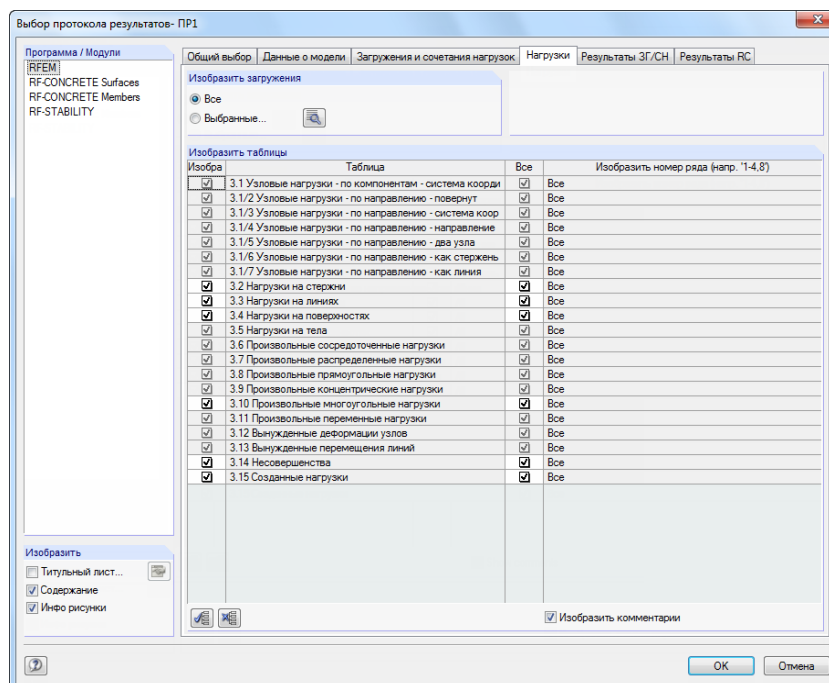


Рисунок 10.10: Диалоговое окно *Выбор протокола результатов*, вкладка *Нагрузки*

Таблицы выбираются, как описано в предыдущей главе 10.1.3.1

Дополнительные возможности выбора в этой вкладке: В разделе диалога *Изобразить загрузку*, можно решить появятся ли в распечатке входные данные *Все* или только отдельных загрузок. Когда поле выбора *Выбранный*, можно использовать кнопку включен [Подробнее], чтобы открыть новое диалоговое окно, в котором можно выбрать загрузки.

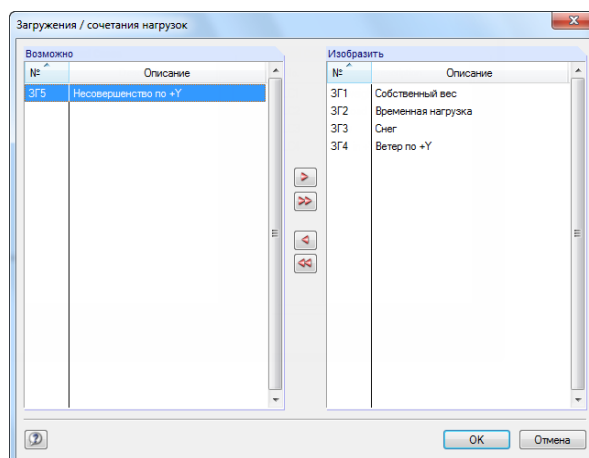


Рисунок 10.11: Выбор загрузок

10.1.3.3 Выбор результатов

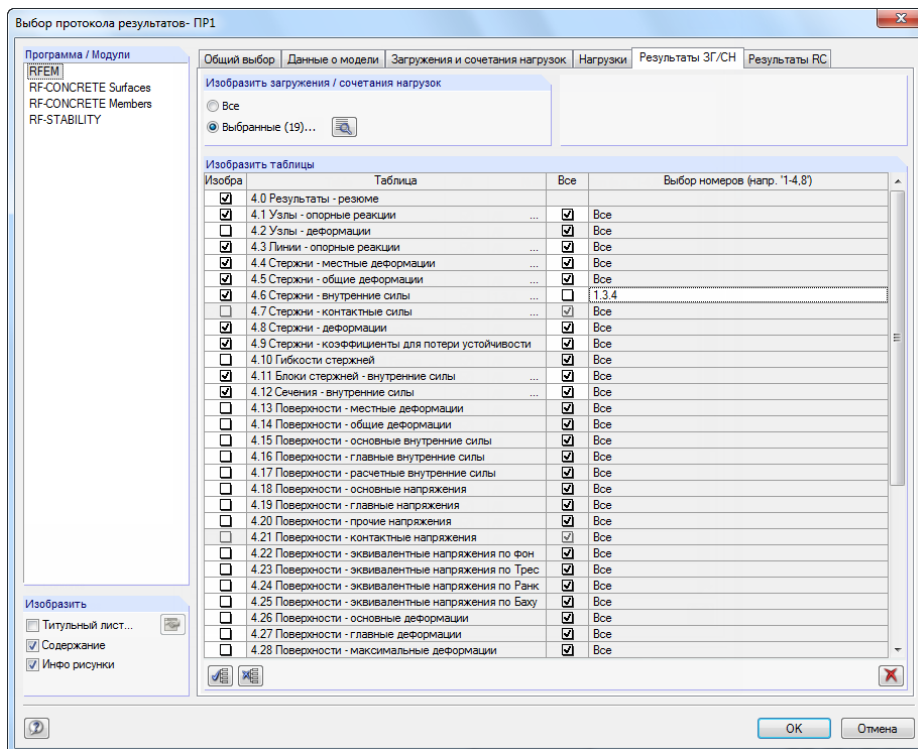


Рисунок 10.12: Диалоговое окно *Выбор протокола результатов*, вкладка *Результаты ЗГ/СН*

Выбор данных результатов, которые, как правило, комплексные, проводится в двух диалоговых вкладках: Вкладка *Результаты ЗГ/СН* управляет выбором для загрузок и сочетаний нагрузок, вкладка *Результаты РС* управляет распечаткой для результатов расчётных сочетаний.

Результаты данных могут быть получены, как данные загрузки (см. предыдущий раздел 10.1.3.2): Используйте поле выбора *Выбранный*, чтобы ограничить распечатку данных с результатами отдельных загрузок или сочетаний. В разделе диалога *Изобразить таблицы*, можно выбрать таблицы и строки таблиц, как описано в разделе 10.1.3.1. Колонки *Номер выбора* позволяет задать конкретные объекты или выбирать объекты в графическом виде с помощью кнопки [...], доступ к которой можно получить в конце строки таблицы.

В *Таблица* колонке, вы увидите некоторые строки таблицы, показывающие три точки в конце строки. Точки обозначают кнопку [...], которую можно активировать, нажав в строке таблицы. Используйте эту кнопку для доступа к дополнительным критериям отбора, например, для внутренних сил стержней.

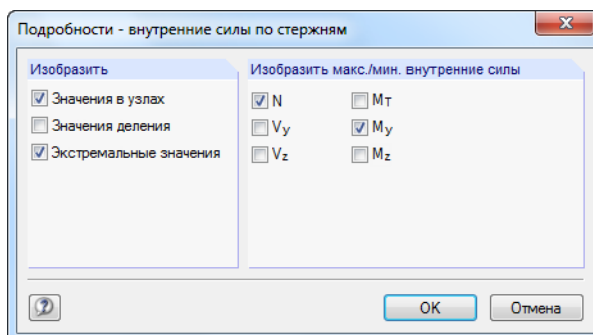


Рисунок 10.13: Диалоговое окно *Подробности - внутренние силы по стержням*

В протоколе результатов перечислены результаты каждого стержня в следующих точках:

- Начальный и конечный узел
- Точки дробления в соответствии с заданным дроблением стержня (см. главу 4.16, страница 147)
- Экстремальные значения (*Max/Min*) результатов (см. главу 8.6, страница 321)

Выбор связан с настройками *Фильтр таблицы* (см. Рисунок 11.122, страница 528).

Можно значительно сократить степень распечатка, ограничивая итоговые данные по результатам, которые необходимы для вашей документации.



10.1.3.4 Выбор данных из дополнительных модулей

Все данные модуля для печати также управляются в протоколе результатов программы RFEM. Можно суммировать их вместе с данными RFEM в один отчет, или организовать их в отдельных протоколы результатов. Для сложных структурных систем с большим количеством расчётных случаев, рекомендуется разделить данные на несколько протоколов результатов, что делает расположение данных яснее.

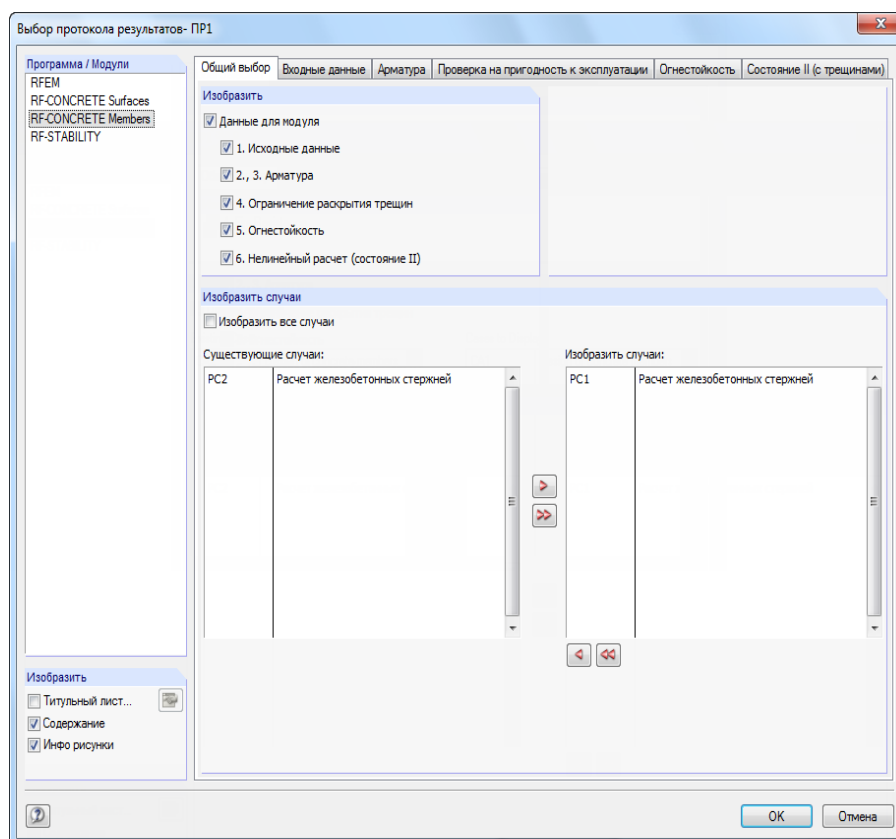


Рисунок 10.14: Диалоговое окно *Выбор протокола результатов*, вкладка *Общий выбор* дополнительного модуля **RF-CHNCRETE Стержни**

В дополнение к RFEM, список в разделе диалога *Программа / Модули* содержит все дополнительные модули, в которых были сделаны записи. Когда вы выбрали модуль из списка, можно выбрать разделы для печати на вкладках справа.

Вкладка диалога *Общий выбор* управляет основными разделами дополнительного модуля. Когда вы снимите флажок, соответствующая детальная вкладка также исчезает.

В разделе диалога *Изобразить случаи*, функция *Изобразить все случаи* отмечена по умолчанию. Если вы хотите включать только частные расчётные случаи в протокол ре-



зультатов, то снимите флажок. Теперь, можно перемещать случаи, которые вам не нужны из списка *Изобразить случаи* в список *Существующие случаи*.

Выбор в подробных вкладках вводных данных и результатах похож на выбор, описанный в разделах 10.1.3.1 *Выбор данных о модели* и 10.1.3.3 *Выбор результатов*.

10.1.4 Настройка верхнего колонтитула протокола результатов



Во время установки программы заголовок протокола результатов создается на основе данных заказчика. Чтобы изменить спецификации,

выберите **Заголовок** в **Параметры** меню протокола результатов

или используйте кнопку панели инструментов в протоколе результатов, показанную слева.

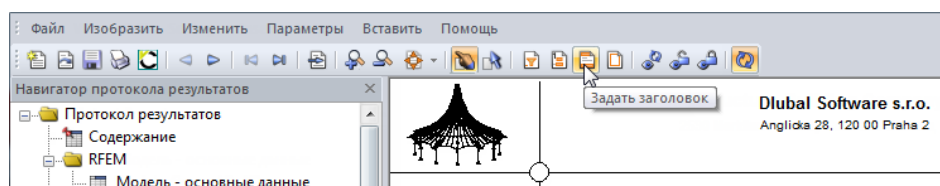


Рисунок 10.15: Button *Заголовок установки*

Появится следующее диалоговое окно:

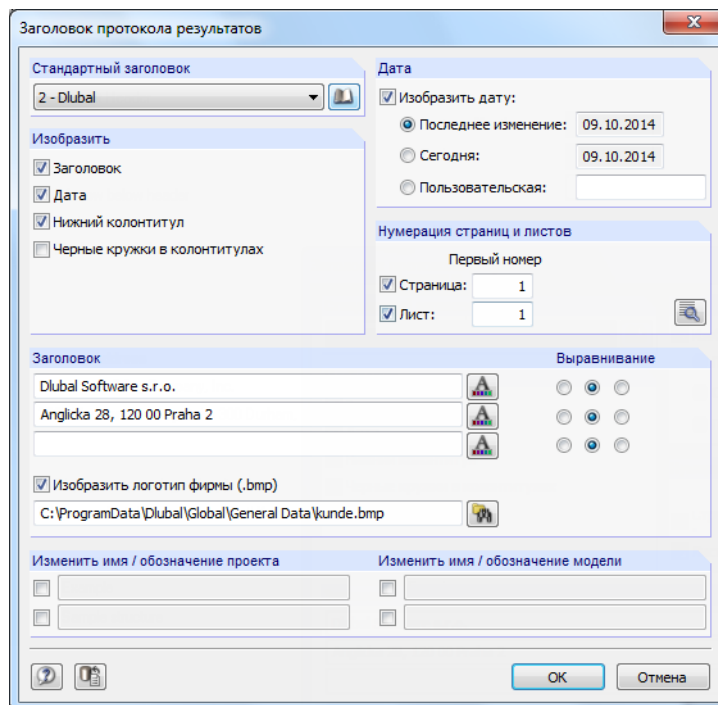


Рисунок 10.16: Диалоговое окно *Верхний колонтитул протокола результатов*

Установка заголовка по умолчанию

В случае, если возможны несколько заголовков отчета, можно выбрать подходящий заголовок в списке.



Кроме того, можно использовать кнопку [База данных колонтитулов] для доступа к различным заголовкам отчетов. Кроме того, можно создавать, изменять или удалять заголовки в библиотеке.

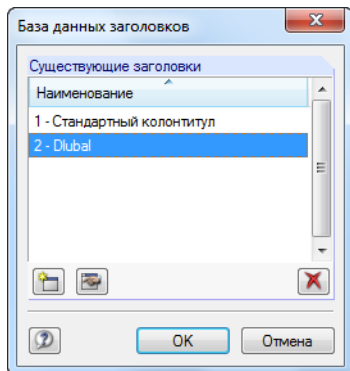


Рисунок 10.17: Диалоговое окно База данных колонтитулов

Кнопки *База данных колонтитулов* имеют следующее значения:




	Новый заголовок создается. Введите спецификации в другом диалоговом окне, структура которого похожа на один из <i>Заголовков</i> диалогового окна (см. Рисунок 10.16).
	Можно редактировать свойства выбранного заголовка протокола результатов.
	Заголовок, который выбран в списке, будут удален.

Таблица 10.4: Кнопки в диалоговом окне База данных колонтитулов



Заголовки протокола результатов, как правило, хранятся в файле **DlubalProtoCH3Gonfig.cfg**, который вы найдете в общей папке мастера данных `C:\ProgramData\Dlubal\Stammdat`. Во время обновления файл не будет перезаписан. Тем не менее, сохранение резервной копии файла может быть полезным.

Отдел *Отобразить*

Настройки в этом диалоговом разделе определяют элементы заголовков или отображения макета страницы.

Опция *Инфо строка под верхним колонтитулом* включает и выключает отображение проекта и модели данных, с или без даты (см. ниже). Описание проекта взято из общих данных проекта, заполненных в Менеджере проекта (см. главу 12.1.1, страница 590). Описание модели берется из базы данных модели (см. главу 12.2, страница 599). Можно отрегулировать спецификации по умолчанию для распечатки в диалоговых разделах *Изменить имя / обозначение проекта* и *Изменить имя / обозначение модели*.

Нижний колонтитул можно включать и выключать, а также *Черные круги* в точках пересечения границы с линиями колонтитулов.

Дата

RFEM предоставляет автоматические настройки по умолчанию и *Определённый пользователем* опцию спецификации для отображения даты в заголовке протокола результатов.

Нумерация страниц и разделов

Если *Страница* и *Лист* имеют одинаковые начальные цифры и отмечены флажки *ДОтображение*, то нет различий в нумерации. Но если вы хотите назначить листу несколько страниц, то можно ввести подробную спецификацию для нумерации с помощью кнопки [Настройки], показанной на рисунке слева.

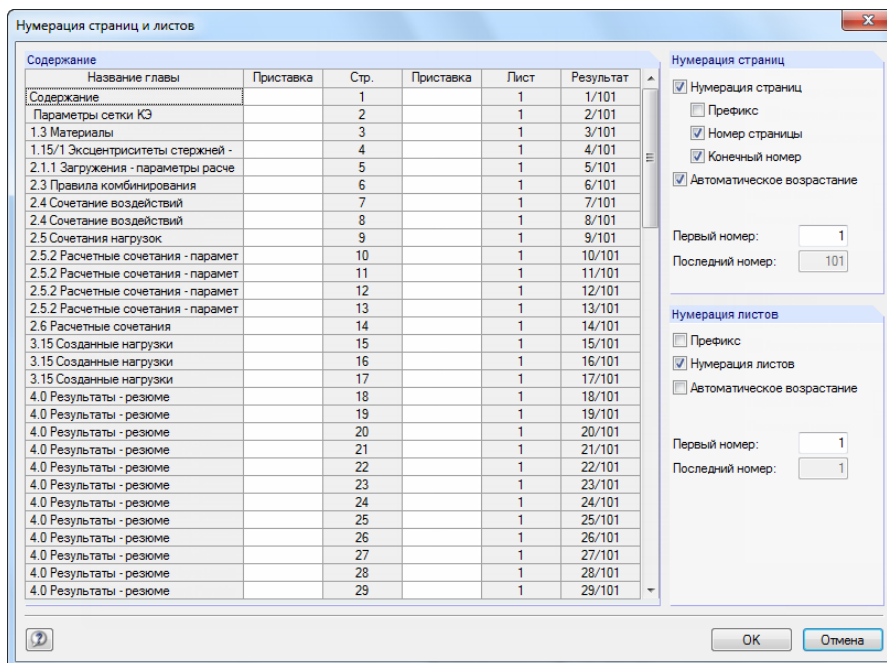


Рисунок 10.18: Диалоговое окно *Нумерация страниц и листов*

Используйте это диалоговое окно, чтобы решить, если *Префикс* применяется перед *Нумерация страниц*. Префикс может быть аббревиатурой, которая определяется с помощью раздела, указывая, например, все модели данных в нумерации с помощью префикса "МО". Кроме того, можно решить, если *Конечный номер* включен, например "Страница: МО3/25".

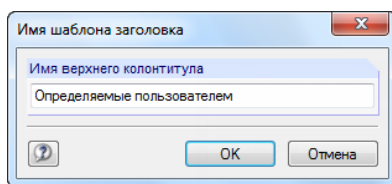
Используйте два флажка *Автоматическое возрастание* в диалоговых секциях вправо, чтобы определить непрерывную нумерацию. Кроме того, можно указать *Первый номер* для нумерации страницы и листа. Столбец таблицы *Результат* показывает результат всех спецификаций динамически.

Заголовок компании

Этот диалоговый раздел окна диалога *Верхний колонтитул протокола результатов* содержит информацию от данных клиента, которые могут быть скорректированы. Доступно отдельное поле ввода для каждого из трех рядов заголовка отчета. Используйте кнопку [A] на экране слева, чтобы изменить шрифт и размер шрифта. Регулирование *строк* также можно определить отдельно.

Левая область заголовка резервирована для логотипа компании. Изображение должно быть в растровом формате файла (MS Paint, например, сохраняет графику как *. bmp).

Чтобы сохранить измененные настройки, нажмите кнопку [Задать нормальный колонтитул] в нижней части диалогового окна. Открывается диалоговое окно *Имя шаблона верхнего колонтитула*, в котором вы должны ввести описание. Тогда, новый заголовок отчета будет выглядеть как *Нормальный колонтитул* в верхней части распечатки.

Рисунок 10.19: Диалоговое окно *Имя шаблона верхнего колонтитула*

Изменить название/обозначение проекта или модели

В обоих диалоговых разделах предустановлены, проект и наименование модели, в том числе определённые пользователем описания. Чтобы изменить предустановки, отметьте флажки перед соответствующим названием. Таким образом, поля ввода становятся доступными для новых записей, которые появляются в распечатке позже.

10.1.5 Вставка рисунков из программы RFEM

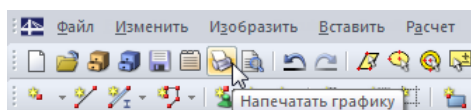
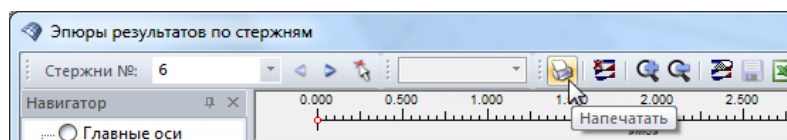


Каждый рисунок, отображаемый в рабочем окне, может быть интегрирован в протокол результатов. Кроме того, в отчет можно включить диаграммы с результатами сечений, стержней и линейных опор, а также детали сечений с помощью кнопки [Печать] в соответствующих диалоговых окнах.

Чтобы распечатать отображаемое в данный момент изображение,

выберите **Печать графики** в **Файл** меню

или используйте кнопку на панели инструментов, показанную слева.

Рисунок 10.20: Кнопка *Печать графики* на панели инструментов рабочего окнаРисунок 10.21: Кнопка *Печать* на панели инструментов *Эпюра результатов* окна

Появится следующее диалоговое окно:

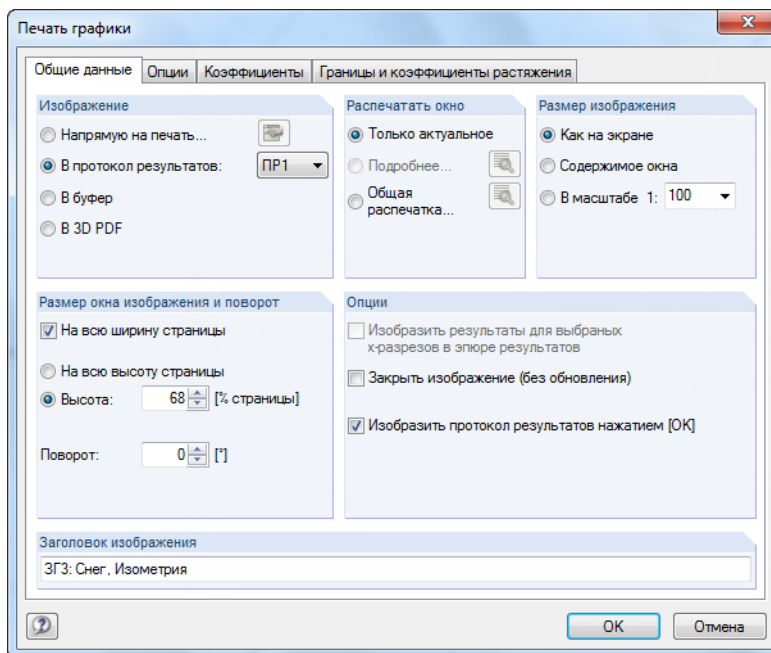


Рисунок 10.22: Диалоговое окно *Печать графики*, вкладка *Основные*

В графическом виде рисунок

В разделе диалога *Изображение*, выберите опцию *В протокол результатов*. Если доступно несколько протоколов результатов, то можно выбрать номер целевого отчета в списке справа.

Возможности

Блокировка графического изображения

Нормой RFEM является генерирование динамической графики: Когда модель или результаты изменены, графики в протоколе результатов будут обновляться автоматически. Если проблемы производительности происходят в докладе из-за графики, можно остановить динамическую регулировку, отметив флажок для *Блокировки графического изображения (без обновления)* в разделе диалога *Дополнения*.

Конечно, в протоколе результатов изображение можно разблокировать. Щелкните правой кнопкой мыши на графическом виде элемент в навигатора отчета, чтобы открыть его контекстное меню (см. Рисунок 10.4, страница 412). Выберите *Свойства* чтобы снова открыть Диалоговое окно *Печать графики* для изображения. Можно также пометить графику в навигаторе отчета и выбрать *Свойства раздела* в *Редактировать* меню.

Кнопки блокировки на панели инструментов протокола результатов предоставляют больше функций для классификации графиков как статических или динамических (см. Рисунок 10.4, страница 412). Кнопки имеют следующие функции:




	Обновляет все графики
	Открывает все графики, которые затем могут быть обновлены динамически
	Блокирует все графики, которые затем фиксируются в протоколе результатов

Таблица 10.5: В графическом виде кнопки в протоколе результатов

Изобразить протокол результатов нажатием [OK]

Обычно, когда закрытия диалогового окна с помощью [OK], открывается протокол результатов, так что можно проверить результаты печати. Это может быть раздражающим, например, когда к протоколу результатов вы хотите взять ряд графиков один за другим. После снятия флажка, можно распечатать рисунки, не ожидая создания протокола результатов.



Остальные функции и вкладки диалогового окна *Печать графики* описаны в главе 10.2 на странице 436.

10.1.6 Вставка других отображений и текстов

Внешние графики и тексты Можно также интегрировать в протокол результатов программы RFEM.

Вставка отображения

Чтобы вставить рисунок, который не является изображение программы RFEM, сначала вам необходимо открыть в графическом виде файл в графическом редакторе (например, MS Paint). Затем скопируйте его в буфер обмена с помощью клавиш клавиатуры [Ctrl] + [C].

Чтобы вставить изображение из буфера обмена в протокол результатов, выберите **Изображение из буфера** в **Вставить** меню.

Вы должны ввести имя раздела нового изображения перед его вставкой.

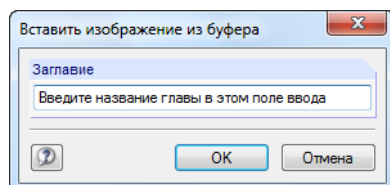


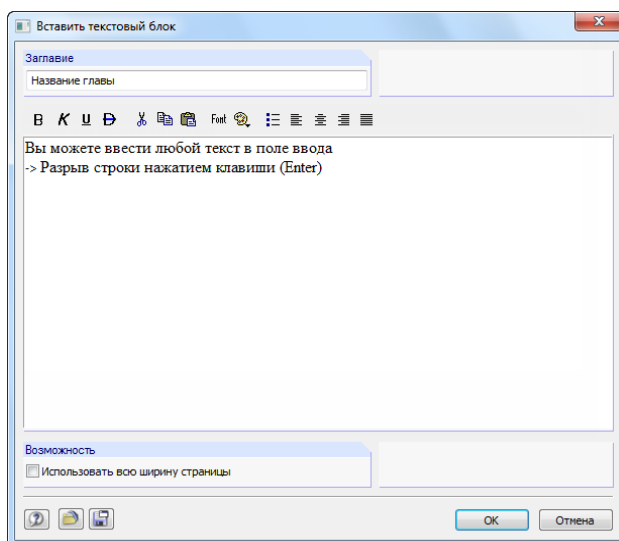
Рисунок 10.23: Диалоговое окно *Вставить изображение из буфера обмена*

Изображение появится как одна раздел в протоколе результатов.

Вставка текста

Короткие пользовательские заметки также могут быть добавлены в протокол результатов. Чтобы открыть соответствующее диалоговое окно,

выберите **Текст Блок** в **Вставить** меню.

Рисунок 10.24: Диалоговое окно *Импортировать текст*

Введите *Заглавие* и *Текст* в Диалоговое окно. После нажатия [OK] раздел будет вставлен в конец протокола результатов. Затем, можно использовать функцию перетаскивания для перемещения раздела на соответствующее место в протоколе результатов.



В режиме выбора (см. Таблица 10.3, страница 413) впоследствии можно изменить текст двойным щелчком мыши. Как вариант, можно щелкнуть правой кнопкой мыши заголовок в навигаторе отчета, и затем выбрать *Свойства* в контекстном меню.

Текстовые файлы и файлы RTF

Можно интегрировать текстовые файлы, доступные в формате ASCII, а также в формате RTF файлов, включая встроенные изображения в протокол результатов. Таким образом, можно сэкономить повторяющиеся тексты в файлах, чтобы использовать их в отчете.

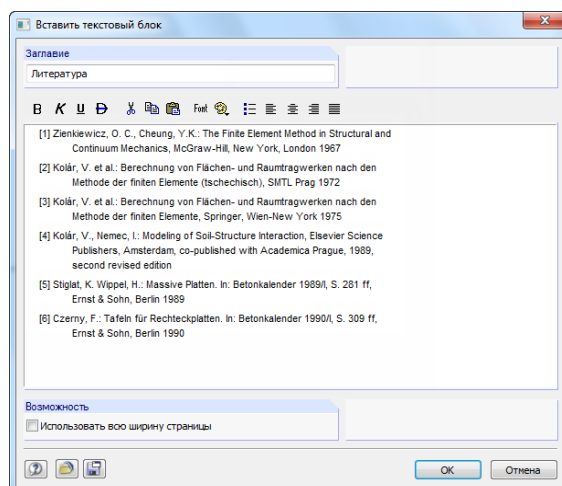
Кроме того, эта функция позволяет интегрировать данные анализа из других программ для проектирования в протокол результатов, при условии, что результаты доступны в ASCII или в формате RTF.

Чтобы вставить текст и RTF файлы,
выберите **Текстовый файл** в **Вставить** меню.

Сначала появится диалоговое окно *Windows Открыть*, в котором можно выбрать файл. После нажатия кнопки [OK], раздел будет добавлен в конец протокола результатов. Затем, можно использовать функцию перетаскивания для перемещения раздела на соответствующее место в протоколе результатов.



В режиме выбора (см. Таблица 10.3, страница 413) впоследствии можно изменить текст правой кнопкой мыши. Появится Диалоговое окно *Импортировать текст* для пользовательских корректировок.

Рисунок 10.25: Диалоговое окно *Импортировать текст*

10.1.7 Шаблон протокола результатов

Выбор, описанный в главе 10.1.3 занимает довольно много времени. Можно сохранить такой выбор, включая графику, как шаблон, который можно использовать и для других моделей. Создание протоколов результатов становится более эффективным на основе шаблонов.

Существующий протокол результатов может быть сохранен как шаблон, тоже.

Создание нового шаблона

Чтобы определить новый шаблон,

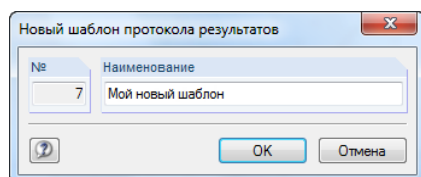
укажите на **Шаблон протокола результатов** в **Параметры** меню протокола результатов, и затем выберите **Новый** или

укажите на **Шаблон протокола результатов** в **Параметры** меню протокола результатов, и затем выберите **Новый из актуального протокола результатов**.

Новый

Сначала откроется диалоговое окно, описанное в главе 10.1.3 на странице 414.

Используйте вкладки для выбора тех разделов, которые вы хотите напечатать. Когда выбор будет завершен, нажмите кнопку [OK] и введите *Обозначение* для нового шаблона отчета.

Рисунок 10.26: Диалоговое окно *Новый шаблон протокола результатов*

Новый из актуального протокола результатов

Выбор отображаемой в данный момент протокола результатов используется для нового шаблона. Введите *Обозначение* нового шаблона отчета в диалоговом окне (см. Рисунок 10.26).

Применение шаблона

Когда протокол результатов уже открыт, можно применить выбранное содержимое шаблона для текущего отчета. Чтобы открыть соответствующее диалоговое окно,

выберите **Шаблон протокола результатов** в **Параметры** меню и затем нажмите **Выбрать**.

Откроется диалоговое окно, в котором можно выбрать шаблон из списка *Существующие шаблоны протокола результатов*.

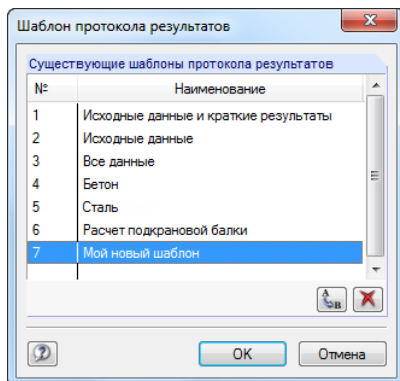


Рисунок 10.27: Диалоговое окно *Шаблон протокола результатов*

Детали к кнопкам в этом диалоговом окне можно найти в Таблица 10.6.

После подтверждения диалогового окна и последующего запроса по безопасности, текущий выбор будет заменен на шаблона.

Теперь, когда вы создаете новый протокол результатов, можно выбрать шаблон из списка *Шаблон протокола результатов*, чтобы применить специальные настройки в новом отчете.

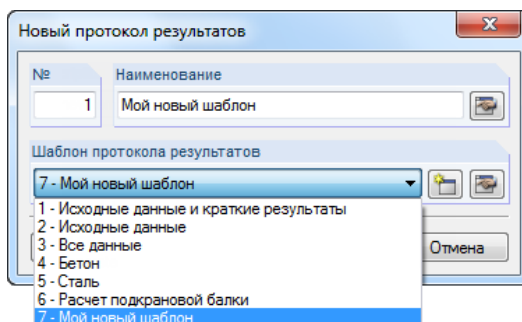


Рисунок 10.28: Диалоговое окно *Новый протокол результатов* с списком шаблонов

Управление шаблонами

Все шаблоны управляются в диалоговом окне *Шаблон протокола результатов*. Чтобы открыть диалоговое окно,

выберите **Шаблон протокола результатов** в **Параметры** меню и затем нажмите **Выбрать**.

Появится диалоговое окно, показанное на Рисунок 10.27. Функции кнопок доступны только для пользовательских шаблонов.



	Имя выбранного шаблона можно изменить.
	Выбранный шаблон будет удален.

Таблица 10.6: Кнопки в диалоговом окне *Шаблон протокола результатов*



Шаблоны протокола результатов хранятся в файле **RfemProtoCH3Гonfig.cfg**, который можно найти в папке мастера данных для RFEM 5 C:\ProgramData\Dluba\RFEM 5.xx\Общие

данные. Во время обновления данный файл не будет перезаписан. Тем не менее, сохранение резервной копии файла может быть полезным.

10.1.8 Корректировка макета

Макет протокола результатов может быть скорректирована, в отношении его шрифтов и цветов шрифта, а также его настроек полей и оформления таблиц.



Чтобы открыть диалоговое окно, где можно редактировать макет страницы, выберите **Страница** в **Параметры** меню протокола результатов или используйте кнопку панели инструментов в протоколе результатов, показанную слева.

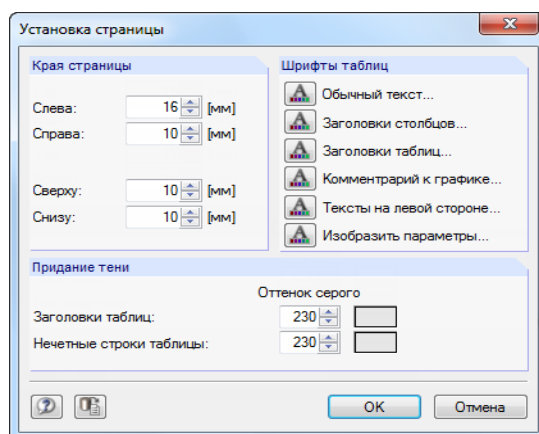


Рисунок 10.29: Диалоговое окно *Установка страницы*



Шрифты по умолчанию для содержимого таблиц и заголовков таблицы являются относительно небольшими. Тем не менее, вы должны быть осторожны с изменением **Arial** настроек по умолчанию: Большие шрифты не всегда подходят для столбцов.



Настройки макета также распространяется на протоколы результатов дополнительных модулей программы RFEM.

10.1.9 Создание титульного листа



В протокол результатов можно внести титульный лист. Чтобы открыть диалоговое окно, в котором можно ввести данные титульного листа,

выберите **Титульный лист** в **Параметры** меню в протоколе результатов или используйте кнопку панели инструментов в протоколе результатов, показанную слева.

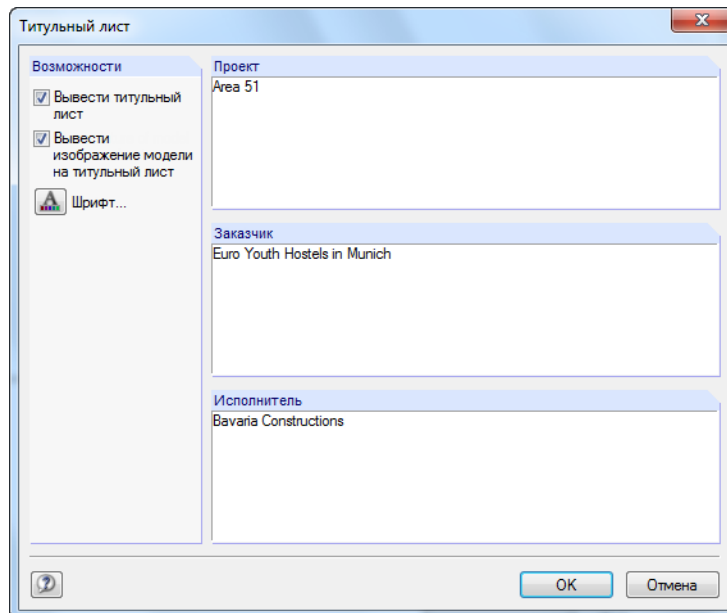
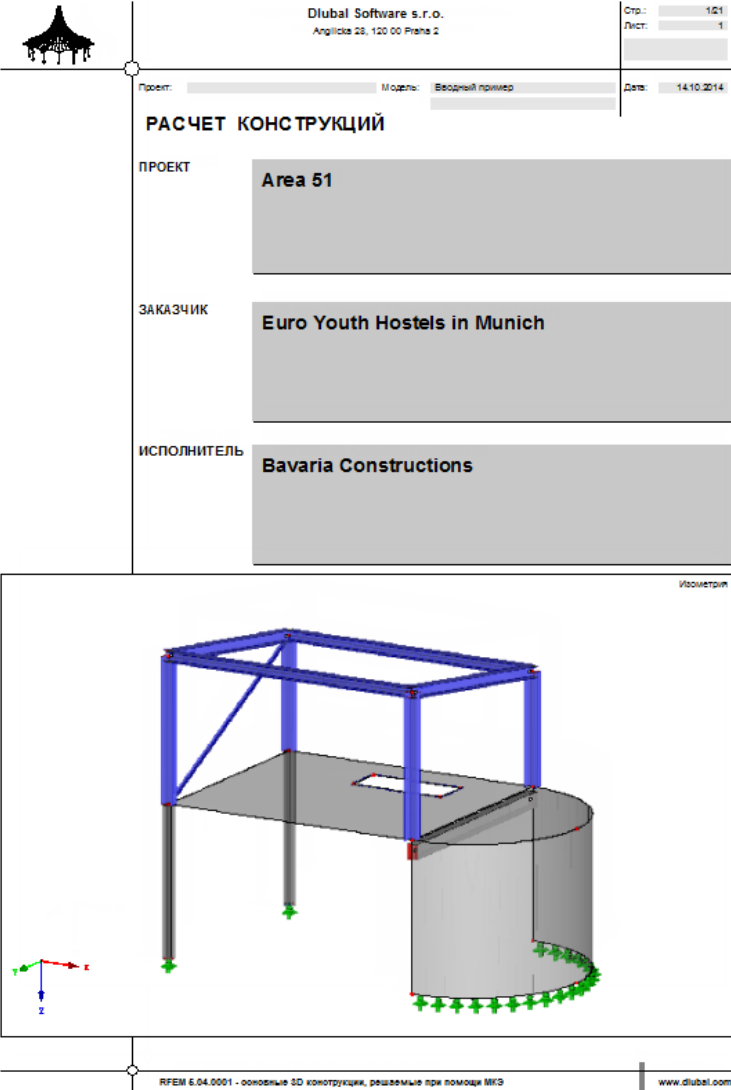


Рисунок 10.30: Диалоговое окно *Титульный лист*

Когда ввод данных завершен, нажмите кнопку [OK], для создания титульного листа в распечатке.



Dlubal Software s.r.o.
 Anglická 28, 120 00 Praha 2

Стр.: 1/21
 Лист: 1

Проект: _____ Модель: Безымянный пример Дата: 14.10.2014

РАСЧЕТ КОНСТРУКЦИЙ

ПРОЕКТ	Area 51
ЗАКАЗЧИК	Euro Youth Hostels in Munich
ИСПОЛНИТЕЛЬ	Bavaria Constructions

Изометрия

RFEM 6.04.0001 - основные 3D конструкции, решаемые при помощи МКЭ www.dlubal.com

Рисунок 10.31: Титульный лист в протоколе результатов



Содержимое титульного листа можно редактировать в очередной раз с помощью двойного щелчка в режиме выбора (см. Таблица 10.3, страница 413). Как вариант, можно щелкнуть правой кнопкой мыши на титульном листе в навигаторе протокола результатов и выбрать *Свойства* в контекстном меню.

10.1.10 Печать протокола результатов



Чтобы начать процесс печати,

выберите **Печать** в **Файл** меню в протоколе результатов

или используйте показанную слева кнопку на панели инструментов протокола результатов.

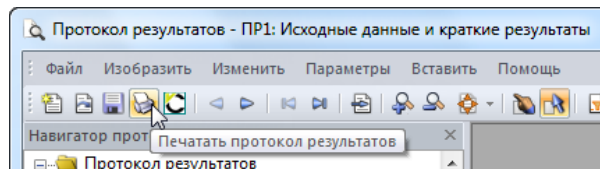


Рисунок 10.32: Кнопка *Печать протокола результатов*

Откроется диалоговое окно для принтера, установленного по умолчанию в Windows. Выберите принтер и обозначте страницы, которые вы хотите напечатать.

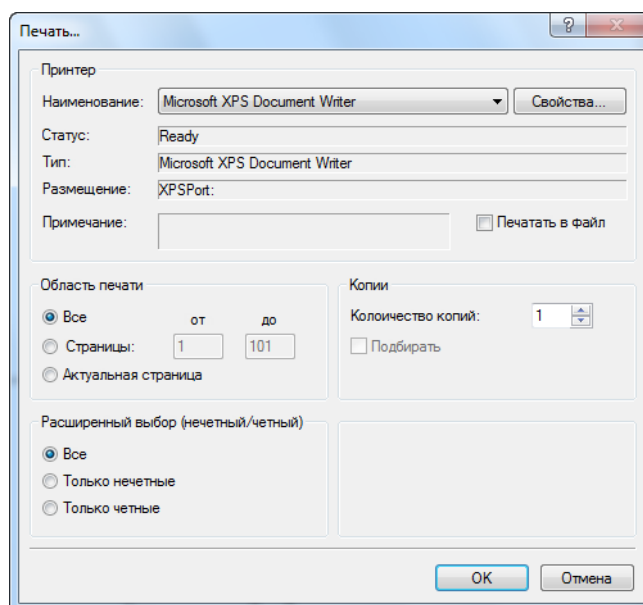


Рисунок 10.33: Диалоговое окно *Печать*

Если вы выберете другой принтер, чем принтер по умолчанию, разрыв страницы и, следовательно, номера страниц, напечатанные на бумаге, могут отличаться от предварительного просмотра в RFEM.

При выборе опции *Печать в файл*, можно создать файл печати в формате PRN, который можно отправить на принтер с помощью команды **Копирования**.

10.1.11 Экспорт протокола результатов

Протокол результатов можно экспортировать в различные форматы. Кроме того, можно экспортировать его непосредственно к *VCmaster*.

Экспорт в файл формата RTF

Все общие программы подготовки текста поддерживают формат файла RTF. Чтобы экспортировать протокол результатов, включая графику, как документ RTF,

выберите **Экспорт в RTF** в **Файл** меню.

Откроется диалоговое окно Windows *Сохранить как* :

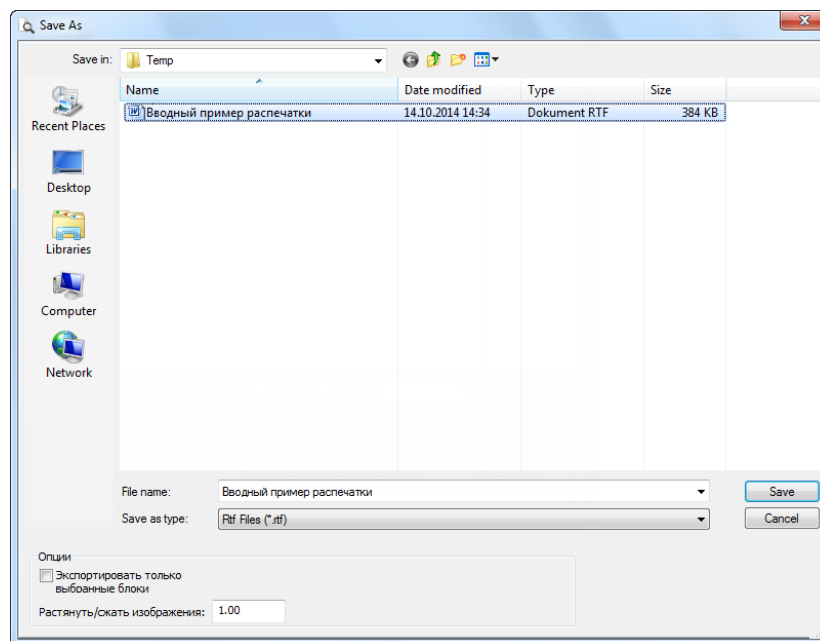


Рисунок 10.34: Диалоговое окно *Сохранить как*

Введите адрес и имя файла. Если отметить флажок для *Экспортировать только выбранные блоки*, только раздел(ы) ранее выбранная в навигаторе будет экспортироваться вместо всего отчета.

Экспорт в файл формата PDF

Интегрированное в программу RFEM устройство печати PDF позволяет выбирать данные отчета в PDF файле. Чтобы открыть соответствующее диалоговое окно,

выберите **Экспорт в PDF** в **Файл** меню.

Откроется диалоговое окно Windows *Сохранить как* (см. Рисунок 10.34), в котором вы введете адреса и имя файла. В разделе диалога *Обозначение* ниже, можно ввести заметки для файла PDF.



Кроме того, файл PDF создается с вкладками, которые облегчают навигацию в цифровом документе.

Экспорт в программу VCmaster

VCmaster от компании VEIT CHRISTOPH (ранее *BauText*) - это программа обработки текста с конкретными дополнениями для прочностных расчётов.

Чтобы начать прямой экспорт в *VCmaster*,

выберите **Экспорт в RTF** в **Файл** меню



или используйте показанную слева кнопку на панели инструментов протокола результатов [Экспорт в VCmaster].

Появится диалоговое окно, показанное на Рисунок 10.34, в котором вы должны отметить флажок *Прямой экспорт в программу VCmaster*.

Не обязательно вводить имя файла, но VCmaster должен работать в фоновом режиме. Чтобы запустить модуль импорта из VCmaster, нажмите [OK].

10.1.12 Настройка языка

Язык в протоколе результатов можно задать независимо от языка, который используется в графическом интерфейсе пользователя RFEM. Таким образом, можно создать, например, протокол результатов на немецком или итальянском языках, когда вы работаете с английской версией программы.

Изменение настройки языка для печати

Чтобы изменить язык, используемый в протоколе результатов, выберите **Язык** в **Параметры** меню протокола результатов.

Откроется диалоговое окно, в котором можно выбрать язык протокола из перечня.

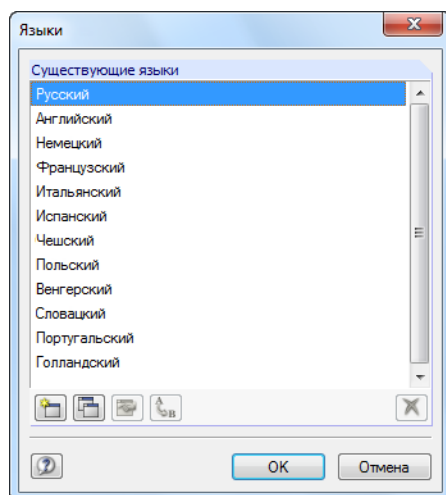


Рисунок 10.35: Диалоговое окно *Языки*

Добавление языка в список

Выражения, используемые в отчете о распечатки, хранятся в строках. Таким образом, добавление новых языков довольно легко.

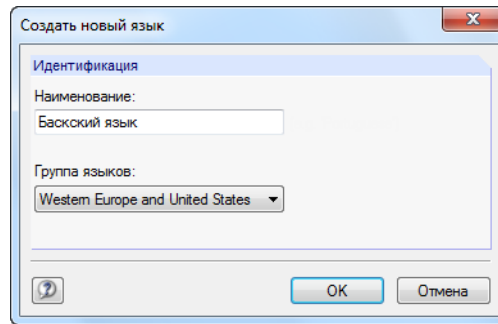
Во-первых, откройте диалоговое окно *Языки* с помощью выбора **Язык** в **Параметры** меню протокола результатов.

В нижней части диалогового окна (Рисунок 10.35), вы увидите некоторые кнопки, используемые для управления языками.

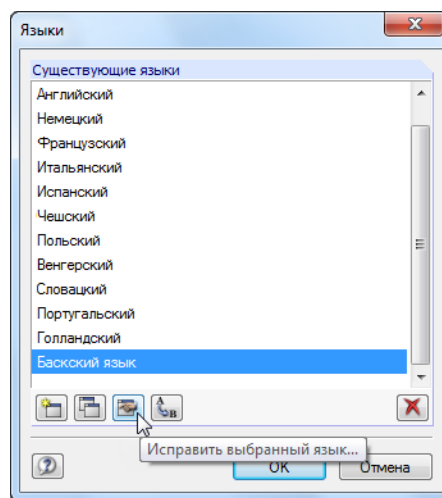


Создание нового языка

Нажмите на кнопку, показанную слева, чтобы открыть диалоговое окно ниже. Укажите *Имя* нового языка и выберите *Группу языка* из списка, так что набор символов будет интерпретироваться правильно.

Рисунок 10.36: Диалоговое окно *Создать новый язык*

Нажмите кнопку [OK] для подтверждения диалогового окна. Новый язык теперь доступен в списке *Существующих языков*.

Рисунок 10.37: Диалоговое окно *Языки*, кнопка *Редактировать выбранный язык*

Используйте кнопку [Редактировать] для ввода строк нового языка.

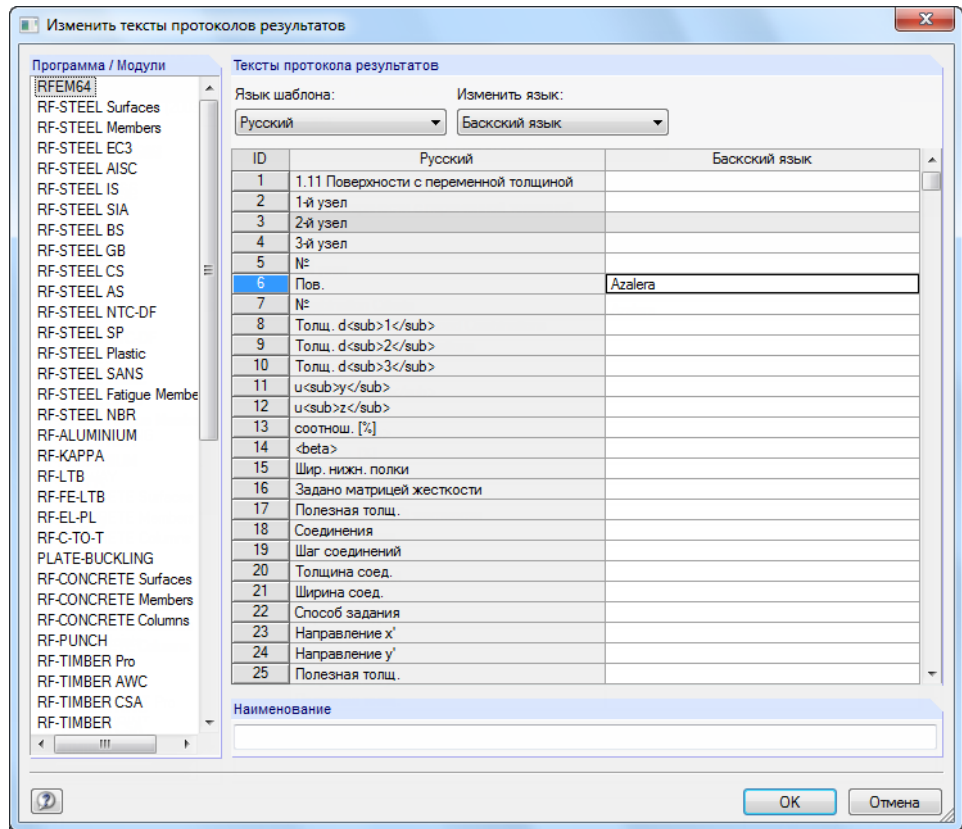


Рисунок 10.38: Диалоговое окно *Исправить тексты протоколов результатов*

Только пользовательские языки могут быть редактированы.



Копирование языка

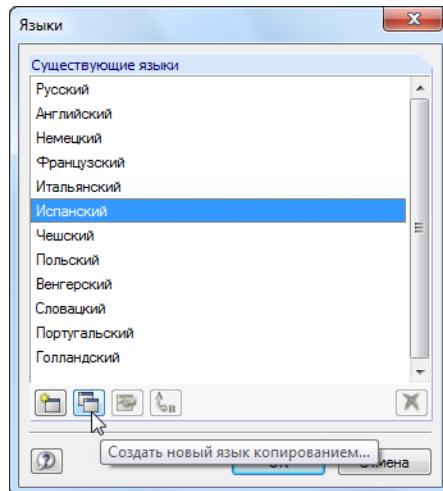


Рисунок 10.39: Диалоговое окно *Языки*, кнопка *Создать новый язык копированием*

Эта функция подобна функции для создания нового языка. Разница в том, что вы не создаете "пустой" столбец языка (см. Рисунок 10.38, колонка *Баскский*) с того момента, как термины выбранного языка уже заранее установлены

Переименование или удаление языка



Используйте оставшиеся кнопки в диалоговом окне *Языки* чтобы переименовать или удалить язык. Эти две функции не могут быть доступны для предустановленных языков по умолчанию, а только для определённых пользователем языков.

10.2 Прямая печать графики

Каждый график рабочего окна можно быть распечатан сразу, не внедряя его в протокол результатов (см. главу 10.1.5, страница 422). Диаграммы с результатами сечений, стержней, блоков стержней, линий и линейных опор, а также деталей сечений, могут также быть отправлены непосредственно на принтер с помощью кнопки [Печать], предлагаемой в соответствующих окнах.



Чтобы распечатать отображаемое в данный момент изображение непосредственно, выберите **Печать графики** в **Файл** меню или используйте кнопку на панели инструментов, показанную слева.

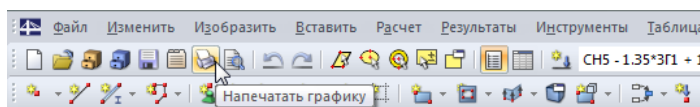


Рисунок 10.40: Кнопка *Печать графики* на панели инструментов главного окна

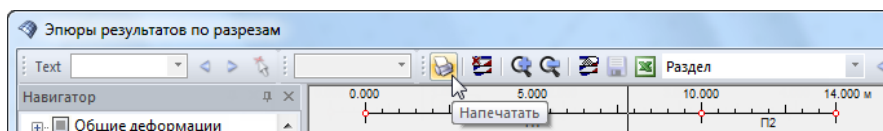


Рисунок 10.41: Кнопка *Печать* на панели инструментов *Эпока результатов* окна

Появится диалоговое окно с несколькими вкладками появляемых которых описаны в следующих разделах.

10.2.1 Вкладка *Общие*

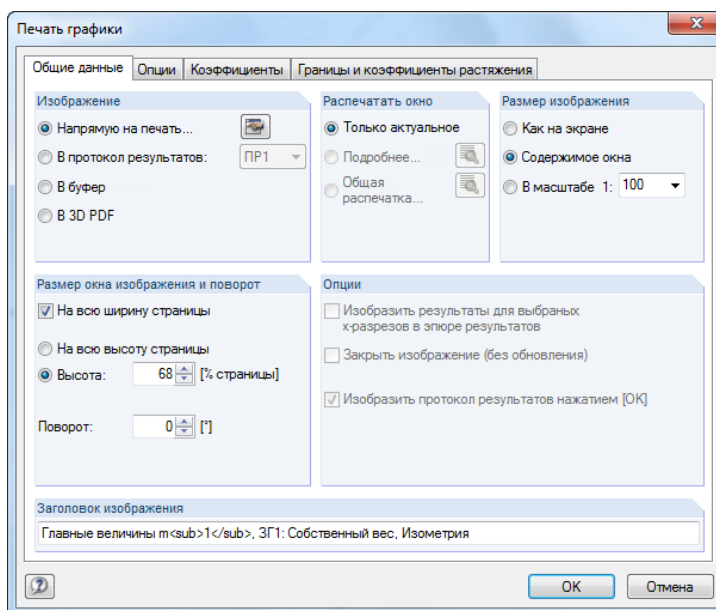


Рисунок 10.42: Диалоговое окно *Печать графики*, вкладка *Основные*

Окно рисунка

У вас есть три варианта графического вывода: Можно отправить рисунок

- непосредственно на принтер
- в протокол результатов (см. главу 10.1.5, страница 422)
- в буфер обмена.

Буфер обмена делает графику доступной для других программ, в которые она, как правило, может быть импортирована, с помощью функции выбора **Вставить** в **Редактировать** меню.



Функция *Прямо на печать* ведет к прямой распечатке. Можно настроить заголовок протокола результатов непосредственно с помощью кнопки [Редактировать Заголовок распечатки], которая открывает диалоговое окно *Верхний колонтитул протокола результатов* (см. главу 10.1.4, страница 419).

Печать окна

Раздел диалога *Распечатать окно* используется для определения параметров распечатки нескольких видов окон. Выберите *Только актуальное* для печати графики автотивного в данный момент окна (например, правое окно на Рисунок 10.43).

Пожалуйста, обратите внимание, что при печати нескольких в графическом виде окон (см. раздел 9.8, страница 398), можно печатать графику только из одной и той же модели. Перекрестная печать модели не представляется возможной.

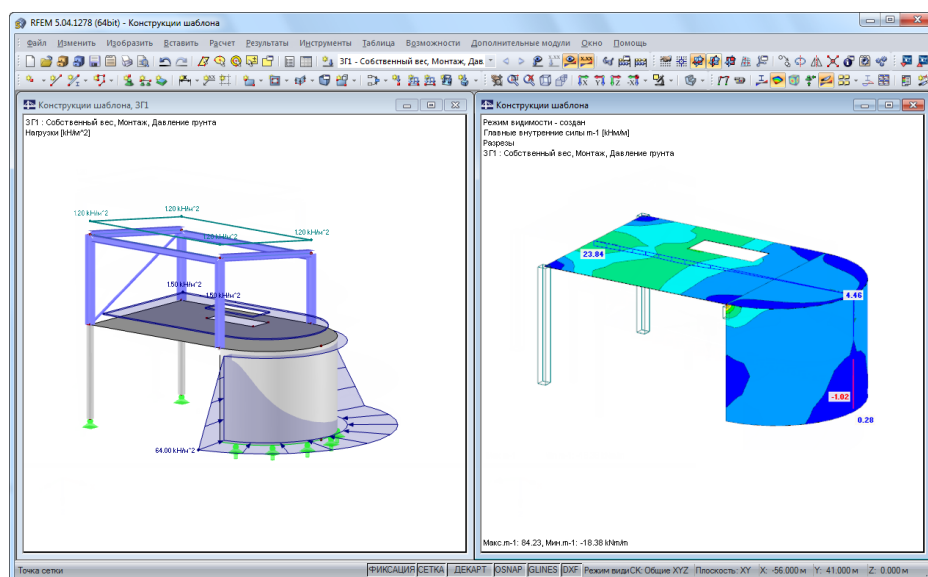
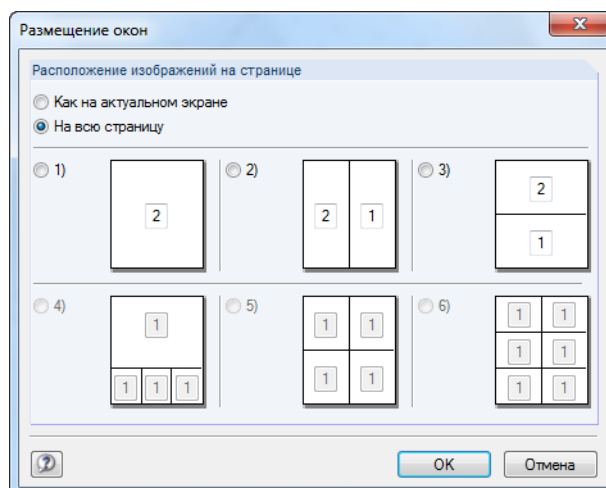


Рисунок 10.43: Отображение с двумя окнами одной и той же модели



Выбрать *Больше* чтобы активизировать кнопку [Редактировать Размещение окон], которая открывает диалоговое окно с функциями управления для размещения в распечатке графики.

Рисунок 10.44: Диалоговое окно *Размещение окон*

Выберите *Как на актуальном экране* чтобы расположить окна на распечатке листа в соответствии с пропорциями на экране. Тогда, общий рисунок на странице, как правило, будет шире, чем высота -, как это представлено на экране. Выберите *На всю страницу* чтобы использовать весь размер листа для отображения окон.



С помощью функции печати *Множественная печать* можно передавать графику по умолчанию одновременно в протокол результатов. После выбора этой опции, появится новое диалоговое окно, в котором можно определить параметры (см. главу 10.2.4, страница 443).

Размер рисунка

Раздел диалога в правом верхнем углу диалогового окна *Печать графики* (Рисунок 10.42) управляет масштабом изображения графики на листе.

Если вы хотите использовать один и тот же размер изображения, как на мониторе, выберите *Как на экране*. Воспользуйтесь этой возможностью, чтобы напечатать увеличенные области или специальные виды.

При выборе опции *Содержимое окна* печатается общая графика на листе. В настоящее время установленный угол вида используется для представления всей модели в указанном графическом размере изображения (см. следующий раздел диалога).

С помощью опции *Масштабировать* графика будет напечатана со шкалой, которая выбрана в списке или введена вручную в поле ввода. Снова используется в настоящее время установленный угол вида. Перспективный вид не подходит для масштабной распечатки.

Размер окна рисунка и Вращение

Настройки в этом диалоговом разделе определяют размер графики на листе.

Если установлен флажок *На всю ширину страницы*, левое поле за вертикальной линией деления дополнительно используется для графики, как показано на рисунке ниже.

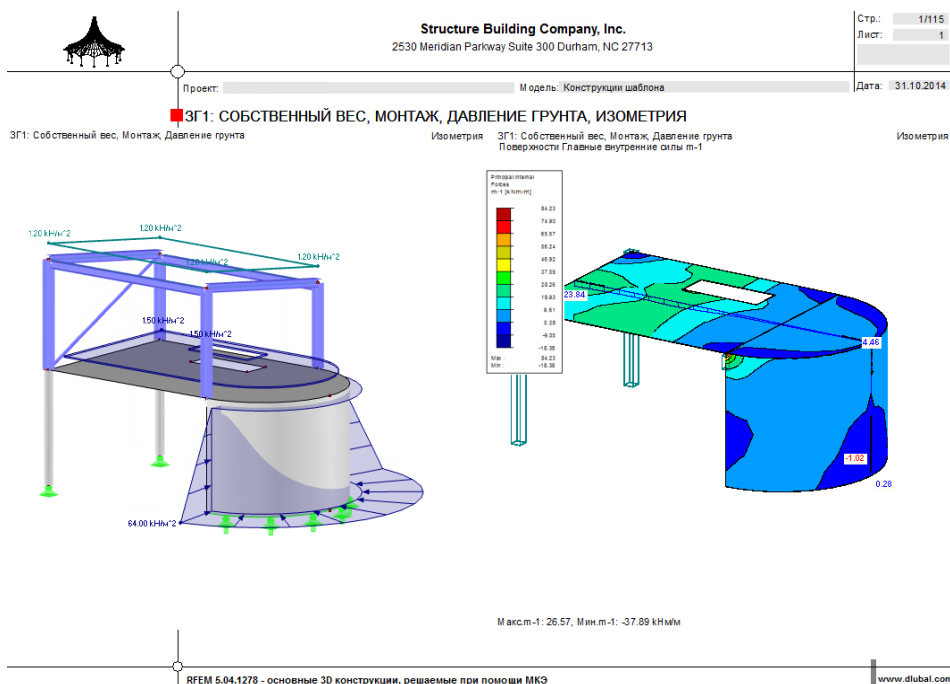


Рисунок 10.45: Распечатка графики в альбомном формате: результат опций *Все окна* и *На всю ширину страницы*

Если вы не хотите использовать полный размер страницы для графики, можно определить *Высоту* графической области в процентах.

Угол Вращения в поле ввода *Вращение* поворачивает изображение для распечатки.

Возможности

Этот диалог раздел не имеет отношения к распечатке изображения рабочего окна.

При печати диаграммы с результатами, можно использовать флажок *Показать результаты для выбранных x-точек в диаграмме с результатами*, чтобы решить, если значения, появляющиеся на позиции вертикальной линии будут напечатаны (см. Рисунок 9.20, страница 383).

Заголовок рисунка

При открытии диалогового окна *Печать графики*, для графики задается название. Его можно изменить в поле ввода.

10.2.2 Вкладка *Возможности*

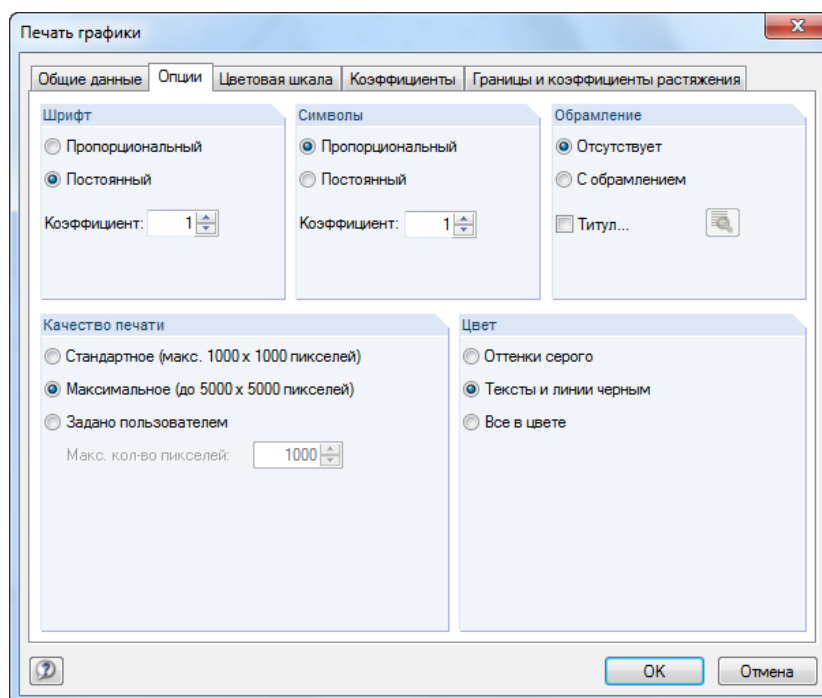


Рисунок 10.46: Диалоговое окно *Печать графики*, вкладка

Шрифт / Символы

В большинстве случаев, нет необходимости менять настройки по умолчанию в обоих диалоговых разделах. Для печати с плоттеров, использующих большие форматы, однако, вы должны настроить факторы (см. главу 10.2.5, страница 445).

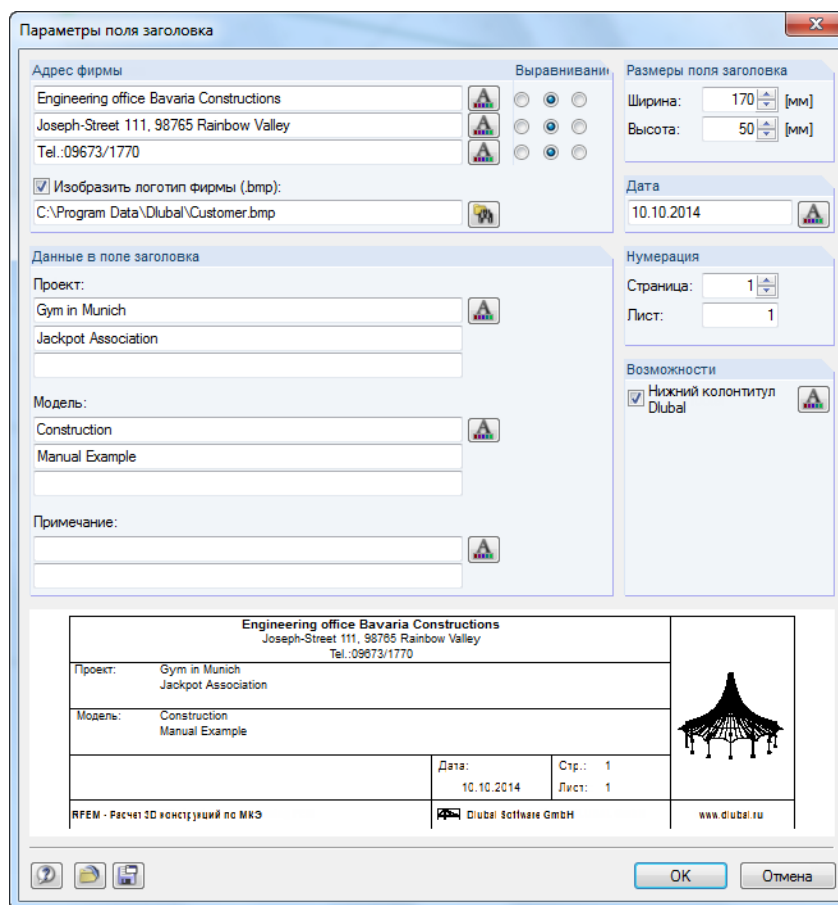
Размер шрифта и в графическом виде символов (узлы, опоры, линии и т.д.) зависят от драйвера принтера. Если вы не удовлетворены результатами печати, то можно отдельно определить коэффициенты масштабирования для *Шрифта* и *Символов*.

Рамка

Графику можно распечатать с или без рамки вокруг рисунка.



Кроме того, у вас есть возможность добавить в распечатку заголовок окна. Нажмите кнопку [Редактировать настройки параметров поля заголовка], отображенную на рисунке слева, чтобы открыть диалоговое окно, в котором можно определить расположение и содержание поля заголовка. В нижней части диалогового окна показан предварительный просмотр.

Рисунок 10.47: Диалоговое окно *Параметры поля заголовка*

Качество печати

В большинстве случаев, нет необходимости менять настройки по умолчанию в диалогом разделе *Печать Качество* (см Рисунок 10.46). Выберите *Норма* для печати графики в виде графического файла в размере максимум 1000 x 1000 пикселей. Максимальный размер до 5000 x 5000 пикселей вместе с 32-разрядными результатами глубины цвета в количестве данных около 100 МВ. Так как это может вызвать проблемы для некоторых драйверов принтеров, будьте осторожны при выборе такой высокой разрешающей способности.

Цвет печати

При направлении печати на монохромный принтер, можно печатать *Тексты и линии в черном*, а не серым цветом для улучшения читабельности. Пожалуйста, обратите внимание, что некоторые элементы, такие как изолинии и вспомогательные символы, не зависят от установки и, следовательно, становятся окрашенным в распечатке.



Преобразование диаграмм с результатами из цветных в серый цвет всегда управляется с помощью драйвера принтера. Соответствующие параметры настройки не существуют в программе RFEM.

10.2.3 Вкладка *Шкала цветов*

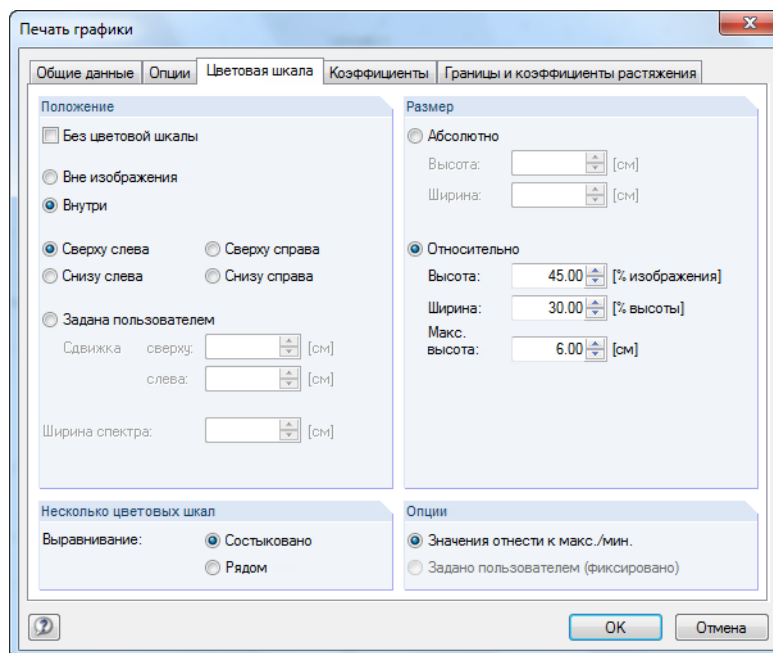


Рисунок 10.48: Диалоговое окно *Печать графики*, вкладка *Шкала цветов*

Вкладка доступна только тогда, когда результаты показаны в многоцветном отображении (см. главу 9.3, страница 372).

Положение

Шкала цветов панели управления обычно печатается в распечатке. Если вы не хотите ее распечатать, отметьте флажок *Нет цветового спектра*.

Когда панель находится *В* рисунке графики, цветовой спектр перекрывает часть картины. Можно указать положение панели: Можно определить ее либо для одного из четырех углов или как *Заданный пользователем*.

Опция *Вне изображения* отрезает полосу графического окна и использует ее только для цветового спектра. Можно задать *Ширину спектра* в нижней части диалогового окна.

Размер

Размер цветового спектра может быть определён либо в абсолютных размерах или относительно размера изображения.

Спектр нескольких цветов

Если результаты стержней или поверхностей отображаются вместе в рабочем окне, можно определить цветовую гамму, которая имеет отношение для экрана на панели управления (см. Рисунок 9.50, страница 407). На листе, однако, в этом случае отображаются два цветовых спектра. Их расположение может быть указано в этом диалоговом разделе.

Возможности

Назначение цвета-значения в рабочем окне может быть определено пользователем (см. главу 3.4.6, страница 33).

Можно определить, является ли спектр цвета по умолчанию со ссылкой на экстремальные значения (*макс/мин*) или определённая пользователем шкала цветов используется для распечатки.

10.2.4 Множественная печать



Диалоговое окно *Общая распечатка* появляется, если вы нажмете на кнопку [Параметры] справа от **Общая распечатка** опция в вкладке диалога *Основные* (см. Рисунок 10.42, страница 436). Предлагаются три вкладки, которые можно использовать, чтобы решить, какие по умолчанию изображения модели, нагрузки и результаты автоматически включаются в протокол результатов.

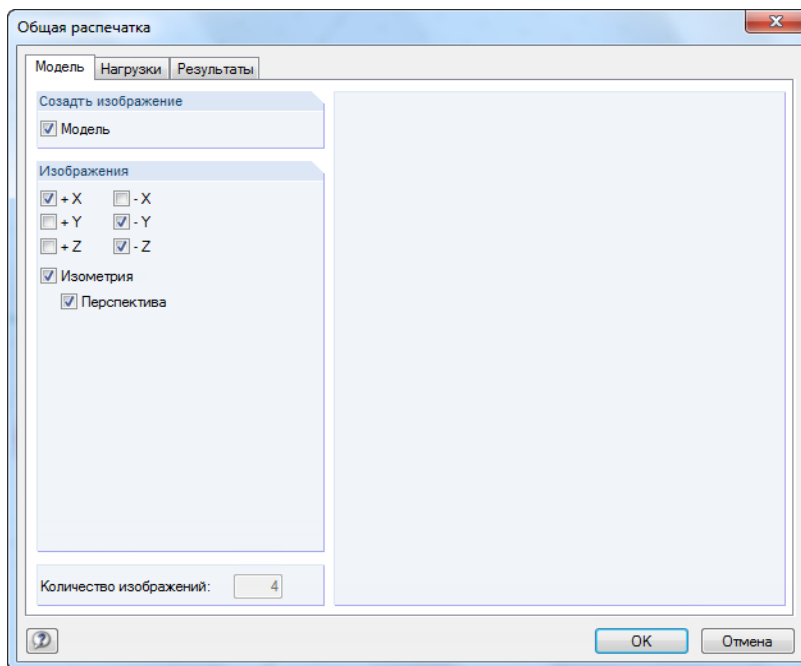


Рисунок 10.49: Диалоговое окно *Общая распечатка*, вкладка *Модель*

Для выбора предоставляется семь нормальных видов. Кроме этого, можно активировать 3D *Перспектива* для изображения модели.

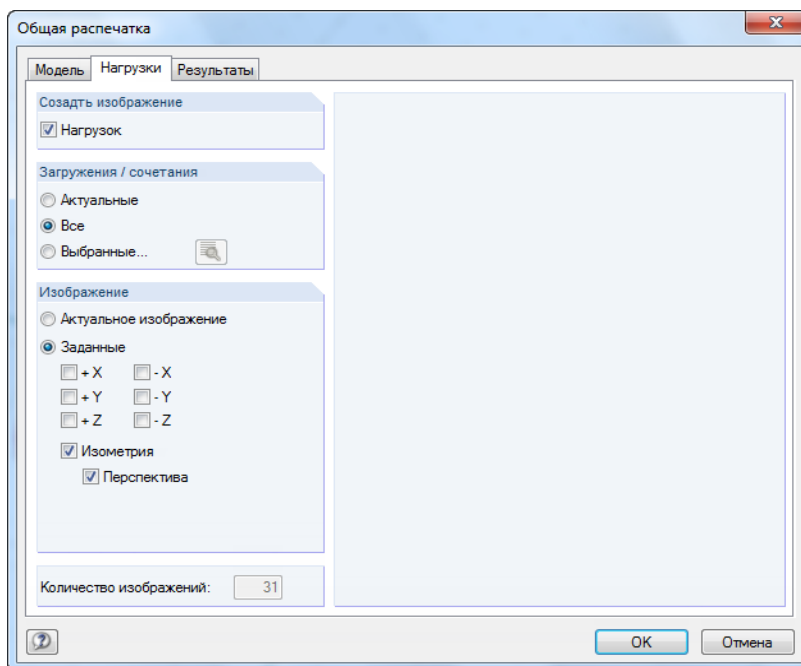


Рисунок 10.50: Диалоговое окно *Общая распечатка*, вкладка *Нагрузки*

Раздел диалога *Создать изображение* служит для обозначения создания графиков автоматической нагрузки. Затем, в диалоговых разделах *Загрузки / Сочетания* задайте соответствующие загрузки.



Используйте отображенную слева кнопку [Выбрать] для определения *Выбранных* загрузок в диалоговом окне *Загрузки / Сочетания нагрузок* (см. Рисунок 10.52).

Наконец, в разделе диалога *Изображения* определите, какие углы вида используются для графики по умолчанию.

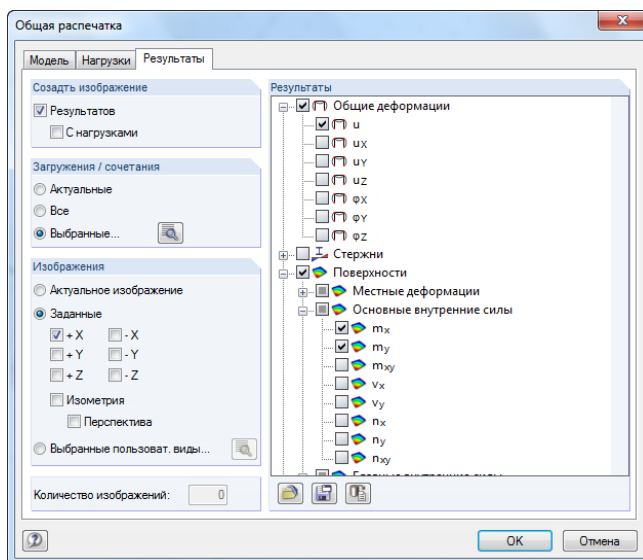


Рисунок 10.51: Диалоговое окно *Общая распечатка*, вкладка *Результаты*

В диалоговом разделе *Результаты*, можно выбрать соответствующие деформации и внутренние силы в древовидной структуре, отметив флажки.



С помощью настроек диалоговых разделов *Создать изображения* и *Загрузки / Сочетания*, вы решаете если изображения создаются с или без представлений нагрузок и какие загрузки уместны для печати. Нажмите кнопку [выберите], показанную слева, чтобы определить *Выбранные* загрузки в отдельном диалоговом окне.

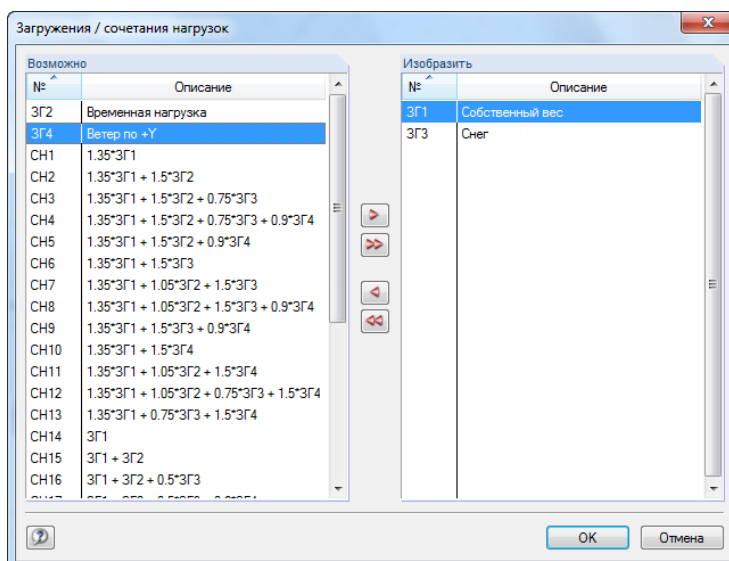


Рисунок 10.52: Диалоговое окно *Загрузки / сочетания нагрузок*

Угол изображения графики определяется в разделе диалога *Виды*.



Рекомендуется проверить указанное *Количество изображения*, в частности для результатов: Маленькая ошибка при выборе может привести к множеству автоматических изобразжений, которые замедляют создание отчета.

10.2.5 Примечания для печати на плоттерах

Пожалуйста, обратите внимание на следующие примечания для достижения лучших результатов на плоттере.

Настройки операционной системы

Обычно, программа RFEM использует систему печати Windows. В отличие от некоторых программ САПР, программа RFEM не использует специальные драйверы для управления плоттера. Таким образом, плоттер должен быть установлен в качестве обычного принтера под Windows.

Внутренние проверки показали, что драйвера, поставляемые Windows, неустойчивы и неисправны. Поэтому мы рекомендуем использовать оригинальные драйверы или текущие драйверы, доступные на веб-сайте производителя плоттера.

Тогда плоттером обрабатываются огромные объемы данных. Необходимо убедиться в наличии достаточного места на системном разделе вашего компьютера.



Не устанавливайте плоттер как принтер по умолчанию в системе. Рекомендуется выбрать плоттер не непосредственного окончания процесса печати. Фон: Протокол результатов использует нормальный драйвер принтера для предварительного просмотра. В протоколе результатов произошли сбои с испытанными драйверами плоттера.

Многие драйверы плоттеров предлагают возможность подготовить графику в любом плоттере или компьютере. Как правило, подготовка графики в плоттере быстрее, потому что у него есть специализированный процессор. Кроме того, ваша работа на компьютере не будет затронута. Однако проблема в том, что плоттер часто предоставляет лишь небольшую оперативную память. Если память для записи изображения больше не будет достаточна, то части будут потеряны. При черчении RFEM графики, можно увидеть потери в виде отсутствующих описаний или пустот, отсутствующих линий и т.д. В этом случае, плоттер, как правило показывает вам соответствующее сообщение.

В случае сомнений, подготовьте данные на вашем компьютере. Обратите внимание, что настройка по умолчанию установлена к подготовке в плоттере. В этом случае настройте свойства принтера соответственно.

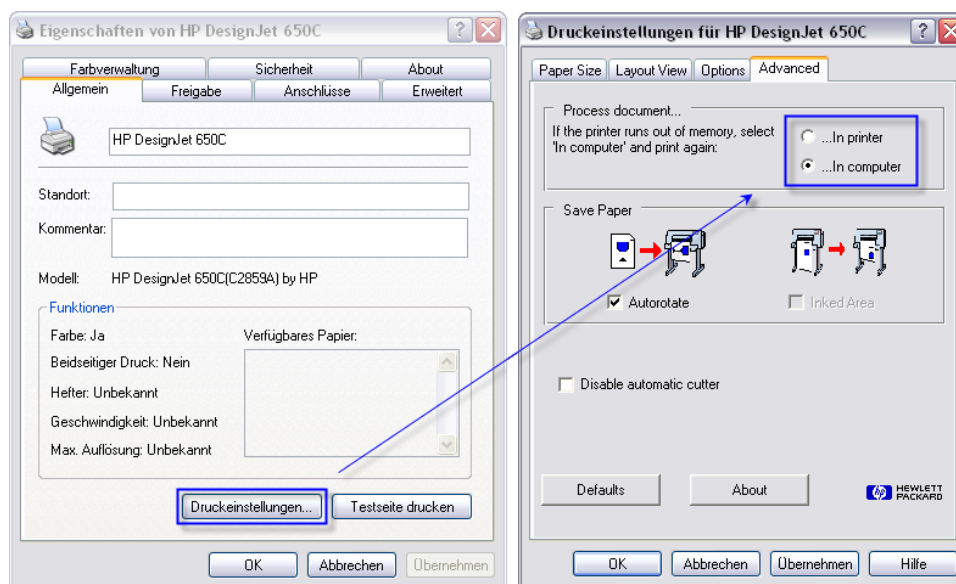


Рисунок 10.53: Диалоговое окно *Настройки печати* для HP DesignJet немецкий Windows XP XP

Настройки в программе RFEM

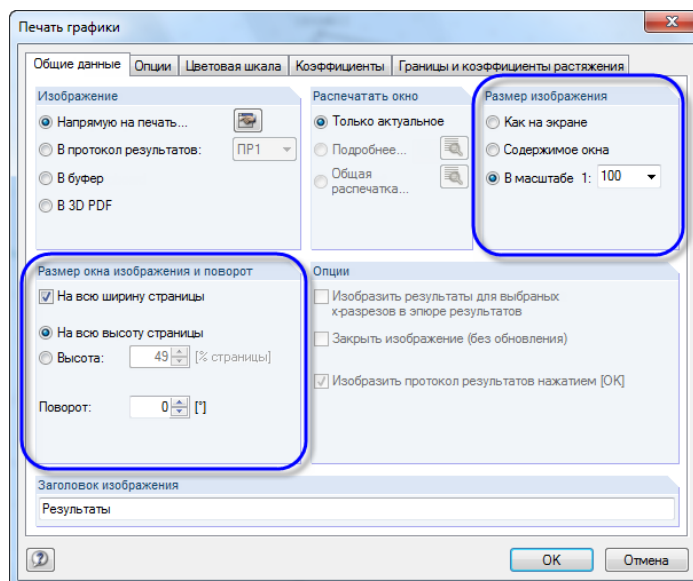


Рисунок 10.54: Диалоговое окно *Печать графики*, вкладка *Основные*

Рекомендуется выбрать размер изображения **Для масштабирования** в вкладке *Основные* диалогового окна *Печать графики* в качестве выхода на плане A0 почти всегда в масштабе. Затем, выберите шкалу из списка или введите ее непосредственно в поле ввода.

Кроме того, рекомендуется использовать всю область листа для вывода плоттера: Отметьте флажок **На всю ширину страницы** в разделе диалога *Размер окна изображения и Вращение*.

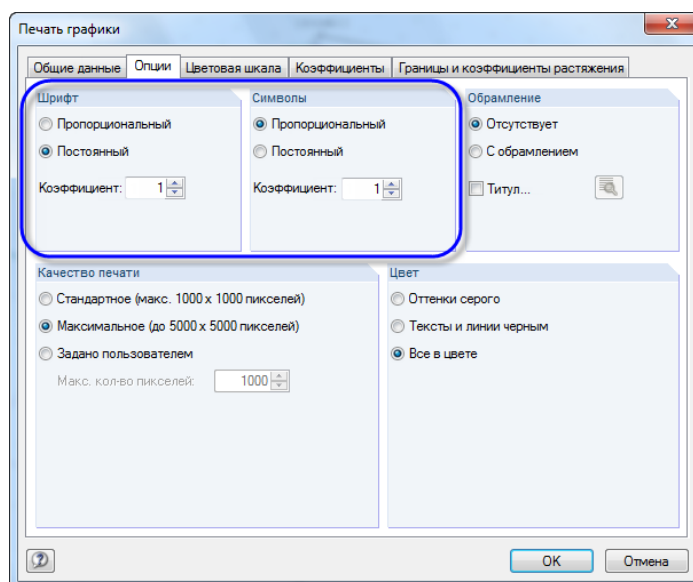


Рисунок 10.55: Диалоговое окно *Печать графики*, вкладка *Дополнения*

Во вкладке *Дополнения* вы определяете настройки, влияющие на качество вывода данных Вам, безусловно, потребуются пробные распечатки, чтобы найти оптимальные настройки. К сожалению, глобальные рекомендации не возможны, потому что эффект от настроек зависит от драйвера принтера. Ориентировочные значения, показанные на ри-

сунке выше, относятся к плоттеру HP Designjet 650C с версией драйвера 4.62 под управлением Windows XP.

Если в процессе распечатки происходят сбои, мы рекомендуем установить текущий драйвер принтера, как описано выше и выбрать его для подготовки графики *В компьютере* (см.диалоговое окно для настройки печати). Если сбои все равно появляются, то постепенно уменьшайте разрешение в диалоговом разделе *Качество печати* во вкладке *Дополнения* диалогового окна *Печать графики*.

Раздел диалога *Шрифт* во вкладке *Дополнения* диалогового окна *Печать графики* контролирует масштабирование размера шрифта для нумераций, размеров и результативных значений. Хорошие результаты были достигнуты для фактора 2 и настройки *Постоянная* для плотера A0 на HP DesignJet 650C.

Раздел диалога *Символы* влияют не только на размер поддерживаемых символов, узлов или других элементов, но и на ширину линий. Если линии слишком грубы, вы должны уменьшить коэффициент. Хорошие результаты были достигнуты для плотера A0 plot на HP DesignJet 650C при использовании коэффициента 0.2 и настроек *Пропорциональный*.

Факторы, установленные для символов и шрифтов, влияют на все шрифты и символы в целом. Чтобы влиять на появление отдельных объектов в частности, используйте настройки в диалоговом окне *Изобразить свойства* (см. Рисунок 11.3, страница 449). Рекомендуется сохранять настройки для плоттера как новую конфигурацию отображения, используемую для отчета о распечатке. Дополнительную информацию найдете в разделе 11.1.2 на странице 449.

После нажатия на кнопку [OK] вы видите диалоговое окно *Печать* операционной системы. Выберите плоттер из списка принтеров. Нажмите [Свойства принтера], чтобы открыть другое диалоговое окно, в котором можно задать размер и направление страницы.

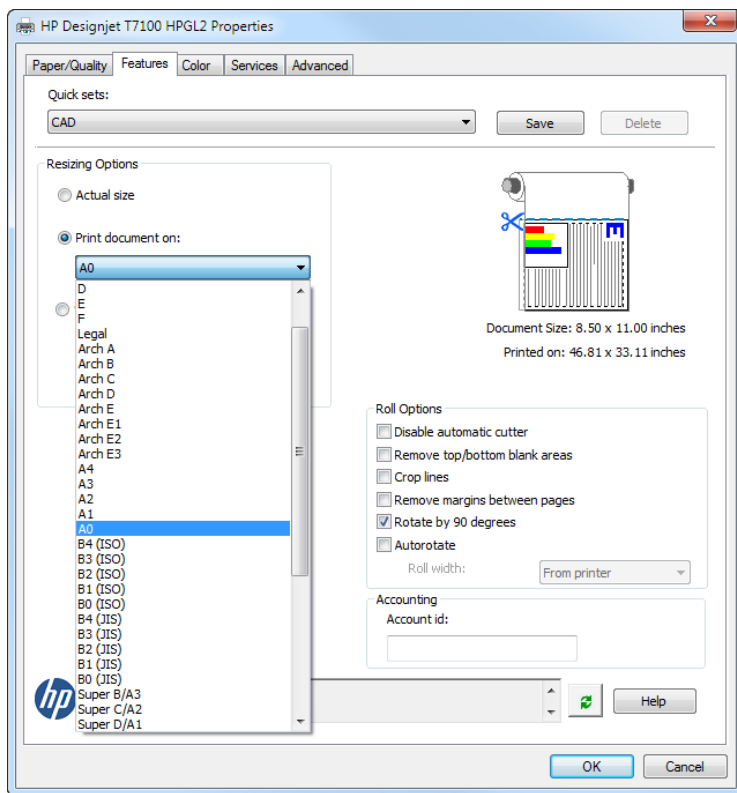


Рисунок 10.56: Диалоговое окно плоттера *Свойства* для настройки формата страницы

11. Функции программы

В данном разделе представлены функции для графического и табличного ввода, например, инструменты САПР для проектирования или генерирования новых элементов конструкции и нагрузок, функции редактирования, операции в таблицах и параметризованный ввод данных.

11.1 Основные функции

В данном разделе описаны часто используемые функции, которые доступны во многих диалоговых окнах.

11.1.1 Настройка языка

Предварительно установлен язык, который был выбран при установке программы. Также материалы и ряды сечений будут сформированы в базах данных в соответствии с требованиями со нормами в каждой стране.

Чтобы изменить пользовательской интерфейс в программе RFEM, выберите **Возможности программы** в меню **Настройки** или щелкните на соответствующую кнопку на панели инструментов.

Во вкладке *Программа*, можно выбрать из перечня другой язык программы.

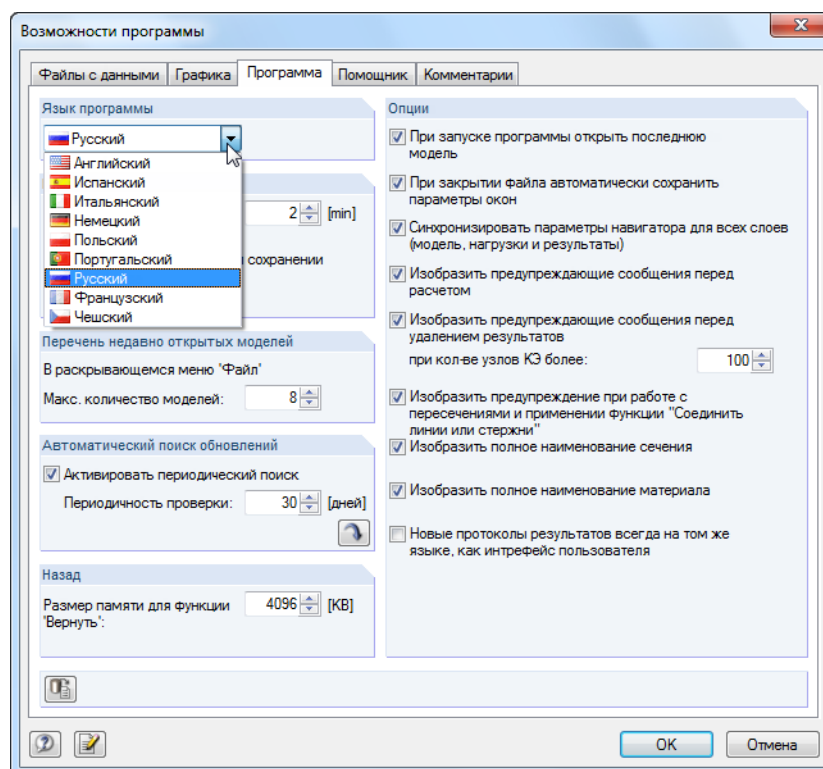


Рисунок 11.1: Выбор другого языка программы в диалоговом окне *Возможности программы*

Изменение настроек проявится после нового запуска программы.

При изменении языка, обратите внимание, что:

- Некоторые символы отображаются правильно только при условии, что в операционной системе установлены соответствующие шрифты.
- Новый язык влияет на расположение рядов сечений в базах данных.



11.1.2 Настройка отображения

Данная функция предоставляет возможность отображения графического объекта на экране и в печатном виде. В навигаторе *Отобразить* можно определить, будет ли объект вообще отображен (см. раздел 3.4.3, страница 27).

Редактирование отображения

Чтобы открыть диалоговое окно для редактирования отображения, укажите на **Настройка отображения** в меню **Настройка**, и затем выберите **Редактировать**

или используйте Диспетчер конфигураций (см. раздел 3.4.10, страница 39).

Кроме того, можно получить прямой доступ к свойствам отображения каждого графического объекта (символ для элемента конструкции, нагрузки или результаты): щелкните правой кнопкой мыши на объект, чтобы открыть контекстное меню и выберите команду *Настройка отображения*, с помощью которого можно напрямую настроить параметры отображения данного объекта (Рисунок 11.3).

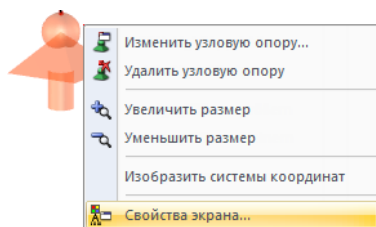


Рисунок 11.2: Контекстное меню узловой опоры

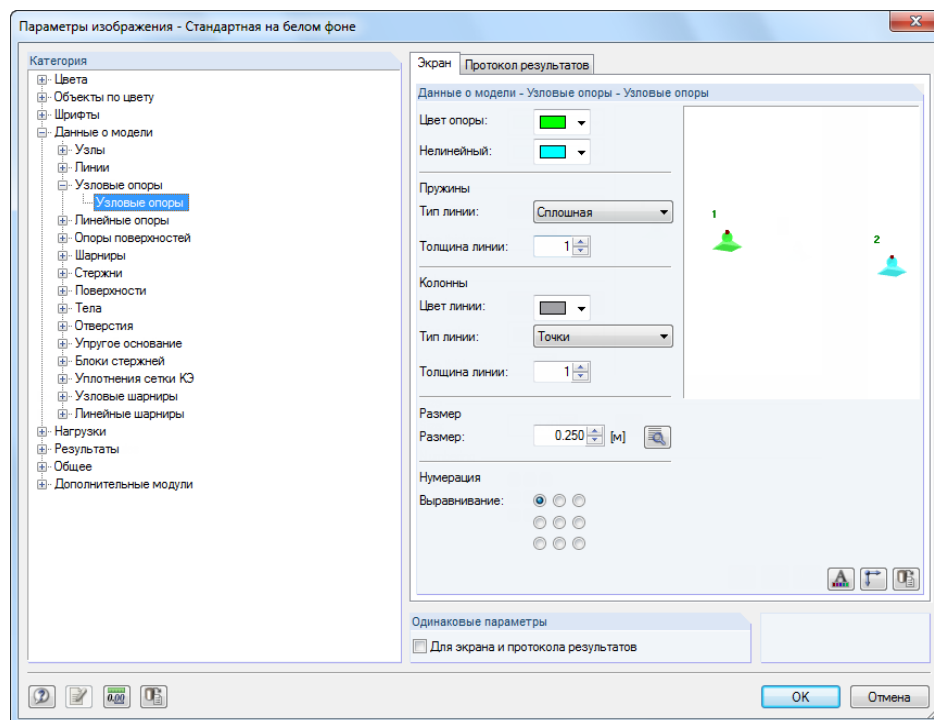


Рисунок 11.3: Диалоговое окно *Свойства отображения* для категории *Узловые опоры*



Отображение на *экране* и в *распечатке протокола* можно настроить в двух диалоговых вкладках. Это означает, что можно отдельно редактировать отображение на мониторе (например, размер символов опор для черного фона) независимо от распечатки протокола результатов.

Используйте флажок *Одинаковые настройки для монитора и протокола*, для синхронизации свойств отображения на мониторе и в протоколе. Если отметить флажок, то впоследствии произведенные изменения настроек проявятся у в данный момент выбранной категории и во второй вкладке (*Монитор* или *Распечатка протокла результатов*). Но оустановленные ранее данные нельзя дополнительно перевести во вторую вкладку с помощью данной функции.

В разделе *Категория* в иерархической структуре будут перечислены все в графическом виде объекты. После выбора определенного элемента, можно в правой части диалогового окна редактировать его параметры отображения (цвет, отображение линий, размер объекта в графическом окне, тип нумерации, тип шрифта, размер вектора нагрузки и т.д.).



Для подробных настроек некоторых параметров в программе RFEM имеются дополнительные кнопки [Подробности]

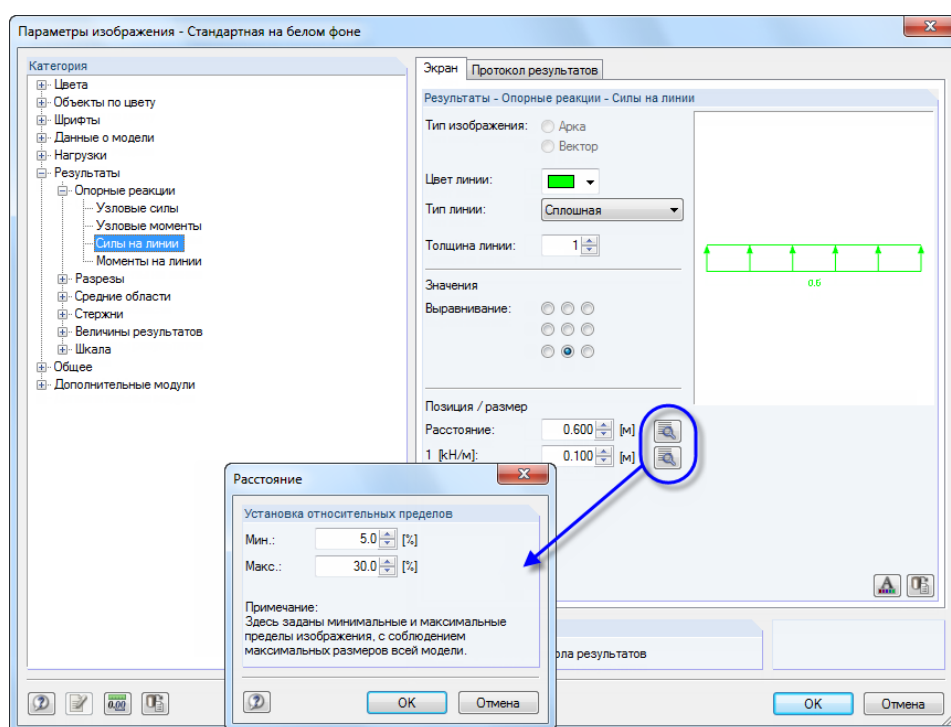


Рисунок 11.4: Панель диалога *Размер* для настройки сил на линии

Щелкнув на данную кнопку, откроется диалоговое окно, к которому можно редактировать, например, расстояние от объекта или его размер в графическом отображении по сравнению к размеру полной модели конструкции.

В правой нижней части раздела с параметрами находятся кнопки со следующими функциями:






	Открывает диалоговое окно <i>Шрифт</i> для изменения типа, размера и цвета шрифта
	Переходит к отображению параметров осей текущего объекта
	Обновляет первоначальную настройку объекта
	Открывает диалоговое окно <i>Относительно ерасположение информации о линии /стержне</i> (Рисунок 11.5) для размещения описаний
	Восстанавливает настройки по умолчанию

Таблица 11.1: Кнопки в диалоговом окне *Свойства отображения*



У объектов, которые относятся к линиям или стержням, пользователь может самостоятельно определить расположение описаний или символов. Откроется диалоговое окно, в котором можно ввести положение соответствующей информации с помощью определения относительного расстояния от нее до начала линии или стержня.

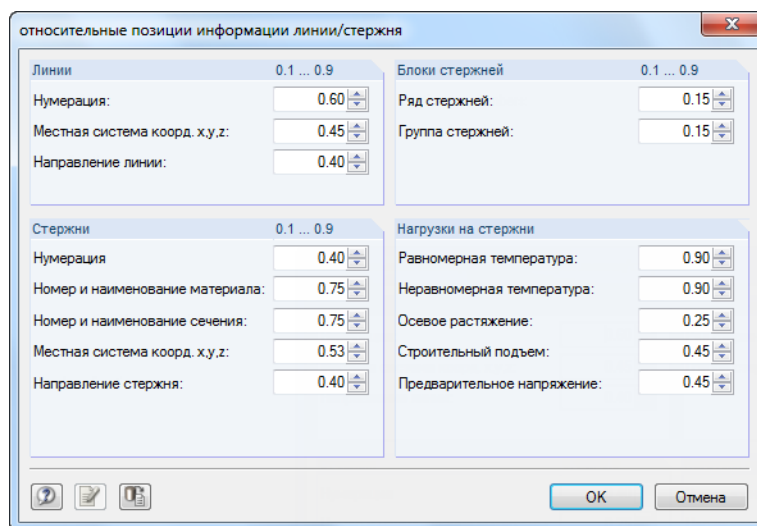


Рисунок 11.5: Диалоговое окно *Относительное расположение информации о линии/стержне*

Сохранение конфигурации отображения

Диалоговое окно *Свойства отображения* позволяет настроить отображение в соответствии с требованиями пользователя. Таким образом, можно, например, настроить самостоятельно для отображения на экране цветное отображение в фоновом режиме и для печати на плоттере ввести определённые настройки.

Тем не менее, в диалоговом окне *Свойства отображения* нельзя сохранить изменения: конфигурации отображения управляются в *диспетчер конфигураций*, который описан в разделе 3.4.10 на странице 39.

Если требуется измененные настройки сохранить в качестве новой конфигурации, то действуйте следующим образом:

- Подтвердите с помощью кнопки [OK] изменения в диалоговом окне *Свойства отображения*
- Откройте *Диспетчер конфигураций* (см. раздел 3.4.10, страница 39).
- Создайте новую конфигурацию с помощью кнопки [Новая].
- Введите ее краткое описание в диалоговом окне *Новая конфигурация*, а затем щелкните на кнопку [OK].



11.1.3 Единицы и десятичные разряды

Единицы и десятичные разряды для программы RFEM и всех дополнительных модулей управляются централизованно в едином диалоговом окне. Настройки могут быть в процессе моделирования конструкции и при оценке расчета любым образом изменены. Все числовые значения будут соответственно перерасчитаны и скорректированы.

Изменение единиц и десятичных разрядов

Единицы и десятичные разряды можно во многих диалоговых окнах настроить непосредственно с помощью щелчка на кнопку, отображенную слева (см. Рисунок 11.4 с диалоговым окном *Свойства отображения*).

Чтобы открыть диалоговое окно *Единицы и десятичные разряды*, Можно также выбрать **Единицы и десятичные разряды** в меню **Редактировать**.

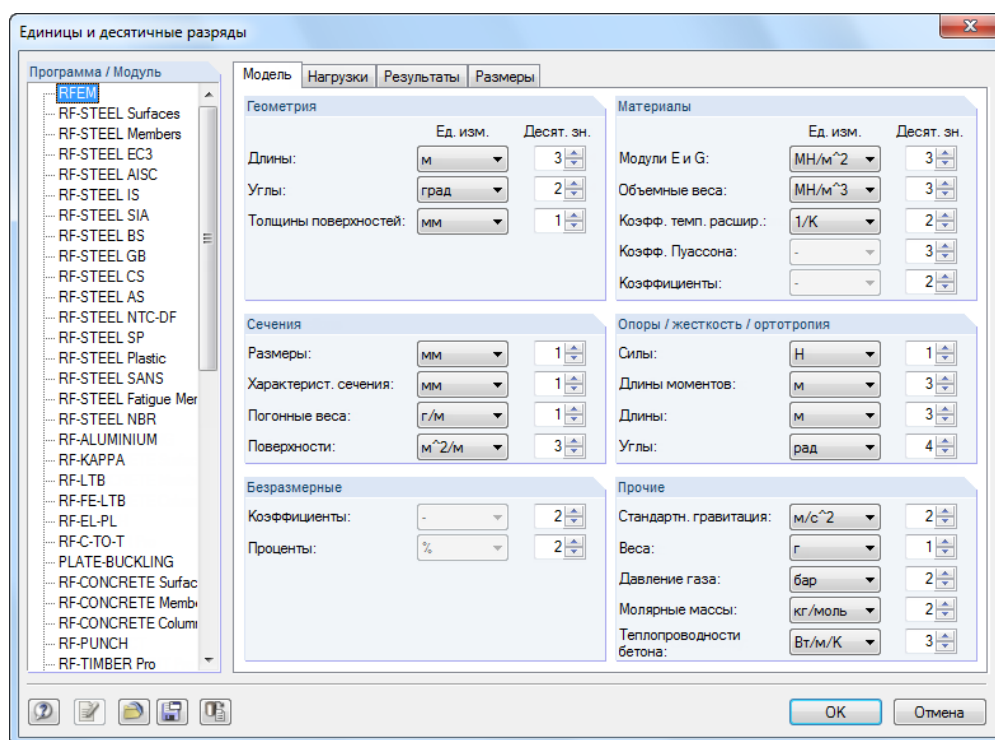


Рисунок 11.6: Диалоговое окно *Единицы и десятичные разряды*

Во-первых, выберите из перечня модуль или программу в диалоговом разделе *Программа / Модуль*, для которого вы хотите настроить единицы или десятичные разряды. Правая сторона диалогового окна изменяется в зависимости от выбора пункта перечня.

В программе RFEM предлагаются четыре вкладки, чтобы отдельно настроить единицы и десятичные разряды для данных *материала, нагрузки, результатов*, а также *размеров*. Также у некоторых дополнительных модулей правая часть диалогового окна разделена на несколько вкладок. Единицы измерения и десятичные разряды распределены по секциям.

Если диалоговое окно для настройки единиц было открыто из другого диалогового окна (например, из диалогового окна *Новый стержень*), то соответствующие единицы и десятичные разряды будут отмечены справа красным треугольником. (см. рисунок выше).

Сохранение и импорт единиц в качестве пользовательского профиля

Настройки в диалоговом окне *Единицы и десятичные разряды* можно сохранить и использовать при работе с другими моделями. Таким образом, можно настроить и использовать разный профиль единиц например, у конструкций из стали и бетона.



С помощью слева отображенной кнопки открывается диалоговое окно для ввода *Названия* созданного профиля.

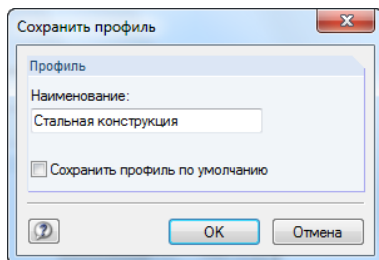


Рисунок 11.7: Диалоговое окно *Сохранить профиль*

Чтобы использовать этот профиль по умолчанию для новых моделей, отметьте флажок *Сохранить профиль по умолчанию*. (Настроить профиль как нормальный)



Пользователем заданный профиль можно снова загрузить с помощью показанной на рисунке слева кнопки. Откроется диалоговое окно с списком профилей для выбора требуемого профиля. По умолчанию предварительно установлены профили метрической и британской (англо-американской) системы единиц.

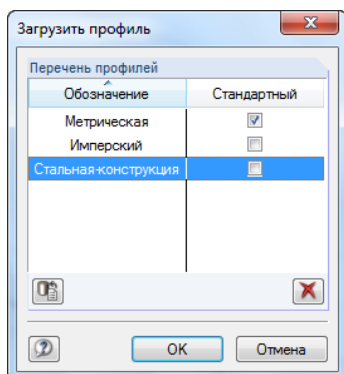


Рисунок 11.8: Диалоговое окно *Загрузить профиль*

11.1.4 Комментарии

В этом разделе описываются комментарии, которые можно вкладывать в соответствующие диалоговые окна и таблицы (см., например, Рисунок 4.12, страница 46). Комментарии, которые можно вставлять в графическое отображение, описаны в разделе 11.3.6 на странице 481.

Использование комментариев



Вы в поля, предназначенные для комментариев, можно ввести любой вид текста. С помощью показанной на рисунке слева кнопки [Загрузить комментарий], можно воспользоваться предопределёнными текстовыми модулями, которые хранятся в руководстве кросс-модели.

Появится диалоговое окно с списком сохраненных текстовых модулей.

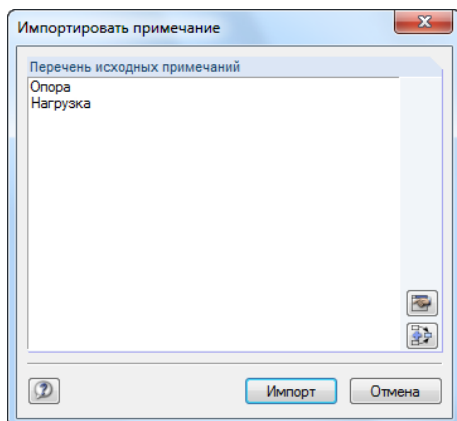
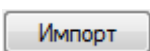


Рисунок 11.9: Диалоговое окно *Загрузить комментарий*



В перечне *Исходных примечаний* содержатся все комментарии, которые подходят для данной категории. Нажмите на кнопку [Загрузить], чтобы вставить выбранный комментарий в поле комментария в диалоговом окне. Если поле комментария уже содержит текст, то он будет перезаписан. Затем можно продолжить редактирование комментария в поле комментария.



Используйте кнопку показанную на рисунке слева, чтобы добавить выбранный комментарий в текст поля комментария, которое уже доступно.

Создание и управление комментариями



В окне диалога *Загрузить комментарий* (Рисунок 11.9) можно создавать новые текстовые модули с помощью отображенной слева кнопки. Также можно использовать вкладку *Комментарий* в диалоговом окне *Возможности программы*, в котором происходит управление всеми комментариями. Чтобы открыть диалоговое окно,



выберите **Возможности программы** в меню **Настройки**

или используйте соответствующую кнопку на панели инструментов.

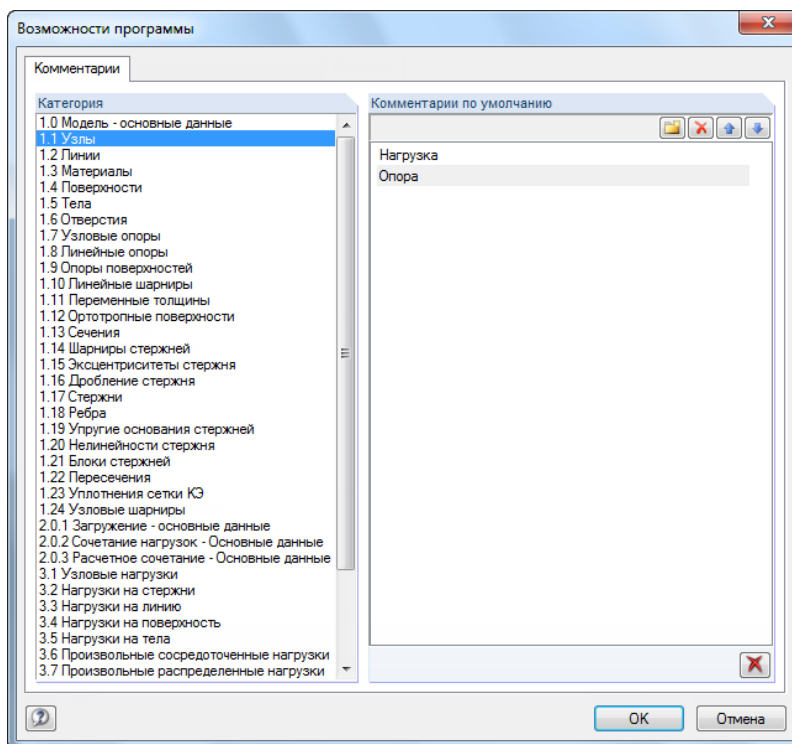


Рисунок 11.10: Диалоговое окно *Возможности программы*, вкладка *Комментарии*

В левом разделе диалога *Категория* определите группу (т.е. таблицу ввода или диалоговое окно), в которую требуется определить комментарий.

В разделе диалога *Комментарии по умолчанию* находятся четыре кнопки со следующими функциями:





Кнопка	Описание
	Создает новый комментарий в рамках отмеченной <i>Категории</i> и присоединяет его к перечню.
	Удаляет выбранный из перечня комментарий.
	Перемещает в списке выбранный комментарий вверх.
	Перемещает в списке выбранный комментарий вниз.

Таблица 11.2: Кнопки в диалоговом окне *Возможности программы*, вкладка *Комментарии*



При подробном выборе (см. раздел 11.2.2, страница 465), можно отфильтровать данные и по пользовательским комментариям.

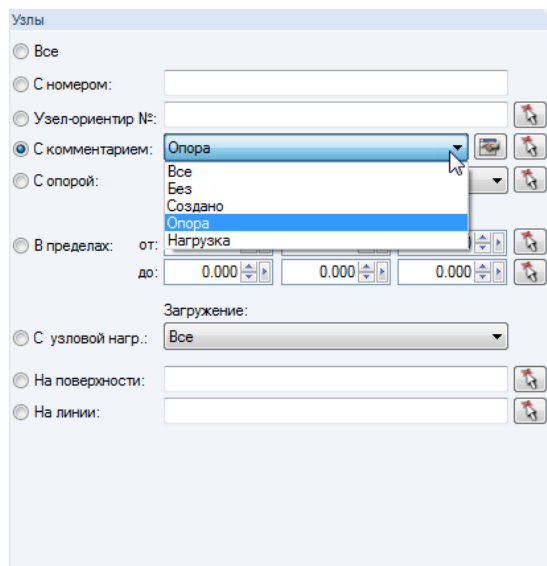


Рисунок 11.11: Диалоговое окно *Подробный выбор* в случае фитрования узлов по комментариям

11.1.5 Измерение

Чтобы проверить ввода, в программе имеется возможность измерения расстояния и углов. Чтобы получить доступ к соответствующей функции,

укажите на **Измерение** в меню **Инструменты**.

Для выбора доступны следующие функции измерения:

- Расстояние между 2-мя узлами
- Угол между 3-мя узлами
- Угол между 2-мя стержнями
- Угол между 2-мя поверхностями
- Угол между стержнем и поверхностью
- Угол между 2-мя линиями
- Угол между стержнем и линией
- Угол между линией и поверхностью

Объекты, между которыми требуется измерить расстояние или углы, выберем один за другим в графическом окне. Затем откроется диалоговое окно, в котором будет отображен результат со всеми подробностями.

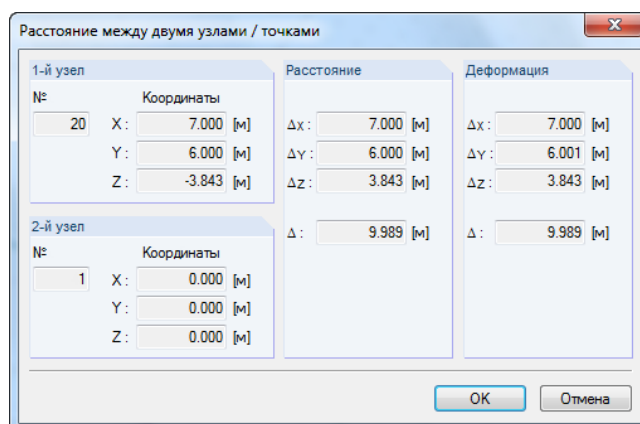


Рисунок 11.12: Диалоговое окно *Расстояние между двумя узлами / точками*

11.1.6 Поиск

Поиск с помощью выбора в таблице

Чтобы найти объект в графическом окне, можно использовать таблицы: Если щелкнуть мышкой на соответствующую строку таблицы, то данный объект будет в графическом окне выделен отличительным цветом. Данная функция позволяет у достаточно простых моделей быстро и легко обнаруживать объекты в графическом окне.



В графическом виде выбор с таблицей работает, только при включенной синхронизации выбора (см. раздел 11.5.4, страница 526).

Поиск объекта по номеру

В программе RFEM доступна функция для специального поиска, которая особенно рекомендуется в случае больших и сложных моделей. Чтобы получить доступ к функции поиска,



выберите **Поиск объекта по номеру** в меню **Редактировать**.

Появится следующее диалоговое окно:

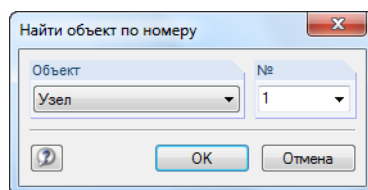
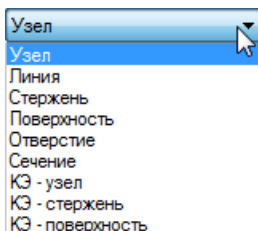


Рисунок 11.13: Диалоговое окно *Поиск объекта по номеру*

В разделе *Объект* используйте список для определения категории для поиска объекта: узел, линия, поверхность, тело, стержень или конечный элемент. Далее его *Номер* введите или вручную в соответствующее поле ввода или выберите его из перечня.

Нажмите кнопку [OK] для поиска объекта и его обозначения в графическом окне толстой стрелкой. И при увеличении или уменьшении объекта или при его *Вращение*, стрелка будет по-прежнему отображаться. Стрелка исчезнет после щелчка в графическом окне.



11.1.7 Точка наблюдения и угол просмотра



Программа RFEM по умолчанию предлагает виды в [X/Y/Z] и [в обратном X / Y / Z] направлении, а также [изометрический вид], которые можно выбрать с помощью показанных слева кнопок. Другие кнопки для определяемых пользователем систем координат и углов зрения находятся в списке кнопок на панели инструментов и в навигаторе *Виды* (см. раздел 9.9.1.1, страница 400).

Если данные виды и Вращения конструкции (используйте кнопку панели инструментов [Переместить] и удерживайте клавишу [Ctrl]) не соответствуют нужному отображению, то используйте функции диалогового окна *Изменить точку наблюдения*.

Чтобы открыть диалоговое окно,
выберите **Вид** в меню **Отобразить**.

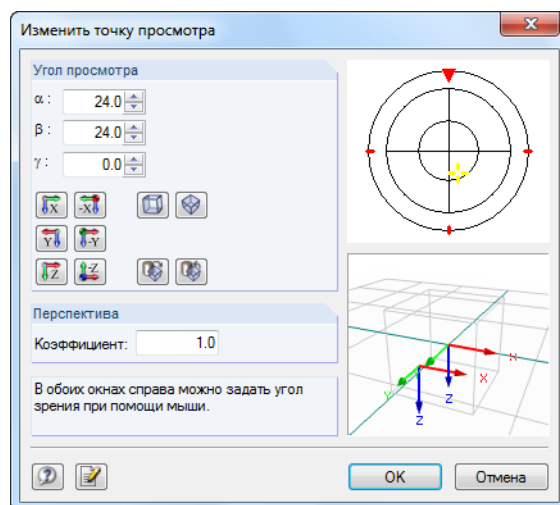


Рисунок 11.14: Диалоговое окно *Изменить точку просмотра*

С помощью щелчка и переноса мыши точку наблюдения и угла просмотра. Кроме того можно настроить коэффициент *перспективы*.

11.1.8 Расчет центра тяжести

Общий центр тяжести модели отображается автоматически после успешной генерации сетки КЭ и отметке соответствующей опции в навигаторе *Отобразить* под пунктом навигатора *Общее*. Цвет и размер можно редактировать в диалоговом окне *Свойства отображения: Цвета → Прочее → Центр тяжести* (см. раздел 11.1.2, страница 449).

Кроме того, можно определить центр тяжести конкретных объектов: выберите соответствующие стержни, поверхности и тела, например, путем многократного выбора или открыв окно выбора (см. раздел 11.2, страница 462). Вызовите контекстное меню, показанное слева с помощью щелчка правой кнопкой мыши на один из объектов. Затем, выберите пункт меню *Центр тяжести и Инфо*, чтобы открыть диалоговое окно с информацией о выбранных объектах.

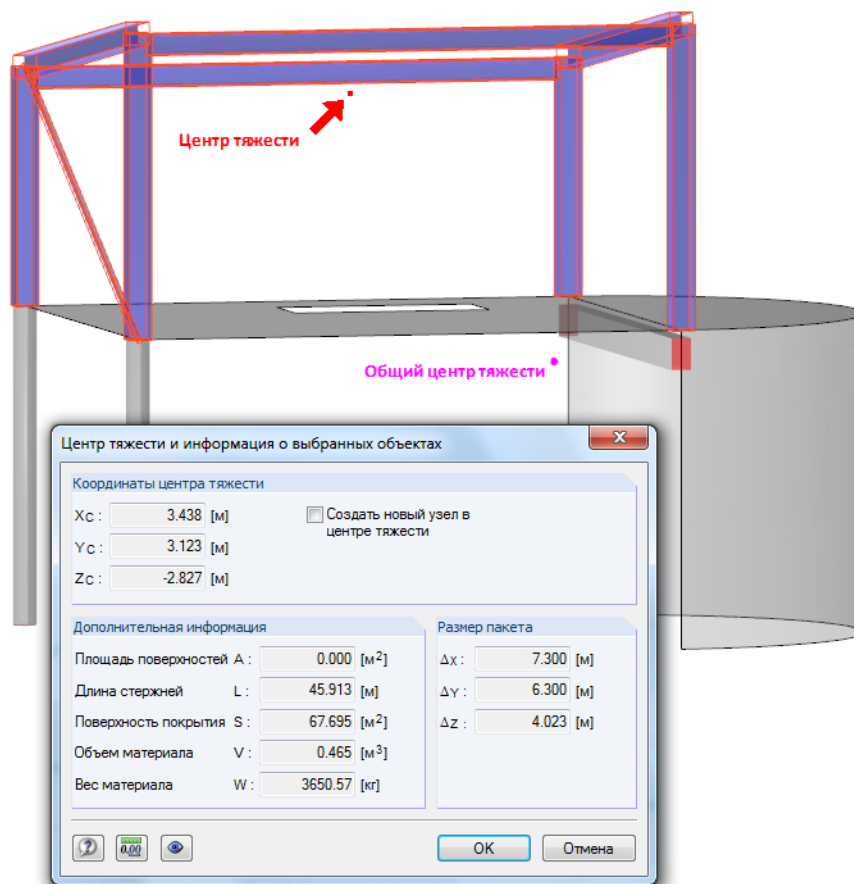
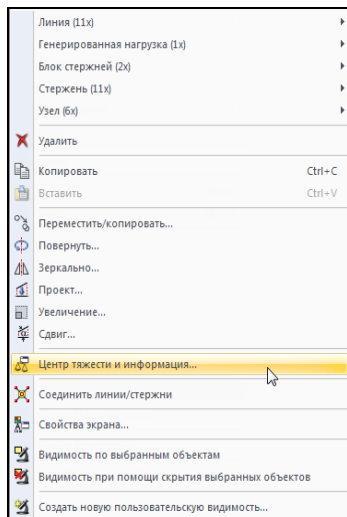
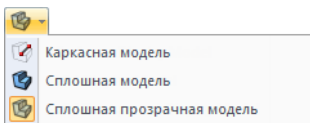


Рисунок 11.15: Диалоговое окно *Центр тяжести и информация о выбранных объектах*

В диалоговом окне отображаются *Координаты центра тяжести* по отношению к началу глобальной системы координат XYZ. В рабочем окне центр тяжести обозначается толстой стрелкой. Кроме того можно *создать новый узел в центре тяжести*.

Кроме *размера оболочки* выбранных объектов, в разделе *Дополнительная информация* отображаются следующие данные:

- Величина площади всех поверхностей
- длина всех стержней
- площадь оболочки всех объектов
- объем материала
- вес материала



11.1.9 Воспроизведение

Пользователь может легко изменить отображение модели в рабочем окне. С помощью слева отображенной кнопки раскрытия списка можно быстро переключаться между отображением *проволочной модели*, *сплошной модели* и *прозрачной модели*.

Подробно настроить отображение отдельных объектов в навигаторе *Отобразить* в пункте **Воспроизведение**.

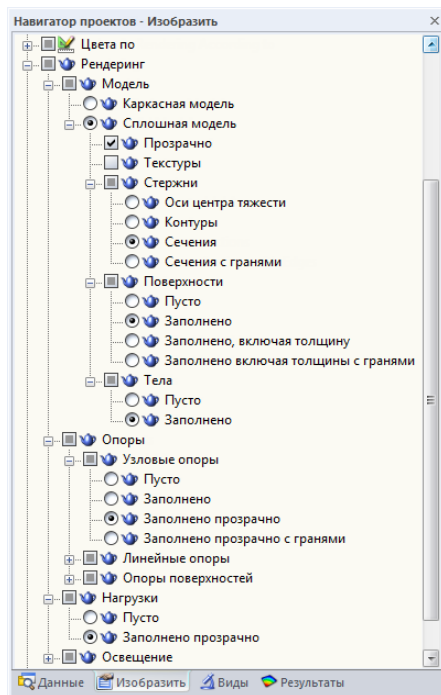


Рисунок 11.16: Навигатор *Отобразить* с пунктами *Воспроизведение* модели нагрузок

Отображение *сплошной модели* можно настроить отдельно у стержней, поверхностей и тел. Пользователь может повлиять также на отображение опор и нагрузок.

Текстуры

Когда включены *текстуры*, программа RFEM показывает текстуры поверхности в воспроизводимой модели. Для доступа к подробным настройкам текстур,

укажите на **Настройка отображения** в меню **Настройка**, и выберите **Редактировать**.

Откроется Диалоговое окно *Свойства отображения*, в котором требуется ввести категорию *Объекты по цветам*, и выбрать *Материалы*. В правой части диалогового окна будут отображены материалы, с назначенными цветами и текстурами. Дважды щелкните в соответствующую область в строке таблицы, чтобы открыть диалоговое окно *Редактировать цвет материала и текстуру*.

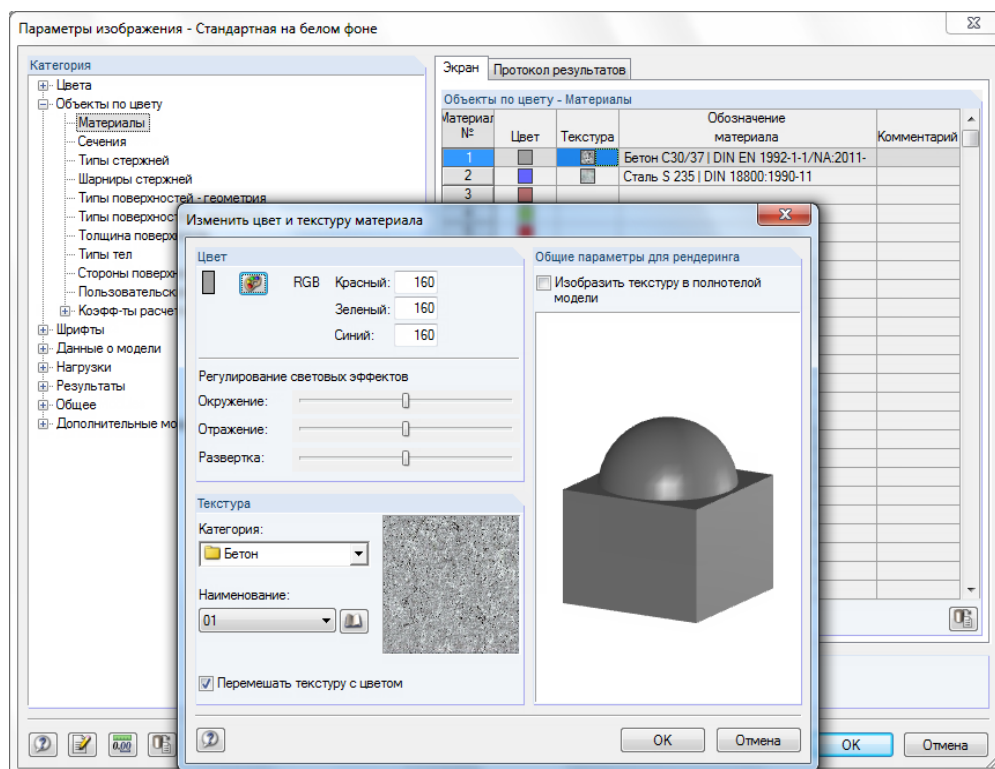
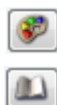


Рисунок 11.17: Диалоговое окно Редактировать цвет материала и текстуру



Используйте диалоговое окно для настройки *Цвета* и *Текстуры* выбранного материала. В программе RFEM имеется цветовую палитру и обширная библиотека текстур материалов.

Настройка цвета

Пункт навигатора **Цвета в воспроизведении в соответствии с** содержит несколько полей выбора. Активированное поле контролирует назначение цветов для объектов в воспроизведении. По умолчанию программа RFEM использует цвет материала, определенные для отдельных строительных материалов (см. раздел 4.3, страница 63). С помощью других функций можно в графическом окне с помощью просмотра проверить сечения или, например, типы стержней, поверхностей или тел по цвету.

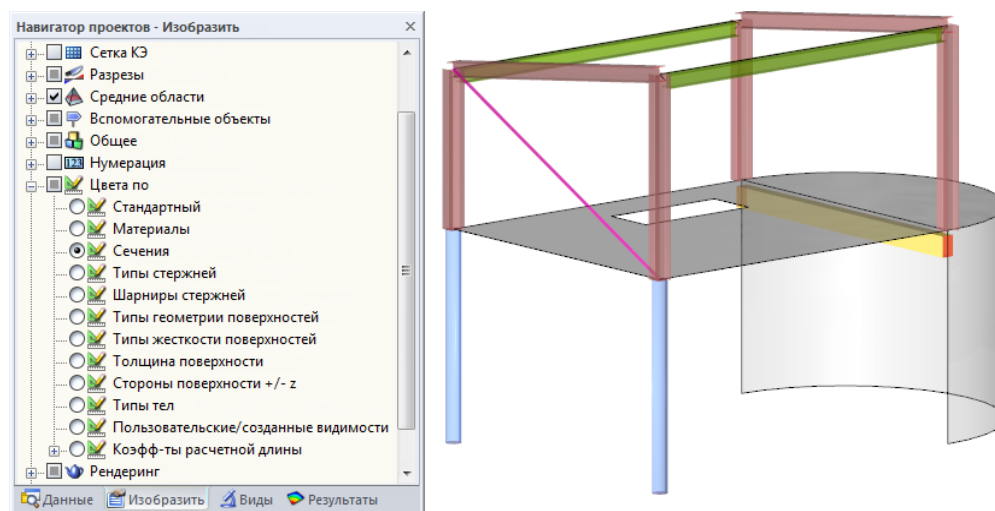


Рисунок 11.18: Функция Цвета в воспроизведении по сечениями для проверки типов сечений

Опция Цвет в воспроизведении по +/- сторонам поверхности используется для проверки положения сторон поверхности. Речь идет о важной информации при вводе основания с критерием неэффективности или также для расположения арматуры. Верхняя сторона поверхности по умолчанию отображается красным цветом, нижняя сторона - синим цветом.

11.1.10 Освещение

Ясность и световые эффекты воспроизводимой модели можно регулировать отдельно. Ясность в модели можно настроить из навигатора *Отобразить*:

выберите **Освещение** в пункте **Воспроизведение**.

Для выбора доступно шесть различных источников света: Источник освещения от 1 до 4 освещает модель со стороны, источник освещения от 5 до 6 - снизу или сверху. Источник освещения можно включать и выключать по отдельности.

Отметьте флажок для *Расположение источника освещения* для отображения источников освещения в рабочем окне. Активные источники освещения представлены в золотом цвете, неактивные - в сером цвете.

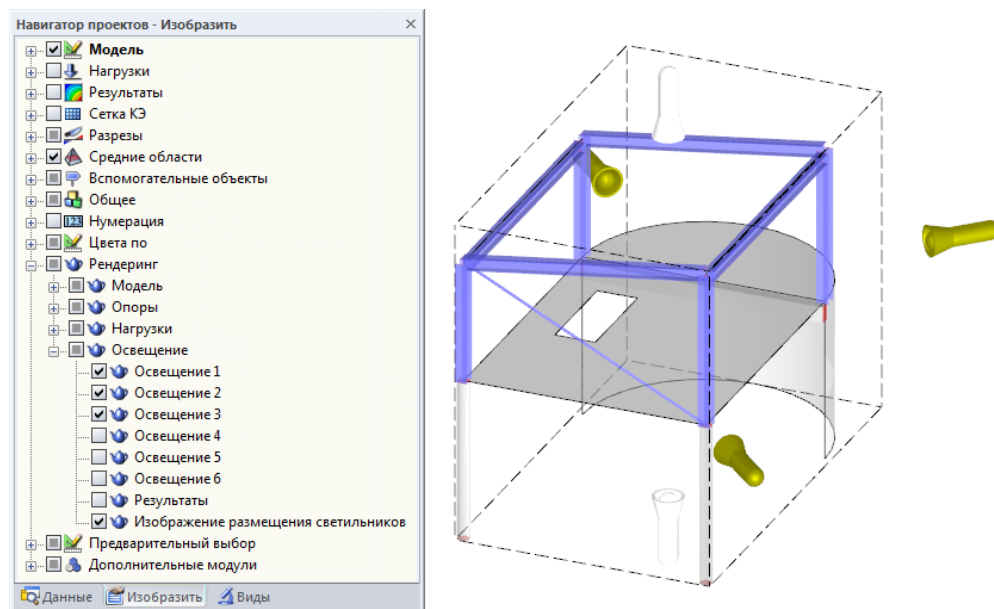


Рисунок 11.19: Отображение позиций источников освещения из навигатора *Отобразить*

Световые эффекты можно применить для отображения *результатов*. Флажок по умолчанию не включен, потому что освещение зачастую неблагоприятно влияет на вид результатов на поверхностях и телах.

11.2 Выбор

С помощью функций выбора можно определить объекты для последующего редактирования. Объекты представлены узлами, линиями, поверхностями, телами, стержнями, опорами, дроблением сетки КЭ и т.д. Но выбирать нагрузки и вспомогательные объекты (размерные линии, комментарии) Можно также в графическом виде.



Чтобы выбрать или найти) объект в рабочем окне, можно также использовать таблицы: Нажмите на строку таблицы, и появится объект, выделенный цветом в графическом виде. Данный тип выбора работает только при включенной функции синхронизации (см. раздел 11.5.4, страница 526).

Другая возможность выбора объекта - это использование навигатора *Данные*: Щелкните правой кнопкой мыши на соответствующую запись в навигаторе, а затем выберите пункт *Выбрать* в контекстном меню.

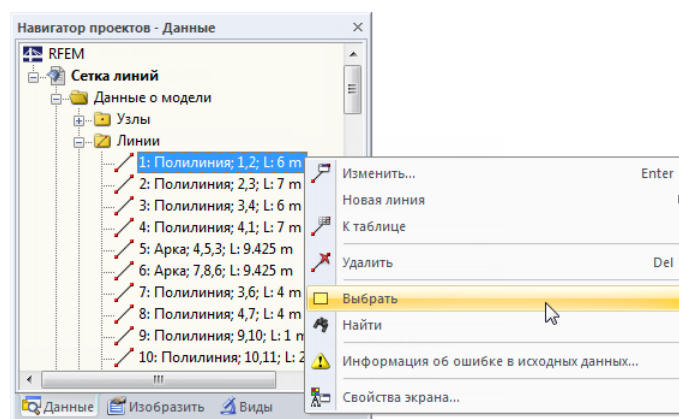


Рисунок 11.20: Контекстное меню в навигаторе *Данные*

11.2.1 Выбор объектов в графическом окне

Выбор с помощью мыши

Каждый объект можно выбрать в графическом окне с помощью простого щелчка мыши. Если объект был уже выбран, то на графике он будет выделен другим цветом. Выбор всегда касается только объекта, на который вы щелкнули последний раз (если действительно на установках по умолчанию *Новый выбор*).

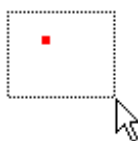


Если требуется одновременно выбрать несколько объектов, то при щелчке нужно дополнительно удерживать нажатой клавишу [Ctrl]. Другая возможность заключается в переходе к настройке *Добавить в выбор* с помощью показанной слева кнопки на панели инструментов. Также можно указать на *Выбрать* в меню *Редактировать*, в котором можно щелкать на объекты по отдельности, чтобы выбрать их один за другим.

Так называемый **отбор** позволяет найти соответствующие объекты перед щелчком. При выборе объектов у сложных систем конструкций, можно исключить ненужные объекты модели из предварительного отбора в графическом виде в категории навигатора *Итоговая предварительный отбор*.

Выбор с помощью окна

Используйте выбор с помощью окна, чтобы одновременно выбрать большое количество объектов: Удерживая левую кнопку мыши, нарисуйте окно через соответствующие объекты. Если вы открываете окно слева направо, то будут выбраны все объекты, которые полностью покрывает окно. Если вы открываете окно справа налево, то будут выбраны объекты вне окном.





Если при выборе линий или узлов требуется исключить смещения поверхностей, то нажмите и удерживайте клавишу [Alt] во время открытия окна через объекты внутри поверхности.

Выбор с помощью ромбоида



В изометрической проекции, иногда бывает трудно выбрать объект с помощью прямоугольного окна. Тогда, рекомендуется использовать функцию *Выбор с помощью ромбоида*.

Укажите на **Выбрать** в меню **Редактировать**, и затем щелкните на **Ромбоид** или используйте кнопку показанную слева на панели инструментов.

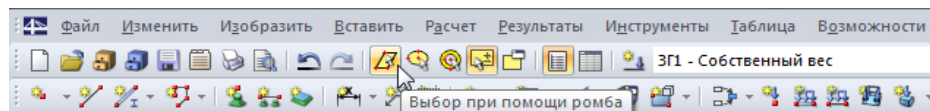


Рисунок 11.21: Кнопка *Выбор с помощью ромбоида*

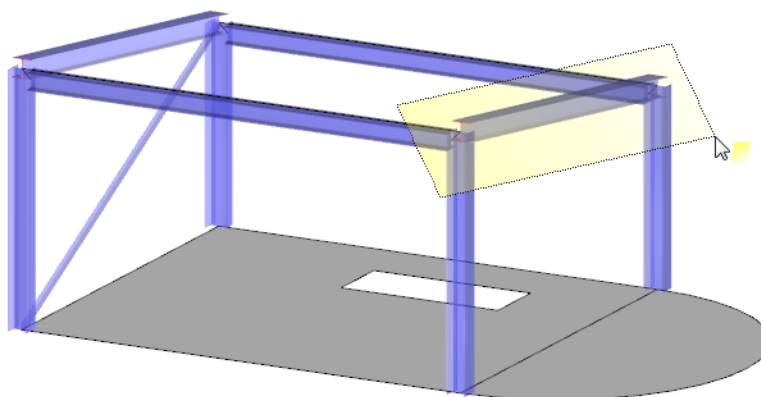


Рисунок 11.22: Выбор с помощью ромбоида

Выбор с помощью эллипса/кольца



Возможности выбора объектов с помощью Эллипса или круга, которые можно использовать, например, для круговых поверхностей, представляют альтернативу к возможности выбора с помощью ромбоида. Чтобы получить доступ к соответствующим функциям,

укажите на **Выбрать** в меню **Редактировать**, и затем выберите **Эллипс** или **Круговое кольцо**

или используйте соответствующие кнопки панели инструментов.

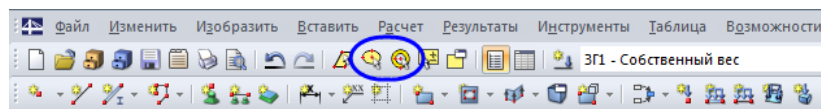


Рисунок 11.23: Кнопки *Выбор эллипсом* или *Круговое кольцо*

Эллиптическая или кольцевая зона выбора может быть установлена щелчком мыши, с определением центральной точки и обеих радиусов.

Выбор через



Можно выбрать объекты с помощью линии, которая пересекает модель в любом месте. Чтобы получить доступ к данной функции,

укажите на **Выбрать** в меню **Редактировать** и затем щелкните на **Линия разреза**.

Линия разреза может быть определена в рабочем окне в качестве простой линии или полигональной линии. Для определения линии, нажмите соответствующие пункты один за

другим с помощью мыши. Данные точки не зависят от рабочей плоскости: выбор включает в себя все объекты, через которые проходит линия разреза в текущем представлении модели.

После установки конечной точки линии разреза, щелкните по ней еще раз (или дважды щелкните на последнюю точку). Убедитесь в том, что точка находится в пустой области рабочего окна.

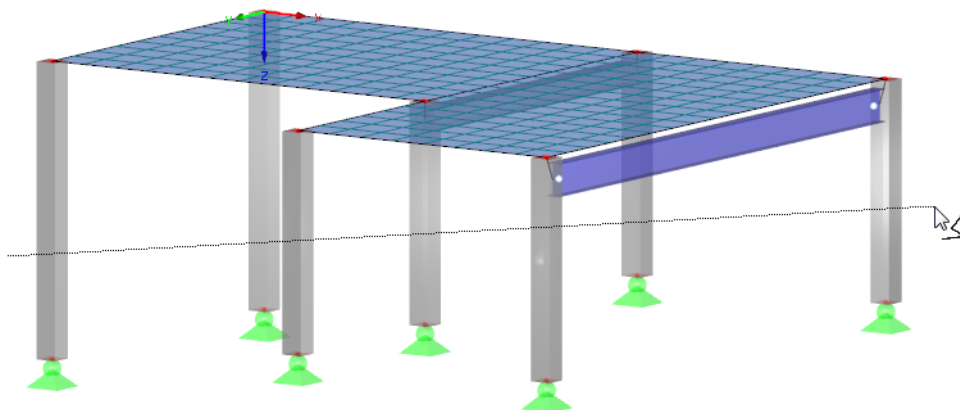


Рисунок 11.24: Выбор всех столбцов с помощью линии разреза

Выбор в плоскости



Объекты, лежащие в одной плоскости (например, поверхности крыши), можно легко выбрать с помощью функции выбора *В плоскости*. Чтобы открыть соответствующее диалоговое окно,

укажите на **Выбрать** в меню **Редактировать** меню, и затем щелкните на **В плоскости**.

Появится диалоговое окно с подробными параметрами для выбора объектов и плоскости.

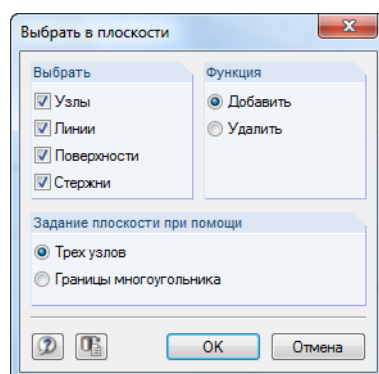


Рисунок 11.25: Диалоговое окно *Выбрать в плоскости*

После щелчка на кнопку [OK] можно определить выбор в плоскости в графическом окне. Щелкните на *Три узла* или нарисуйте произвольную *многоугольную* цепь, или щелкните на узлы в рабочей плоскости.

Выбор свободных узлов



Чтобы выбрать узлы, которые не используются для определения направлений или поверхностей,

укажите на **Выбрать** в **Редактировать** меню, и затем нажмите **Свободные узлы**.

Самый простой способ удалить выбранные три узла это использовать клавиши [Del].

Выбор связанных объектов



При выборе, например, поверхности с помощью нажатия, узлы и линии, принадлежащие к поверхности, не включены в выбор. Чтобы выбрать также компоненты объектов,

укажите **Выбрать** в меню **Редактировать**, и затем кликните на **Соответствующие объекты**.

Используйте эту функцию, например, чтобы быстро интегрировать опоры стержней или поверхностей в выбор и сохранить их в виде связанных объектов в определённой пользователем видимости (см. раздел 9.9.1.2, страница 404).

11.2.2 Выбор объектов по критериям

Функция позволяет выбрать объекты по определённым критериям. Более того, конкретные объекты могут быть добавлены или удалены из существующего выбора.



Чтобы открыть диалоговое окно, используемое для специального выбора, укажите на **Выбрать** в **Редактировать** меню, и then click **Специальный** или используйте кнопку на панели инструментов, показанную слева.

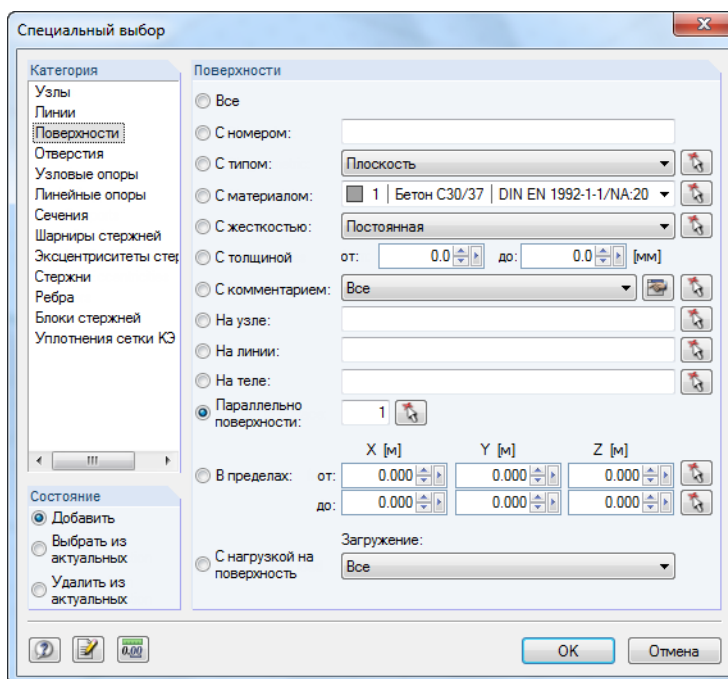


Рисунок 11.26: Диалоговое окно *Специальный выбор*

В разделе диалога *Категория* слева перечислены объекты, определённые в модели. Настройки в правой части диалогового окна зависят от выбранного объекта. Определите критерий выбора и укажите подробные настройки, если это необходимо.

Пример



С настройками, отображенными на Рисунок 11.26 выбраны все поверхности, которые моделируются *Параллельно поверхности* (плита перекрытия). Можно также использовать кнопку [^] для определения поверхности шаблона в графическом виде.

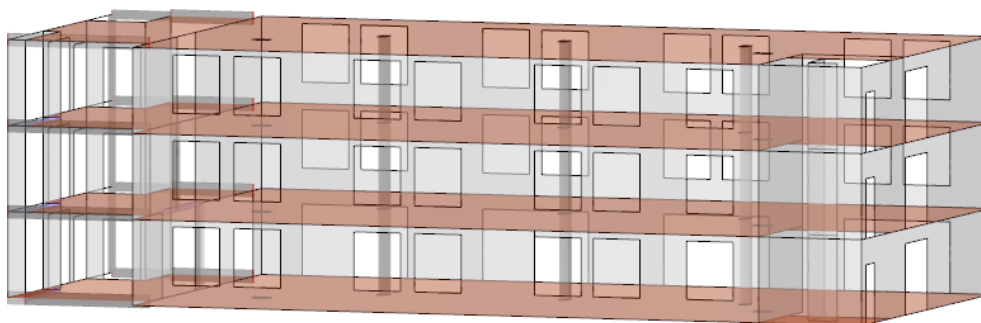


Рисунок 11.27: Выбор параллельных поверхностей

11.3 Рабочее окно

Специальные функции САПР, такие как рабочие плоскости, опции фиксации, направляющие и определяемые пользователем системы координат, помогут вам моделировать в графическом виде объекты в рабочем окне.

11.3.1 Рабочие плоскости

Хотя модель определяется пространственно, на экране она может отображаться только в двух измерениях. Поэтому, определение объектов в графическом виде, является проблемой, потому что они должны быть организованы в объектах плоскости, в которых создаются, при нажатии в графическом окне. Рабочая плоскость определяет, какие координаты будут всегда "фичаксированы".

Оси координат установленной в данный момент рабочей плоскости представлены двумя зелеными, ортогональными линиями. Точка линий пересечения называется "Начало рабочей плоскости".

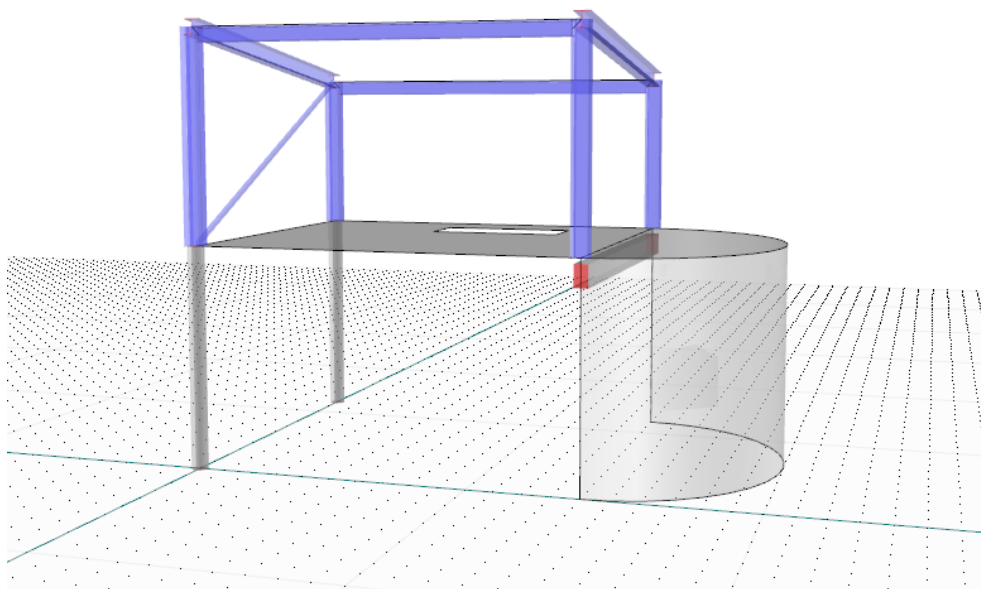


Рисунок 11.28: Рабочая плоскость, представленная на рисунке

Как правило, рабочая плоскость проходит параллельно одной из глобальных плоскостей XY , YZ или XZ , которые, натянуты обеими осями глобальной системы координат. Но это также можно указать рабочую плоскость непосредственно в качестве плоскости с любым наклоном или определить ее с помощью осей линий, стержней и поверхностей.



Чтобы открыть диалоговое окно *Рабочая плоскость и сетка/фиксация* с параметрами рабочей плоскости,

выберите **Рабочая плоскость, Сетка/Фиксация, Фиксация объекта, Направляющие** в **Инструменты** меню

или используйте кнопку на панели инструментов, показанную слева.

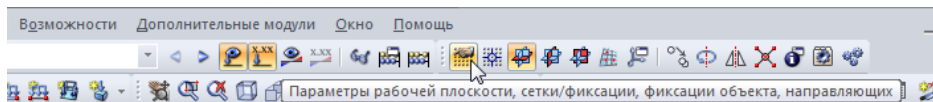
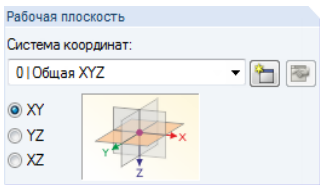
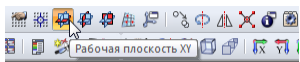
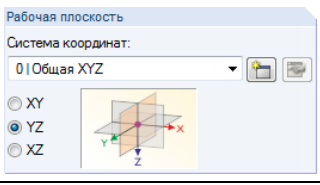
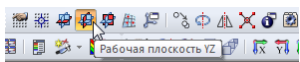
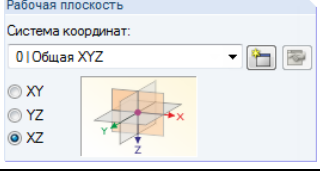
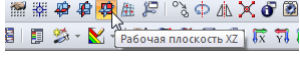


Рисунок 11.29: Button *Параметры рабочей плоскости*

Появится диалоговое окно, показанное на Рисунок 11.34 on страница 469

Параллельная с глобальной плоскостью XY / YZ / XZ

Рабочая плоскость может быть выровнена параллельно с одной из следующих глобальных плоскостей.

Плоскость	Выбор в <i>Рабочая плоскость</i> диалоговом окне	Выбор на панели инструментов
XY		
YZ		
XZ		

Таблице 11.3: Выбор рабочей плоскости

Чтобы найти больше возможностей для определения рабочих плоскостей,

укажите на **Выбрать рабочую плоскость** в **Инструменты** меню

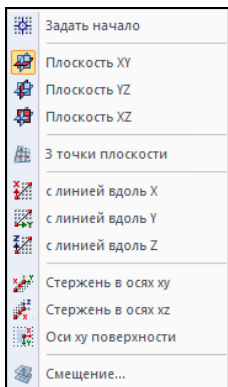
или используйте соответствующие кнопки панели инструментов.

Плоскость по трем точкам

В рабочем окне, можно выбрать три точки, определяющие новую рабочую плоскость с системой осей *UVW*. Точки не должны быть определены на прямой.

Плоскость с помощью линии в оси X / Y / Z

Рабочая плоскость определяется одной из глобальных осей и линией, которые вы определяете в графическом виде в рабочем окне. Нулевая точка новой рабочей плоскости помещается в начальный узел линии. Ось *U* выравнивается параллельно с выбранным глобальными осями. Таким образом, можно быстро перенести рабочую плоскость, например в область крыши.



Плоскость на основании осей стержня xu / xz

Плоскости осей стержня xu ("слабые оси") или xz ("сильные оси") используются для определения рабочей плоскости (см. раздел 4.17, страница 158). Соответствующий стержень должен быть определен в графическом виде в рабочем окне. Нулевая точка новой рабочей плоскости помещается в начальный узел стержня.

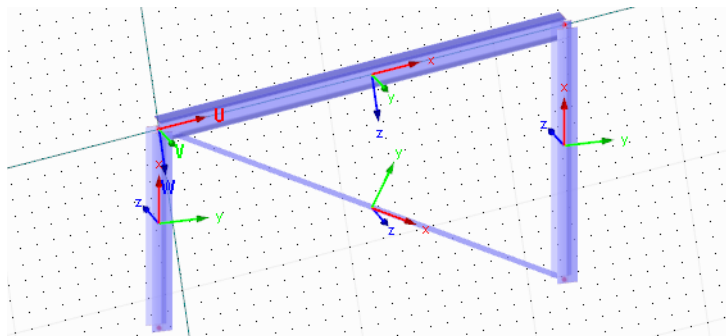


Рисунок 11.30: Рабочая плоскость в наклоне крыши осей стержня xz

Плоскость на основании осей поверхности xu

Рабочая плоскость определяется xu осями поверхности, которые были определены в графическом виде в рабочем окне (см. раздел 4.4, страница 90). Оси новой рабочей плоскости называются UVW (см. Рисунок 11.30).

Смещение рабочей плоскости

Данная функция используется для сдвига рабочей плоскости перпендикулярно текущей плоскости. Расстояние устанавливается в диалоговом окне *Сместить рабочую плоскость*.

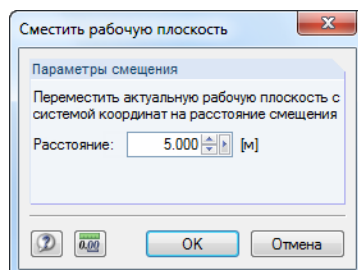


Рисунок 11.31: Диалоговое окно *Сместить рабочую плоскость*



Смещение остается активным до тех пор, пока данная функция не будет отменена в меню.

Нулевая точка рабочей плоскости

Диалоговое окно *Рабочая плоскость* (Рисунок 11.34) управляет параметрами нулевой точки. Нажмите кнопку [Новый], чтобы определить новый узел. Также можно ввести непосредственно координаты любой точки.

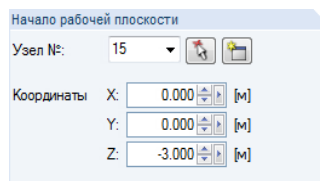


Рисунок 11.32: Диалоговое окно *Рабочая плоскость*, dialog section *Начало рабочей плоскости*



Нулевую точку рабочей плоскости можно также определить в графическом виде.

Укажите на **Выбрать рабочую плоскость** в **Инструменты** меню, и then выберите **Задать начало**

или используйте кнопку на панели инструментов, показанную слева.

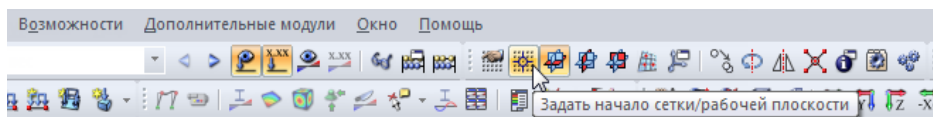


Рисунок 11.33: Кнопка Установить начало сетки/Рабочая плоскость

11.3.2 Сетка

Точки сетки используются, чтобы помочь вам с в графическом виде вводом в рабочей плоскости. Когда узлы определены в графическом виде, указатель щелкает на точках сетки.



Свойства точек сетки управляются в диалоговом окне *Рабочая плоскость и сетка/фиксация*. Чтобы открыть диалоговое окно,

выберите **Рабочая плоскость, Сетка/Фиксация, Фиксация объекта, Направляющие** в **Инструменты** меню

или используйте кнопку панели инструментов, показанную слева (см. Рисунок 11.29, страница 467).

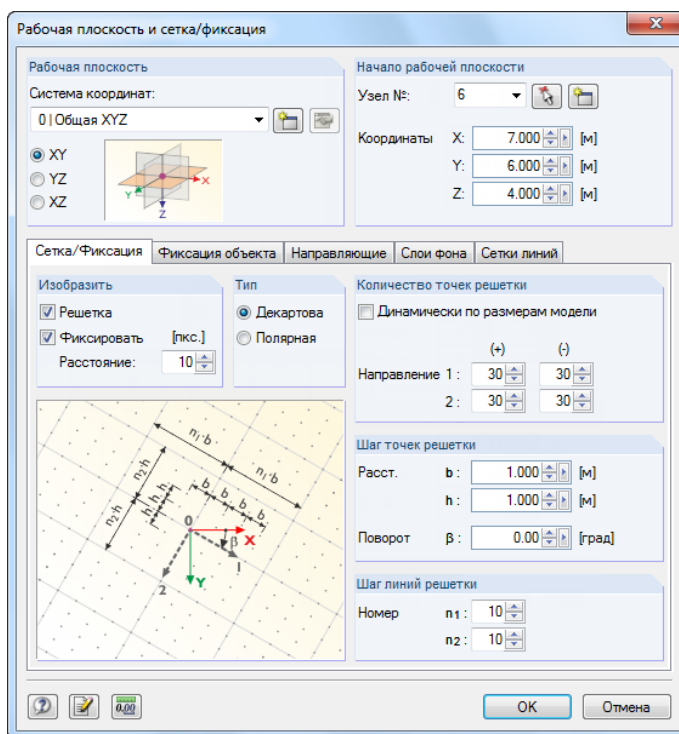
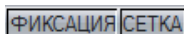


Рисунок 11.34: Диалоговое окно *Рабочая плоскость и сетка/фиксация*

Возможности настройки, имеющие отношение к сетке, доступны во вкладке диалога *Сетка/Фиксация*.

Отдел *Отобразить*

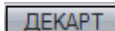
Для отображения сетки в рабочем окне, отметьте флажок *Сетка*. Функцию привязки можно включать и выключать независимо от сетки, с помощью флажка *Фиксация*. Таким образом, функция фиксации на точках сетки может быть эффективной, в то время как сетка невидима.



Для переключения обеих функции включения и выключения быстро, используйте кнопки [ФИКСАЦИЯ] и [СЕТКА] в строке состояния.

Тип

Точки сетки могут быть расположены в декартовой или полярной системе координат. В зависимости от выбора, содержимое отображаемых разделов диалога меняется.



Кроме того, можно выбрать систему координат с помощью кнопок [ДЕКАРТ], [ПОЛЯРНАЯ] или [ОРТО] в строке состояния.

Количество точек сетки

Когда установлена декартовая сетка, можно определить количество точек сетки для обоих направлений осей отдельно.

Когда полярная сетка устанавливается, вы должны указать количество концентрических кругов сетки.

Когда опция *Динамически по размерам модели* отмечена, сетка автоматически будет скорректирована с учетом размеров модели. Таким образом, вокруг модели всегда будет доступно достаточное количество точек сетки. Тем не менее, необходимые точки сетки будут пересчитаны после каждого ввода, который может замедлить скорость для создания графики при работе на сложных моделях.

Шаг точек сетки

При использовании декартовой сетки, можно определить расстояние между точками сетки отдельно для направлений 1 и 2.

У полярной сетки вы должны указать радиальное расстояние R для кругов сетки. Угол α управляет расстоянием между точками сетки по кругам.

Дополнительно, декартова и полярная сетка может вращаться вокруг угла Вращения β .

При необходимости, количество пикселей, контролирующих *Порог выравнивания* можно регулировать.

11.3.3 Объектная привязка

Объектная привязка облегчает моделирование САПР как при определении линий. В дополнение к узлам, можно включить несколько точек привязки вдоль линий.



Настройки для объектной привязки определены также в диалоговом окне *Рабочая плоскость*. Чтобы открыть диалоговое окно,

выберите **Рабочая плоскость, Сетка/Фиксация, Фиксация объекта, Направляющие** в **Инструменты** меню

или используйте кнопку панели инструментов, показанную слева (см. Рисунок 11.29, страница 467).

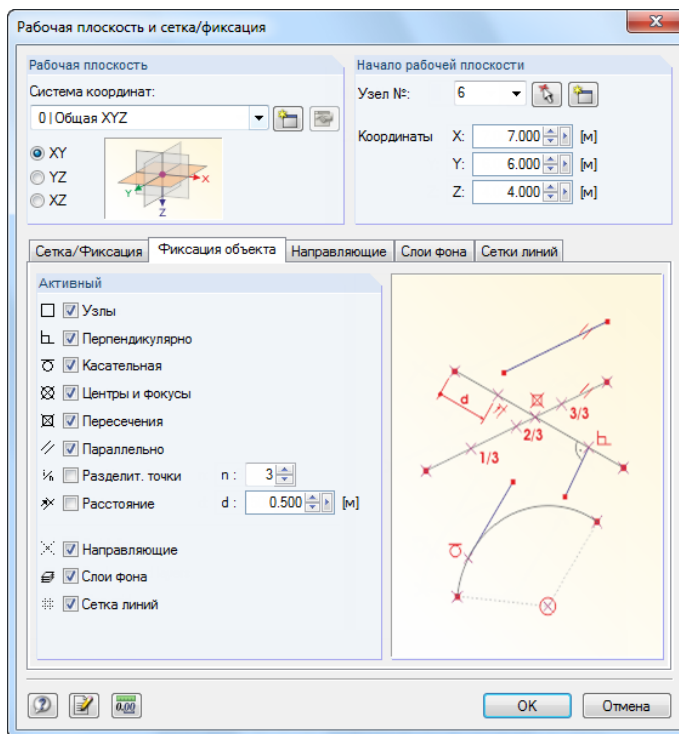


Рисунок 11.35: Диалоговое окно *Рабочая плоскость и сетка/фиксация*

Вкладка диалога *Фиксация объекта* управляет различными функциями фиксации.

OSNAP

Для того, чтобы функции объектной привязки были эффективными, убедитесь, что активирована кнопка [OSNAP] в строке состояния.

Узлы

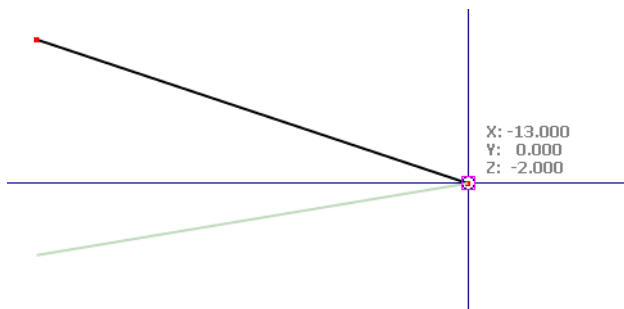


Рисунок 11.36: Привязка узла



При определении новой линии существующие узлы фиксированны. Точки привязки символизируются квадратом.

Перпендикуляр

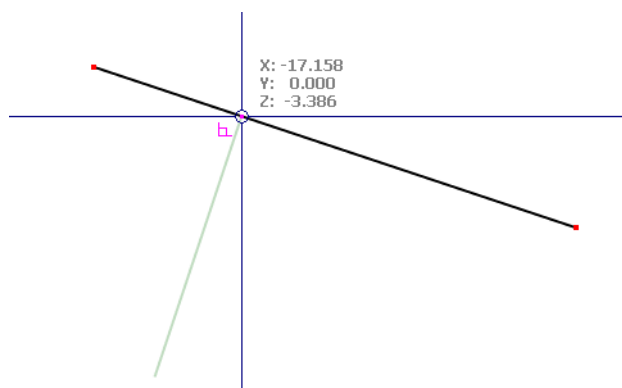


Рисунок 11.37: Подключение линии перпендикулярно



При рисовании линии указатель защелкивается, когда вы перемещаете его рядом с перпендикулярной точкой. Точка привязки символизируется перпендикулярным символом.

Касательная

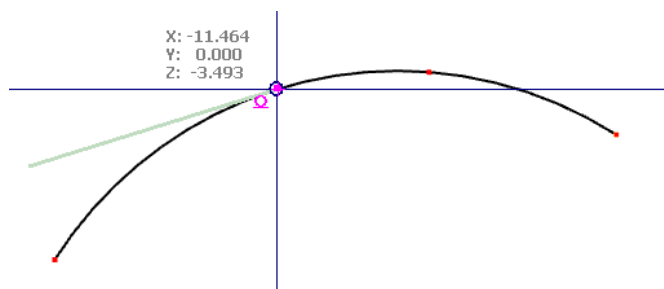


Рисунок 11.38: Подключение касательной к дуге



Касательная создается на дуге окружности. При рисовании линии указатель защелкивается, когда вы перемещаете его рядом с точкой касания. Точка привязки символизируется символом касательной.

Центры и фокусы

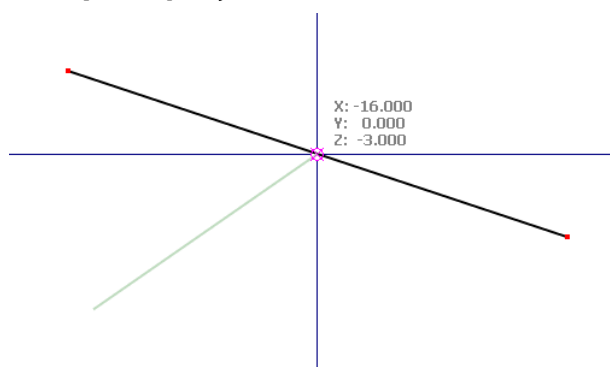


Рисунок 11.39: Подключение линии в центре



При перемещении указателя недалеко от центра (середины) линии, он будет фиксирован. Символ центра появляется на точке привязки.

Пересечение

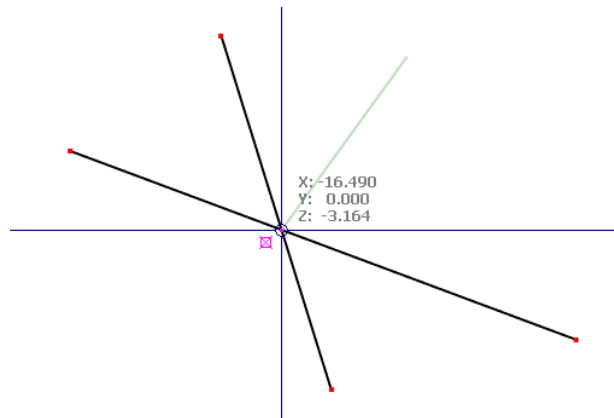


Рисунок 11.40: Привязка линий в точке пересечения



Указатель привязывается на точке пересечения двух пересекающихся линий, у которых нет общего узла. Точка привязки обозначается символом пересечения, показанным слева.

Параллельный

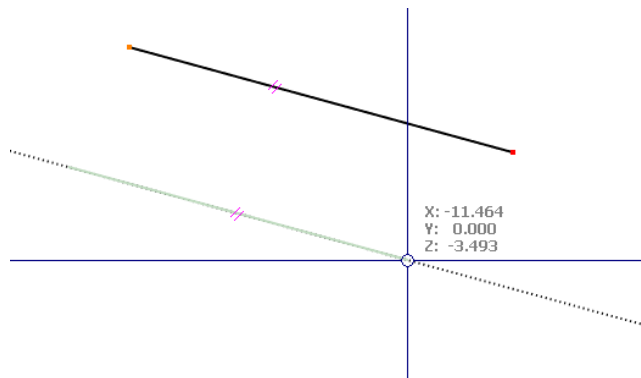


Рисунок 11.41: Привязка параллельной линии



Используйте эту функцию, чтобы установить параллельные линии: Определите начальный узел новой линии, а затем перемещайте указатель мыши по шаблону линии. Теперь, если вы переместите указатель вблизи возможного конечного узла новой линии, проходящей параллельно шаблону, на обеих линиях появляется параллельный символ, показанный слева.

Разделительные точки

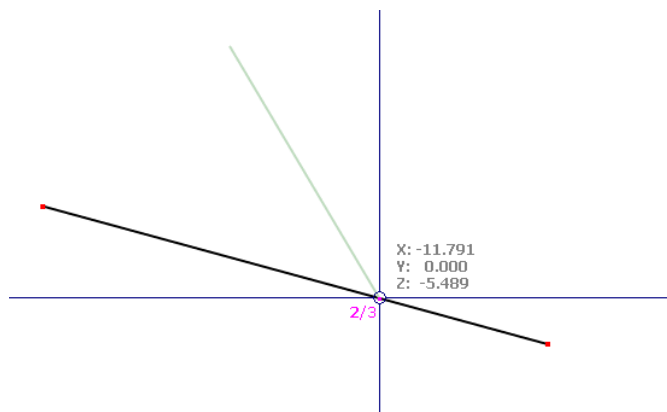


Рисунок 11.42: Привязка линии в точках разделения (например: 2/3-точка)



Во вкладке диалога *Фиксация объекта* в *Рабочая плоскость* диалоговом окне, можно ввести количество n разделений линии. При перемещении указателя вдоль линии, он будет фиксирован на точках разделения. Разделение отображается как разрыв на указателе.

Расстояние

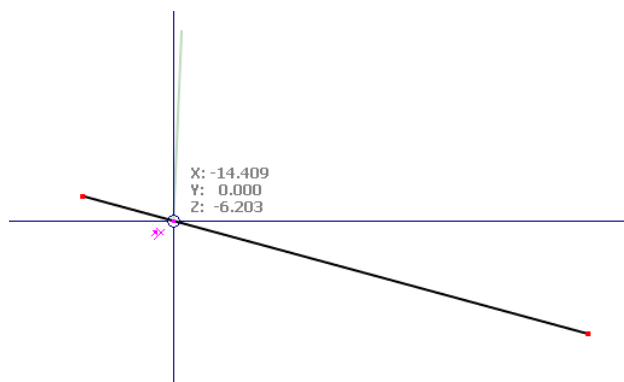


Рисунок 11.43: Подключение линии на определённом расстоянии



Во вкладке диалога *Фиксация объекта* в *Рабочая плоскость* диалоговом окне, можно ввести расстояние h для разделения линии. При перемещении курсора по линии, он будет фиксирован на определённом расстоянии от начала и конца линии. Символ центра появляется на указателе.

Направляющие

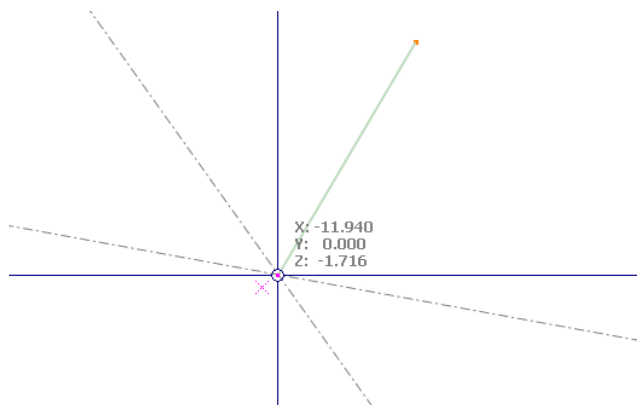


Рисунок 11.44: Привязка направляющих в точке пересечения



При перемещении указателя вблизи точки пересечения двух направляющих линий (см. раздел 11.3.7, страница 483), он будет фиксирован. Символ пересечения появляется на точке привязки.

Слой фона

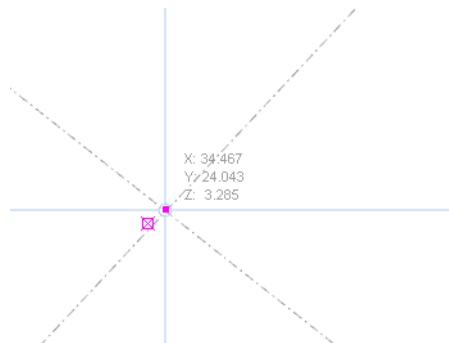


Рисунок 11.45: Привязка фоновых слоев на точке пересечения



Используйте эту функцию, чтобы установить узлы на точках пересечения фоновых слоев (см. раздел 11.3.7, страница 483). Символ пересечения появляется на точке привязки.

Линейная сетка

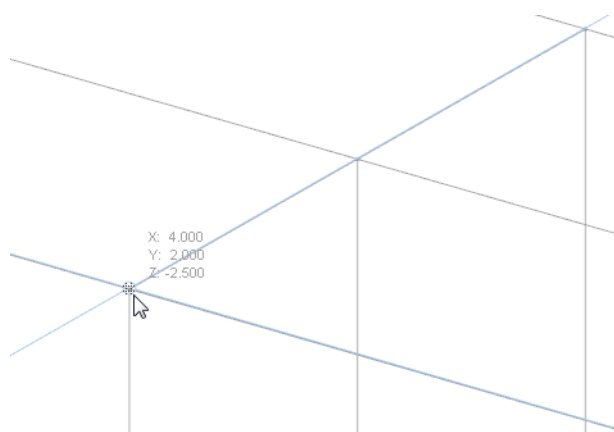


Рисунок 11.46: Привязка точек линейной сетки

Используйте эту функцию для размещения объектов в точках пересечения линейной сетки (см. раздел 11.3.8, страница 487).

11.3.4 Системы координат

Пользователем определённые системы координат облегчают ввод наклонных частей моделей. Они не имеют ничего общего с осевой системой линий, поверхностей или стержней. В качестве альтернативы, можно определить рабочие плоскости в графическом виде с помощью точек или осей линий, стержней и поверхностей (см. раздел 11.3.1, страница 468).



Чтобы открыть диалоговое окно *Система координат*, выберите **Система координат** в меню **Инструменты** или используйте кнопку на панели инструментов, показанную слева.

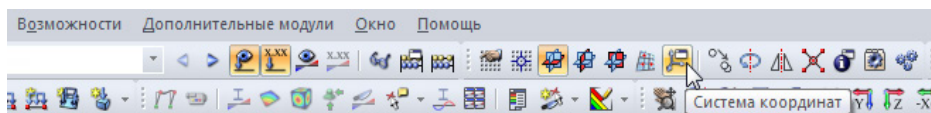


Рисунок 11.47: Button Система координат



Можно также использовать диалоговое окно *Рабочая плоскость и сетка/фиксация* (см. Рисунок 3.15, страница 31) где вы найдете кнопку [Новый] для создания определяемой пользователем системы координат.

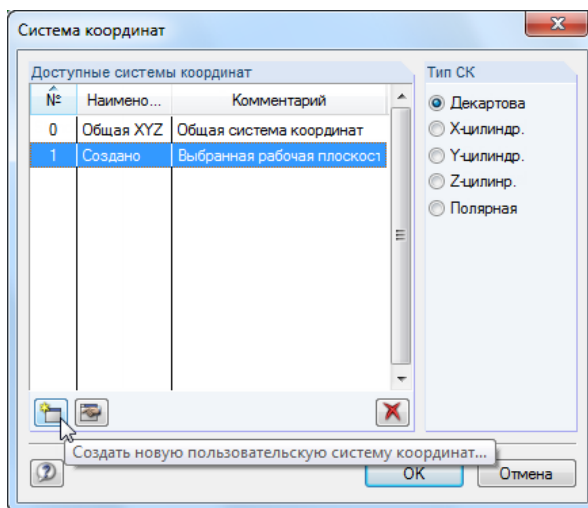


Рисунок 11.48: Диалоговое окно Система координат

Предварительно установлена *Норманая* система координат, которая относится к глобальным осям X,Y,Z и началу отсчета.

Создание новой системы координат



Нажмите кнопку [Новый], показанную на Рисунок 11.48, чтобы открыть диалоговое окно. Вы найдете ту же кнопку в диалоговом окне *Рабочая плоскость и сетка/фиксация* (см. Рисунок 3.15, страница 31).

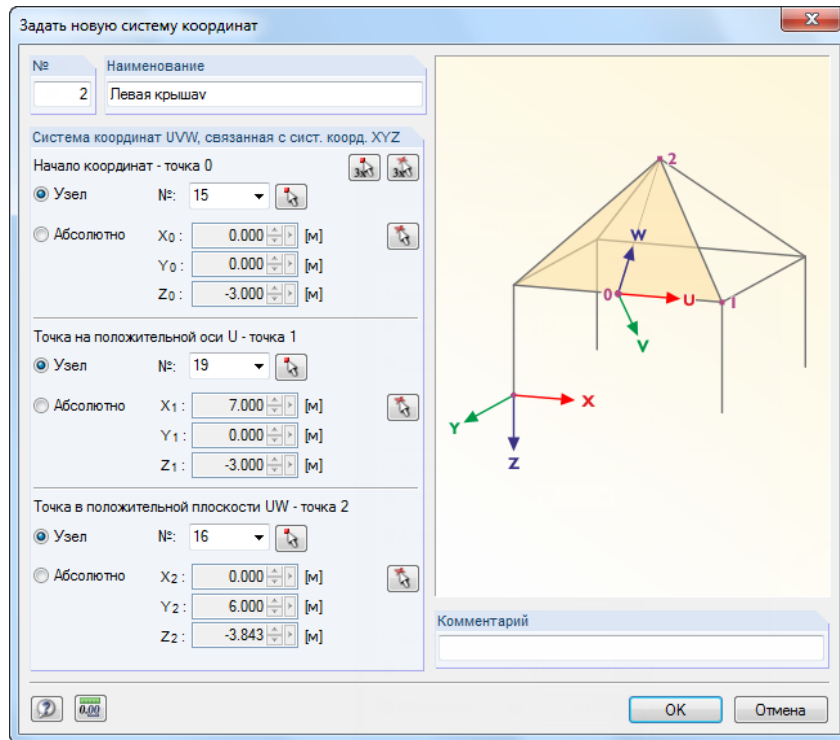


Рисунок 11.49: Диалоговое окно *Задать новую систему координат*

Введите *Имя* для новой системы координат. Затем, определите систему осей с помощью трех параметров в диалоговом разделе *UVW система координат, относящаяся к XYZ CS*:

- Начало (нулевая точка новой системы координат)
- Точка на положительной оси U - (первая ось)
- Точка на положительной UW-плоскости (Вращение плоскости вокруг оси U)



Укажите три точки, которые можно ввести непосредственно или выбрать в графическом виде. Точки не должны быть определены на прямой.

Можно использовать кнопки, показанные слева, чтобы выбрать три точки одну за другой в рабочем окне (соблюдайте последовательность при определении точек от 0 до 2). С помощью левой кнопки можно выбрать только *Узлы*, с помощью правой кнопки можно выбрать любые *Точки*. Различие становится особенно важно, когда узел, представляющий точку определения системы координат, изменяется. Затем система координат будет регулироваться автоматически. В случае любых точек, система координат фиксируется.

Если определённый пользователем рабочая плоскость определяется с помощью трех точек(см. раздел 11.3.1, страница 467), программа RFEM создает автоматически новую систему координат под названием *Созданная*.

Редактирование или удаление системы координат

Только определённые пользователем системы координат могут быть отредактированы или удалены. Используйте следующие две кнопки, доступные в диалоговом окне *Система координат*.

	Изменяет выбранные системы координат
	Удаляет выбранные системы координат

Таблице 11.4: Кнопки в диалоговом окне *Система координат*



Пример

В Каркасном соединении, новая система координат определяется для диагонально лежащего в плоскости крыши. *Начало* установлено в угловом узле **6**. Конечный узел **4** диагонального стержня выбран как *Точка на положительной оси U*. Основную узел **5** колонны выбран как *Точка в положительной плоскости UW*.

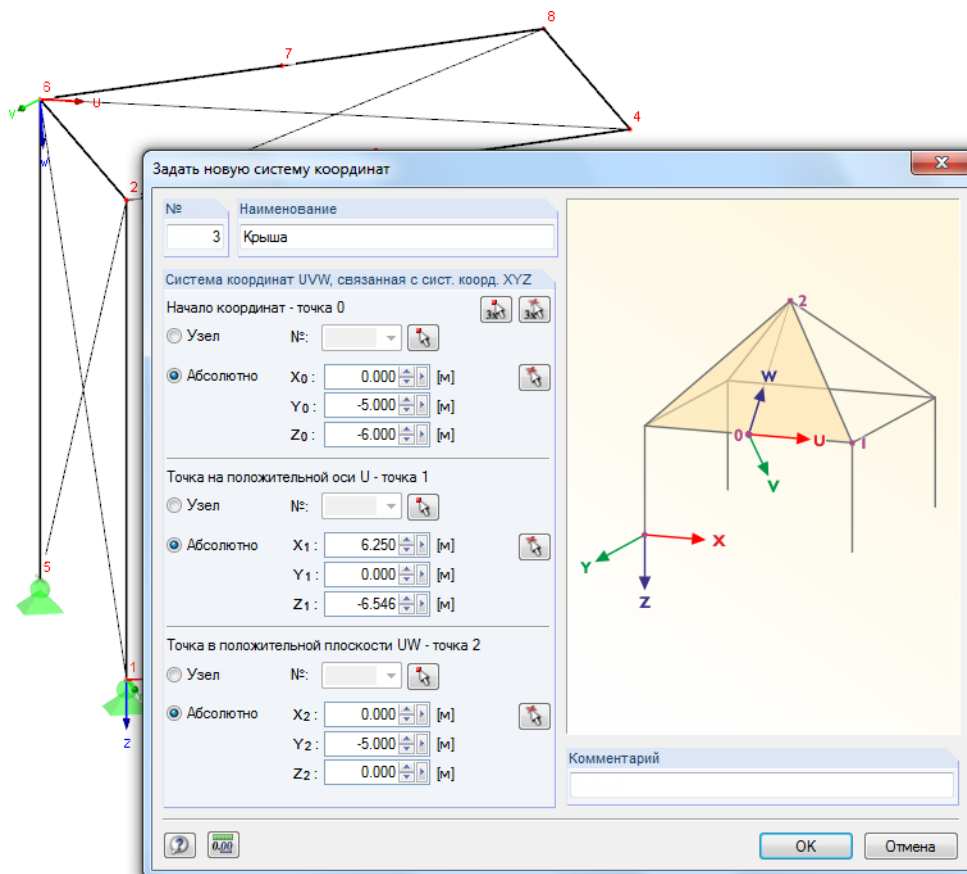


Рисунок 11.50: Определяемая пользователем система координат **UVW** в соединении каркаса

Теперь, сетка относится к рабочим плоскостям UV, VW и UW, которых можно определить новые объекты (см. раздел 11.3.1, страница 466).

11.3.5 Размеры

К модели можно добавить определённые пользователем размерные линии .



Чтобы применить функции определения размеров, укажите на **Размеры** в **Вставить** меню или используйте соответствующие кнопки панели инструментов.

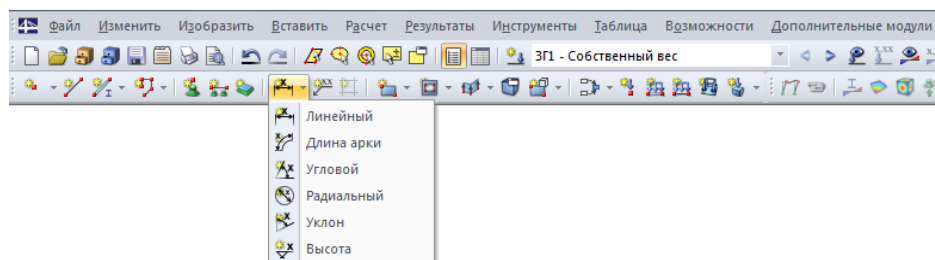


Рисунок 11.51: Новый размер кнопки

Могут быть выбраны следующие параметры измерения:

Размер	Масштабные объекты
Линейный	Длины между двумя или несколькими узлами
Длина дуги	Длина между узлами и дугой
Угловая	Угол между тремя узлами или двумя линиями
Радиальный	Диаметр или радиус круга и дуги
Уклон	Угол наклона между линией и плоскостью
Высота	Уровень высоты узла

Таблице 11.5: Функции определения размеров

Откроется диалоговое окно *Новый Размер* . Появление диалогового окна зависит от вашего Выбора.

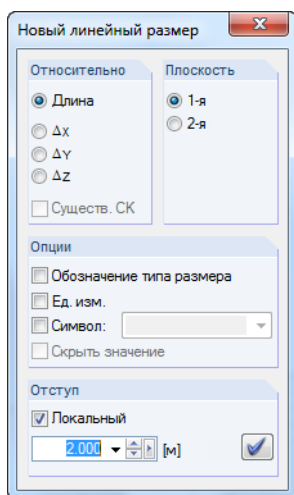


Рисунок 11.52: Диалоговое окно *Новый линейный размер*

Используйте указатель, отображаемый с символом выбора, и щелкните объекты, представляющие размер определяющие точки одну за другой. В разделе диалога *Соответствие*, можно выбрать реальную длину или проекцию в одном из направлений глобальных осей.

В разделе диалогом справа, вам определяете *Плоскость*, в которой применяется размерная линия. Установка относится к осям глобальной системы координат XYZ соответственно линейным осям. При переключении плоскости и перемещении указателя на графике, можно увидеть эффект обоих полей выбора.

Используйте четыре флажка в диалоговом окне *Дополнения*, чтобы определить информацию, появляющуюся на значениях. При выборе *Обозначение*, можно ввести символ размера. Его Можно также выбрать из списка. Отметьте *Скрыть значение* выключить измеренное значение, так что появляется только символ.

Смещение определяет расстояние размерной линии от первого выбранного узла. Расстояние может быть определено также в графическом виде с помощью указателя мыши. Чтобы окончательно определить размерную линию, нажмите в рабочем окне или используйте кнопку [Установить размер], показанную слева.





Чтобы определить размер цепи с равными смещением, нажмите на отдельные узлы один за другим, а затем укажите смещение.

Чтобы установить отображение размерных линий, используйте *Изобразить* навигатор или общее контекстное меню (щелкните правой кнопкой мыши в свободную от объекта область рабочего окна).

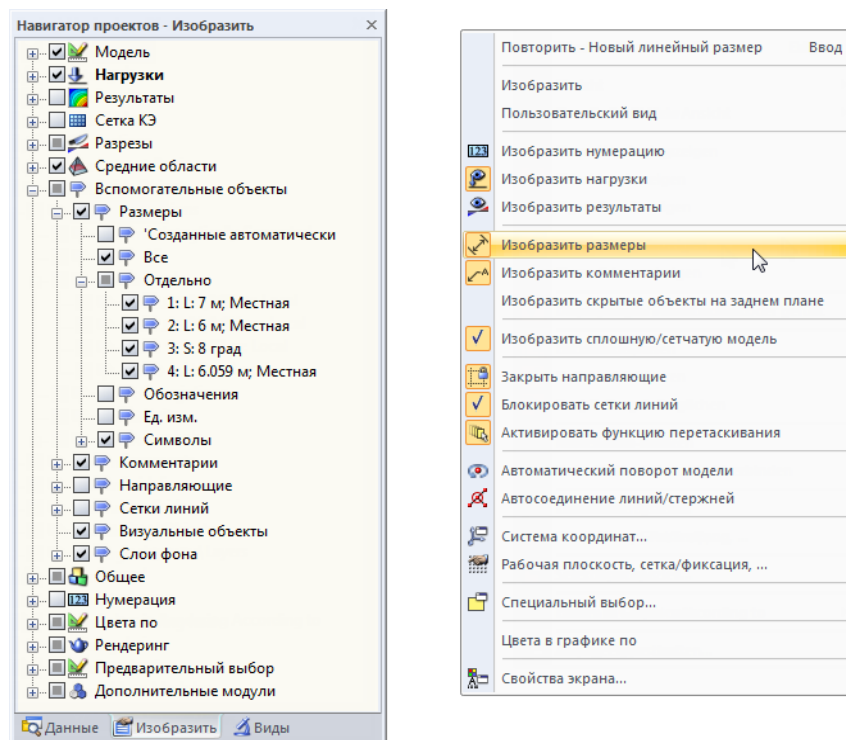


Рисунок 11.53: *Изобразить* навигатор (*Вспомогательные объекты* → *размеры*) и общее контекстное меню



Когда геометрия модели модифицируется, размеры будут регулироваться автоматически.

Чтобы открыть диалоговое окно *Редактировать размер*, дважды щелкните соответствующий размер. Таким образом, можно впоследствии изменить смещение. Тем не менее, если вы хотите связать размерную линию с другими узлами или линиями, сначала удалите размер. После этого можно переопределить его.

11.3.6 Комментарии

Есть два типа комментариев:

- Комментарии в диалоговых окнах и таблицах (см. раздел 11.1.4, страница 453)
- Комментарии в рабочем окне

В этой главе описывается установка комментариев в графическом виде.

Можно разместить комментарии со ссылкой на узлы и центры линий и стержней. Они также могут быть размещены на любом месте в текущей рабочей плоскости или в глобальной плоскости.



Чтобы открыть диалоговое окно для применения комментариев, выберите **Обозначение в Вставить** меню или используйте кнопку на панели инструментов, показанную слева.

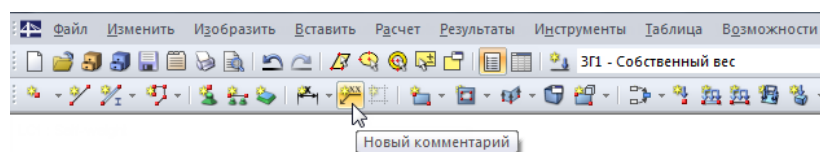


Рисунок 11.54: Button *Новый комментарий*

Откроется диалоговое окно *Новый комментарий*.

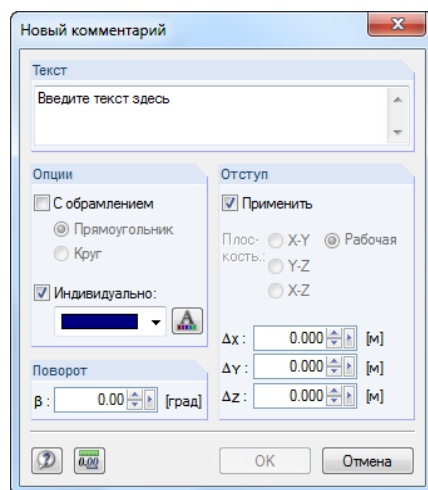


Рисунок 11.55: Диалоговое окно *Новый комментарий*



Введите комментарий в раздел диалога *Текст*. Появление комментария о цветах и [Шрифтах] можно регулировать в *Дополнения* разделе диалога. При желании, комментарий можно сделать *В рамке* с помощью прямоугольника или в круге.

Вращение комментария предоставляет пользовательское определение расположение текста комментария.

Если флажок в диалоговом разделе *Смещение* отмечен, комментарий будет располагаться на заданном расстоянии до объекта. Можно определить расстояние также в графическом виде: Во-первых, щелкните на объект после ввода текста комментария. Затем, используйте указатель, чтобы найти подходящее место, где вы введете текст комментария с помощью другого щелчка мыши. RFEM отображает текущую рабочую плоскость, так что можно разместить комментарий правильно. При необходимости, можно изменить рабочую плоскость до размещения комментария.

Чтобы установить отображение комментариев, используйте *Изобразить* навигатор или общее контекстное меню (щелкните правой кнопкой мыши в свободную от объекта область рабочего окна, см. Рисунок ниже).

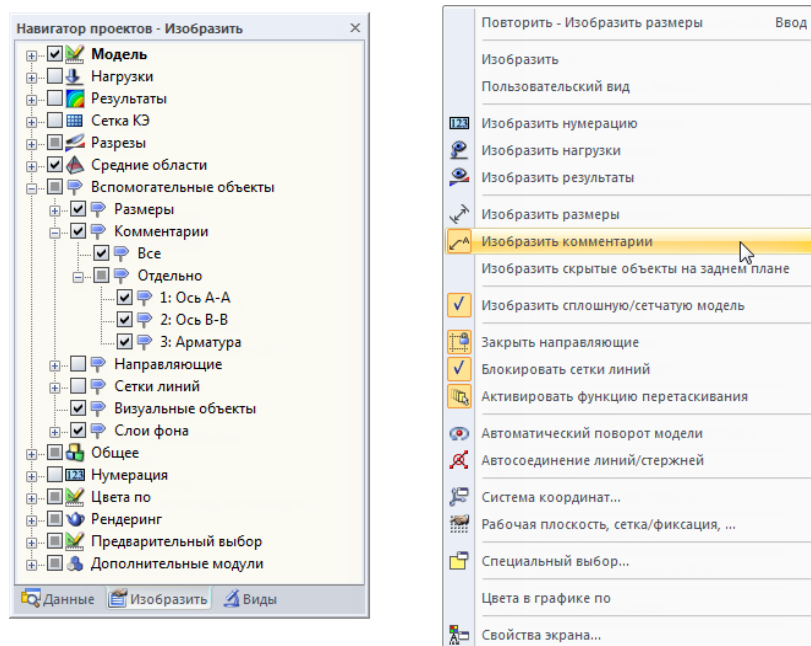


Рисунок 11.56: *Изобразить* навигатор (*Вспомогательные объекты* → *Обозначение*) и общее контекстное меню



Когда геометрия модели модифицируется, комментарии будут регулироваться автоматически.



Тексты комментариев, включая смещение, могут быть отредактированы впоследствии: Дважды щелкните на комментарий в рабочем окне или в его записи в *Данные* навигаторе.

Можно сдвинуть комментарии, используя функцию перетаскивания (для копирования: удерживая клавишу [Ctrl]). Обратите внимание на следующее: Когда вы "захватываете" стрелку графического комментария на его вершине, вы переносите весь комментарий. Когда вы "захватывает" его по тексту, стрелка продолжает указывать на объект таким образом, чтобы положение текста комментария можно регулировать в рабочей плоскости.

11.3.7 Направляющие

Направляющие представляют собой сетку из осей и строк внизу графического рабочего пространства. Точки пересечения направляющих являются также точками привязки для графического ввода, при условии, что функция привязки для *Пересечений направляющих* включена в объектной привязке (см. раздел 11.3.3, страница 474).

Направляющие не должны быть параллельны осям глобальной системы координат XYZ. Углы могут быть указаны свободно. Вы даже можете определить полярное расположение направляющих. Также расстояния между направляющими может быть произвольным.

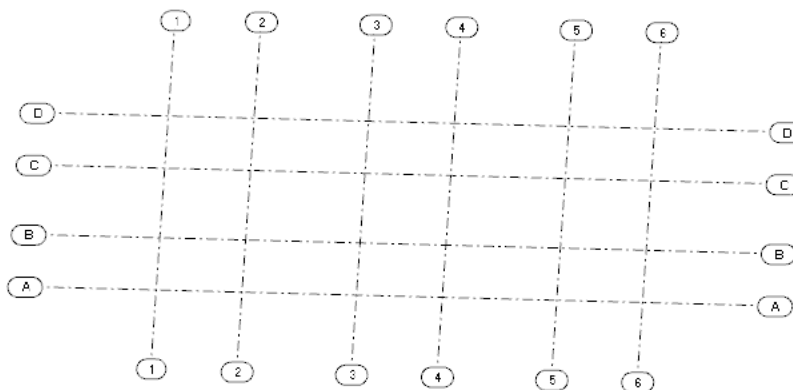


Рисунок 11-57: Сетка направляющих

Создание направляющих

Ввод в диалоговом окне

Чтобы открыть диалоговое окно для создания новой направляющей, укажите на **Направляющие** в **Вставить** меню, и затем выберите **Диалоговое окно** или используйте контекстное меню в *Данные* навигаторе.

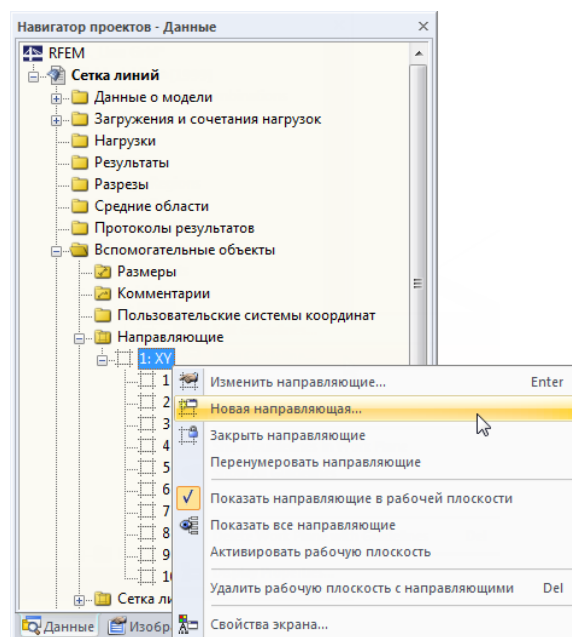


Рисунок 11.58: Контекстное меню *Направляющие* в *Данные* навигаторе

Появится следующее диалоговое окно:

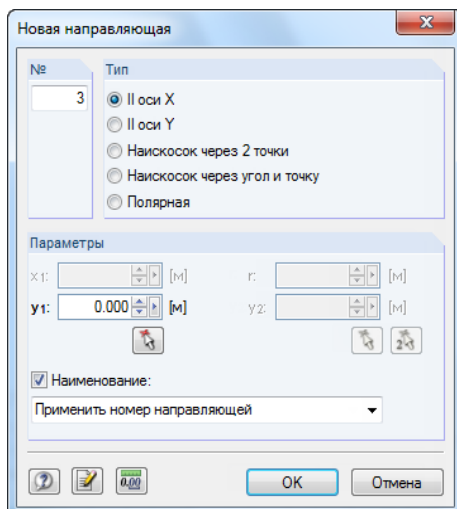


Рисунок 11.59: Диалоговое окно *Новая направляющая*

Номер направляющей выделяется программой, но может быть скорректирован, если это необходимо.

С помощью опций в диалоговом разделе *Тип* вы решаете, как будет создана направляющая (см. таблицу ниже).

Тип	Объяснение
II в X / Y / Z (параллельно глобальной оси X, Y или Z)	Направляющая создается параллельно одной из глобальных осей. Задайте расстояния x_1 / y_1 / z_1 соответствующих глобальных осей в диалоговом разделе <i>Параметры</i> .
Наискосок через 2 точки	В разделе диалога <i>Параметры</i> , введите координаты двух точек в текущей рабочей плоскости для определения направляющей.
Наискосок через угол и точку	Координаты точки и угол Вращенияа должен быть указан в диалоговом разделе <i>Параметры</i> . Направляющая будет создана в текущем рабочей плоскости.
Полярная	В разделе диалога <i>Параметры</i> должны быть указаны центральная точка и радиус для круговой наппавляющей.

Таблица 11.6: Типы направляющих



Ввести отдельные параметры в поля ввода или определите их в графическом виде в рабочем окне с помощью [↵] функции.

Если флажок *Обозначение* отмечен, можно ввести описание для направляющей в поле ввода. Можно также выбрать описание из списка.

В графическом виде ввод

Чтобы определить направляющую в графическом виде,

- укажите на **Направляющие** в **Вставить** меню , и затем выберите **В графическом виде**
- используйте кнопку [Новая направляющая в графическом виде], показанную слева или
- захватите ось рабочей плоскости и переместите ее в параллельном направлении (возможно только тогда, когда направляющие не замкнуты, см.ниже).



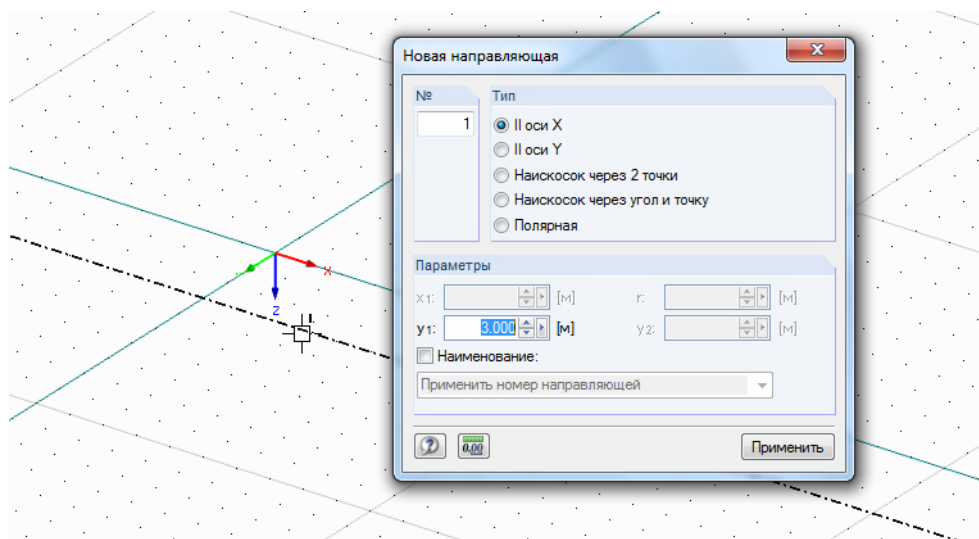
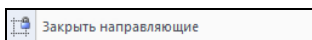


Рисунок 11.60: Создание направляющей в графическом виде

Диалоговое окно *Новая направляющая* описано выше.

Редактирование и удаление направляющих

Чтобы открыть диалоговое окно для направляющих, дважды щелкните на направляющую в графическом виде или в ее записе в навигаторе *Данные*.



Если установка направляющей не может быть выбрана на графике, она заблокирована (см. ниже). Направляющие могут быть быстро разблокированы следующим образом: Щелкните правой кнопкой мыши в пустом месте рабочего окна и отключите опцию *Закреть направляющие* в контекстном меню.

Другой возможностью редактировать направляющие является выбор *Рабочая плоскость, Сетка/Фиксация, Фиксация объекта, Направляющие* в *Инструменты* меню, или использование кнопки панели инструментов, отображенной слева. Откроется диалоговое окно, где можно использовать вкладку *Направляющие* не только для активации привязки, а также для редактирования, удаления или скрытия и отображения направляющих, а также создания новых направляющих.

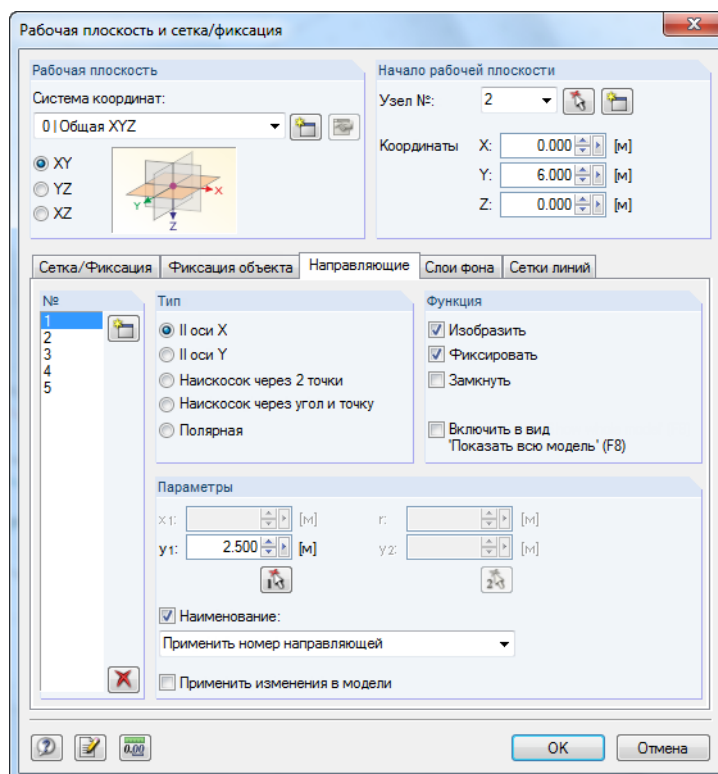


Рисунок 11.61: Диалоговое окно *Рабочая плоскость и сетка/фиксация*, таблица *Направляющие*

Направляющие могут быть удалены как в рабочем окне, так и в *Данные* навигаторе: Щелкните правой кнопкой мыши на направляющую, а затем выберите *Удалить* или *Удалить направляющую* в контекстном меню.

Блокирование направляющих

Когда направляющие заблокированы, они не могут быть выбраны, отредактированы, перемещены или удалены. Таким образом, они не влияют на в графическом виде ввод объектов. Тем не менее, функция привязки на точках пересечения остается активной.

Чтобы заблокировать или разблокировать все направляющие,

- щелкните правой кнопкой мыши на направляющую и выберите *Блокировка направляющих* в контекстном меню
- укажите на **Направляющие** в **Редактировать** меню, и then выберите **Закреть** или
- щелкните правой кнопкой мыши на *Направляющие* в навигаторе *Данные* и выберите *Блокировать направляющие* в контекстном меню.

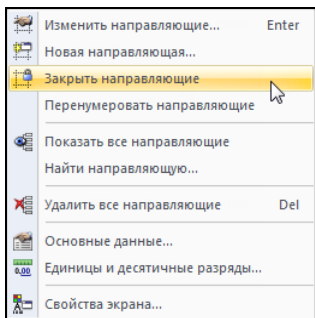
Копирование и смещение направляющих

Направляющие представляют собой нормальные в графическом виде объекты, для которых можно использовать все обычные функции редактирования.

Для перемещения или копирования направляющей, сначала выберите направляющую. Затем, можно применить функцию, описанную в главе 11.4.1 от страница 494.

Изобразить направляющие

Навигатор *Изобразить* контролирует подробное графическое представление направляющих (см. рисунок ниже).



Контекстное меню направляющих

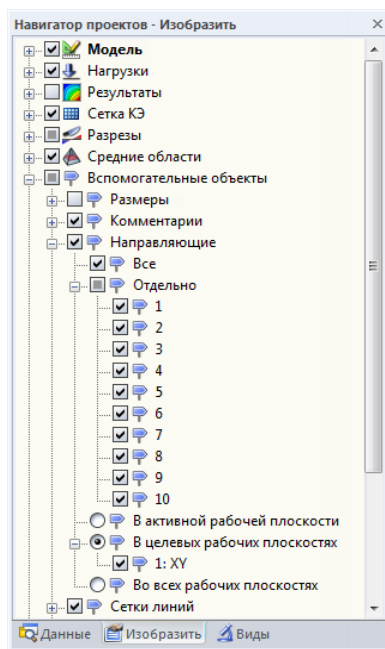


Рисунок 11.62: Настройки направляющей в *Изобразить* навигаторе

11.3.8 Линейная сетка

Определённые пользователем линейные сетки помогают моделировать конструкции, состоящие из поверхностей, ростверков или сеток. Точки пересечения сетки представляют точки определения для поверхностей, линий и стержней.

В одной модели можно использовать несколько линейных сеток.

Создание линейной сетки

Чтобы открыть диалоговое окно для создания новой сетки линий, выберите **Сетка линии** в **Вставить** меню или используйте контекстное меню в *Данные* навигаторе.

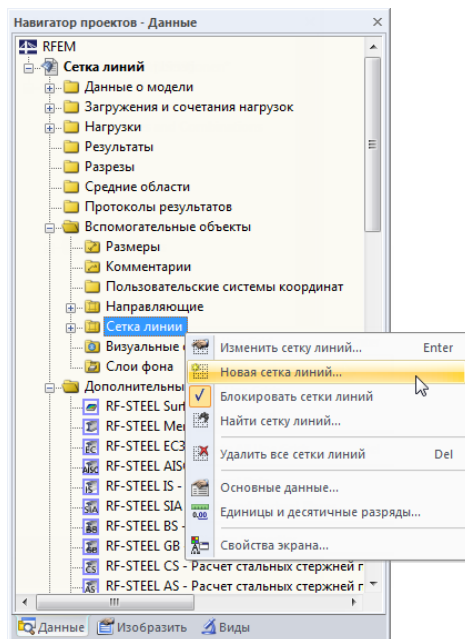


Рисунок 11.63: Контекстное меню *Сетка линий* в *Данные* навигаторе

Появится диалоговое окно *Линейная сетка*, в котором можно определить новую сетку.

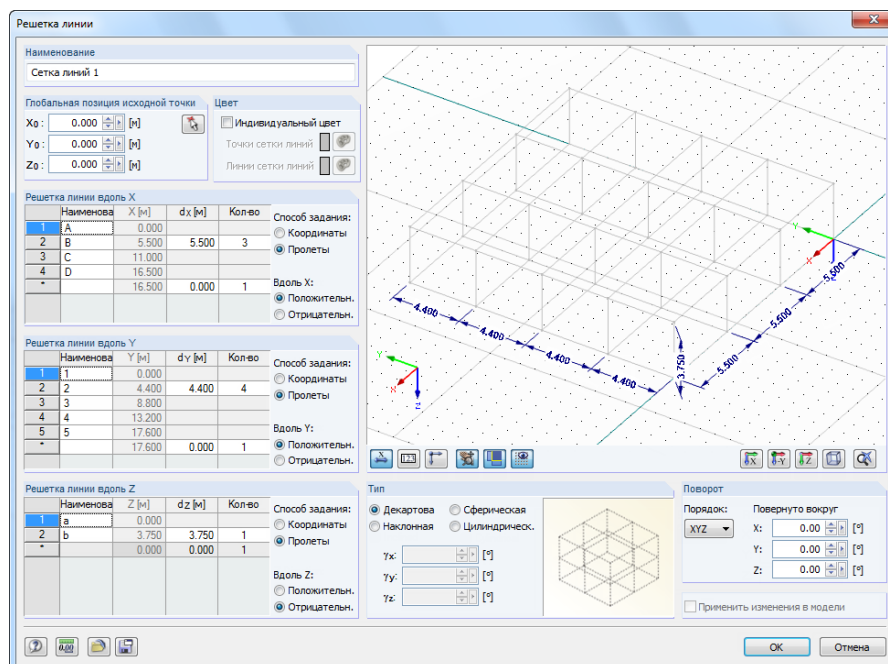


Рисунок 11.64: Диалоговое окно *Линейная сетка*



Глобальная позиция исходной точки определяет начало линейной сетки. Координаты можно ввести или выбрать в рабочем окне с помощью [↖] функции.

Раздел диалога *Тип* под изображением диалога предлагает следующие опции для определения системы сетки перед вводом дополнительных данных:

- Декартова
- Сферическая
- Наклонная (сетка, которую можно вращать для каждой оси любым углом Вращения γ)
- Цилиндрическая

Небольшое изображение справа взаимосвязано со спецификацией типа.

В разделах диалога *Линейная сетка* в X-/Y-/Z-Направление, введите расстояния *d* и *Количество соединений* для каждого направления. *Имя* будет сохранено, но может быть скорректировано. Кроме того, можно ввести *Координаты* расстояний или скорректировать их в дальнейшем.

Опции *Положительные* и *Отрицательные* определяют, в каком направлении глобальных осей будет создана линейная сетка.

С помощью раздела диалога *Вращение* в правом нижнем углу у вас есть возможность, чтобы повернуть линию сетки вокруг оси: Во-первых, выберите *Последовательность*, определяющую порядок местной сетки осей X', Y' и Z'. Затем введите угол вращения вокруг глобальных осей X, Y и Z в полях ввода для *Вращение вокруг*. Можно также использовать кнопки полей [▶], чтобы определить поддерживаемое Вращение в графическом виде.



Большая часть диалогового окна покрыта в графическом виде окном, где ввод сразу представляется в графическом виде. Кнопки под окном вам уже знакомы, вы знаете их из программы RFEM. Они управляют отображением для определения размеров, нумерации, осями и видами. Кроме того, можно использовать возможности контроля для большой диалоговой графики (см. раздел 3.4.9, страница 38).



Каждая линейная сетка может быть сохранена в виде шаблона и позже использована повторно. Обе кнопки, показанные слева, используются для [Сохранить] и [Нагрузка] данных сетки.

После закрытия диалогового окна, можно установить предметы на узлах сетки. Убедитесь в том, что включена фиксация объекта (см. раздел 11.3.3, страница 470).

11.3.9 Визуальные объекты

Визуальные объекты представляют собой 3D объекты, используемые, например, в архитектурных программах проектирования для представления проектов модели, близкой к реальности (например, люди, машины, деревья, текстуры и т.д.). Можно также интегрировать 3D-объекты в модель RFEM для демонстрации пропорций модели.

Импорт визуального объекта

Чтобы открыть диалоговое окно для импорта визуального объекта, выберите **Визуальный объект** в **Вставить** меню или используйте контекстное меню в *Данные* навигаторе.

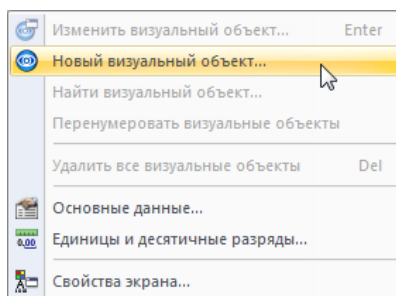


Рисунок 11.65: Контекстное меню в *Данные* навигаторе, *Вспомогательные объекты* → *Визуальные объекты*

Откроется диалоговое окно *Новый визуальный объект*, в котором вы должны указать *Обозначение* и *Имя файла*.

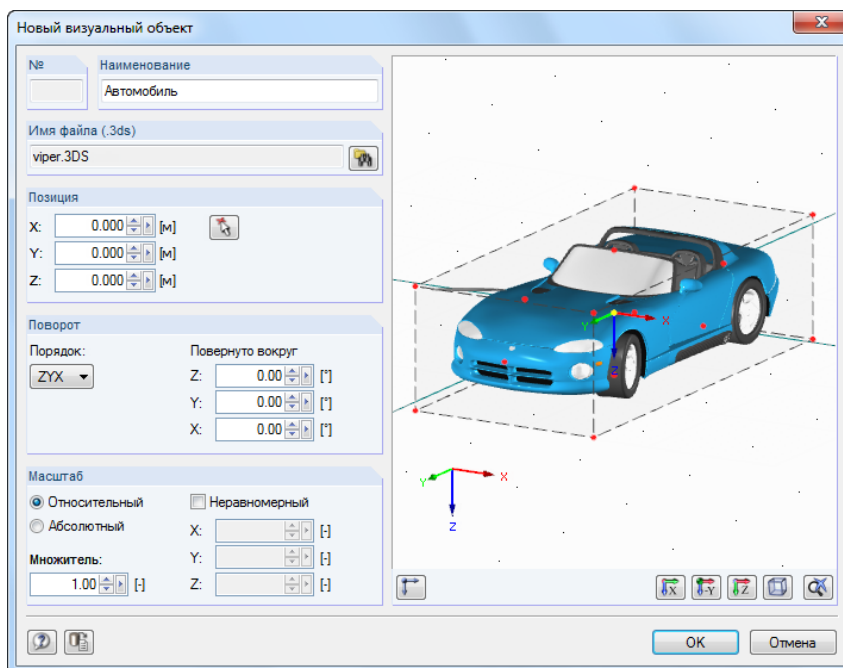


Рисунок 11.66: Диалоговое окно *Новый визуальный объект*



Визуальный объект должен быть доступен в формате *.3ds*. Используйте кнопку [Вид], чтобы выбрать файл в диалоговом окне Windows *Открыть*.



Определите *Положение* объекта в модели путем ввода координат. Можно также использовать [↵] функцию, чтобы определить его в графическом виде в рабочем окне. Точка отсчета 3D объекта обозначается цветом выделенным цветом в графике справа.

Кроме того, можно определить *Вращение* объекта или *Масштаб* объекта.

Нажмите [OK], чтобы вставить объект в модель.

Получить доступ в диалоговое окно редактирования визуального объекта можно с помощью двойного щелчка на объект на графике или в навигаторе *Данные*.

11.3.10 Неактивный слой

DXF файл может быть импортирован как неактивный слой и использован для графического ввода объектов. В отличие от импорта DXF (см. главу 12.5.2, страница б17), где полная модель загружается, преобразуясь в узлы и линии, фоновые слои представляют некий тип прозрачных листов для конкретного моделирования.

Можно использовать несколько фоновых слоев в модели.

Создание фонового слоя



Чтобы открыть диалоговое окно для создания нового фонового слоя, выберите **Слой фона** в **Вставить** меню или используйте контекстное меню в *Данные* навигаторе.

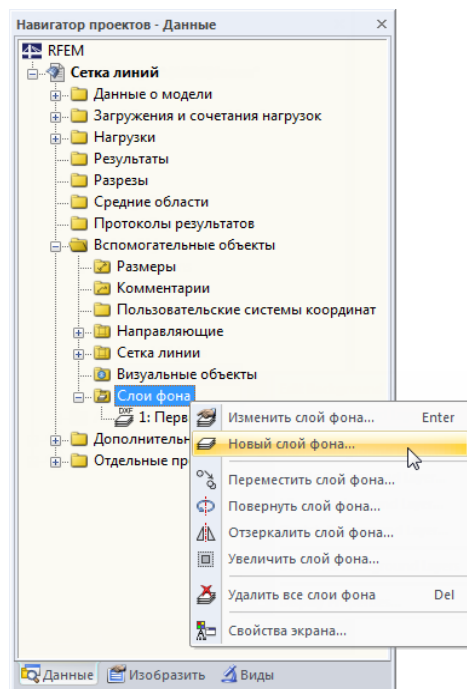


Рисунок 11.67: Контекстное меню *Слой фона* в *Данные* навигаторе

Открыть : Введите каталог и имя файла DXF.

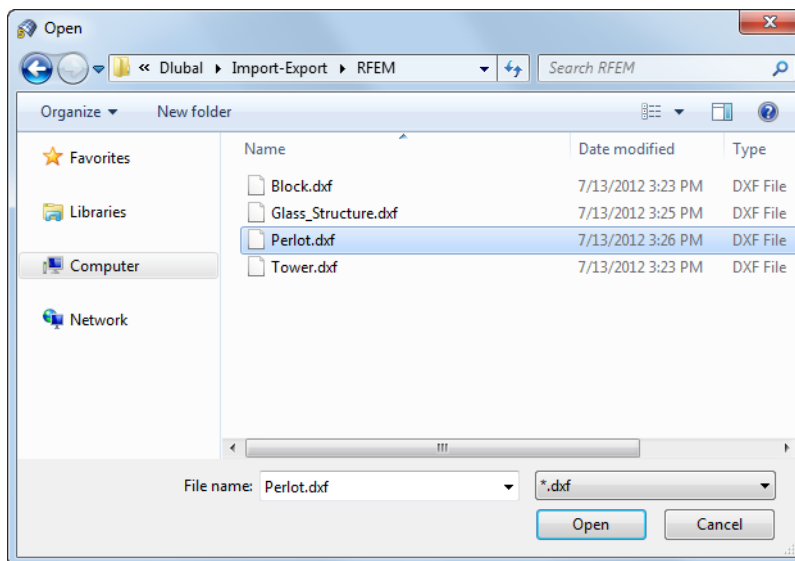


Рисунок 11.68: Диалоговое окно *Открыть*

Открыть

Нажмите кнопку [Открыть], чтобы открыть диалоговое окно *Фоновый слой*.

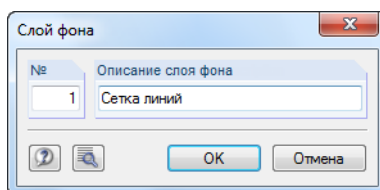


Рисунок 11.69: Диалоговое окно *Слой фона*

Номер *слоя* выделяется программой. В диалоговом разделе *Описание фонового слоя*, можно ввести любое имя, что облегчает дальнейшее назначение.



Используйте кнопку [Редактировать], показанную на рисунке слева, чтобы получить больше настроек для импорта DXF. Подробности диалогового окна можно найти на Рисунок 12.49 на странице 617.

После нажатия [OK] RFEM импортирует слой, который появляется в сером цвете на фоне рабочего окна. В линейной модели, теперь можно определить узлы, линии и стержни.

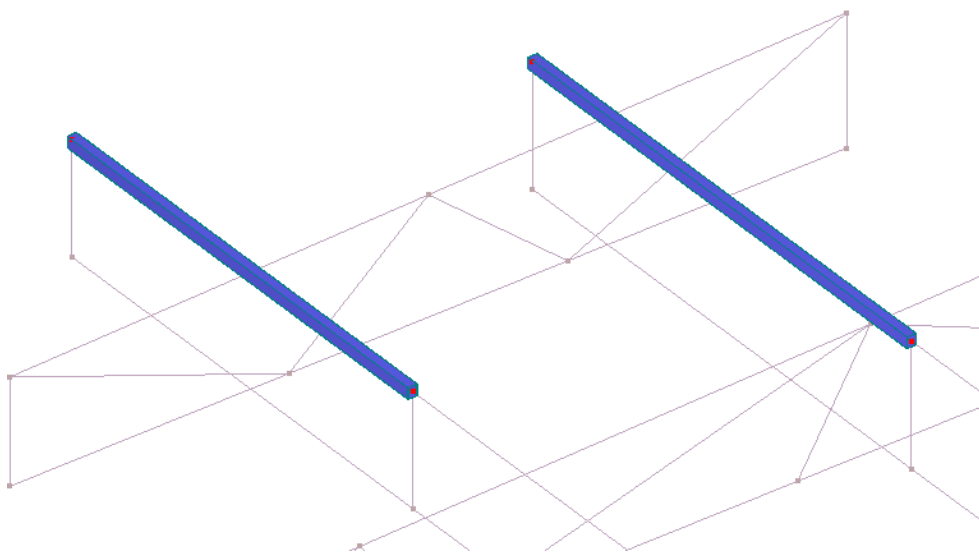


Рисунок 11.70: Определение стержней с помощью фонового слоя



Убедитесь что привязка объекта для фоновых слоев включена, поэтому можно организовать объекты на точках, доступных в слое. Для активации объектной привязки для DXF точек, используйте кнопку [DXF] в строке состояния. Альтернативно, выберите *Рабочая плоскость, сетка/фиксация, фиксация объекта, направляющие* в *Инструменты* меню, или используйте кнопку панели инструментов, отображенную слева.

Откроется диалоговое окно *Рабочая плоскость и сетка/фиксация*. Во вкладке диалога *Слой фона* можно активировать не только фиксацию, но и редактировать, удалять или скрывать и отображать слои, а также создавать новые.

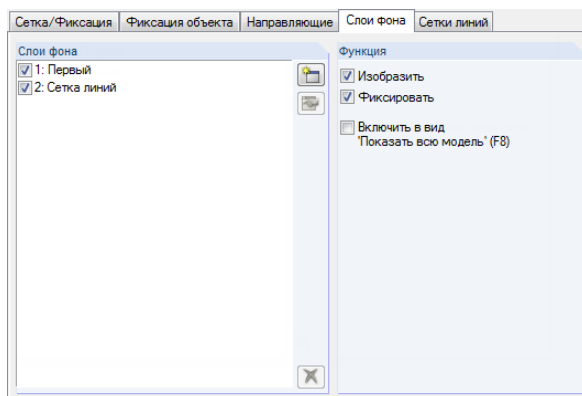


Рисунок 11.71: Диалоговое окно *Рабочая плоскость и сетка/фиксация*, таблица *Слой фона* (раздел диалога)

Редактирование, удаление или копирование фонового слоя



Чтобы открыть диалоговое окно редактирования, дважды щелкните неактивный слой или соответствующую запись в навигаторе *Данные* (см. Рисунок 11.67, страница 490). Можно также использовать вкладку диалога *Слой фона*, доступную в диалоговом окне для настроек рабочей плоскости (см. Рисунок 11.71): После выбора слой в списке, можно [Редактировать] его.

Удаление фонового слоя также возможно в навигаторе *Данные*.

Для перемещения, копирования или зеркального отображения фонового слоя, выберите слой в первую очередь. Затем, можно применить функцию, описанную в главе 11.4.1 на странице 494.

Отображение фоновых слоев

Отобразить навигатор контролирует представление фоновых слоев в деталях.

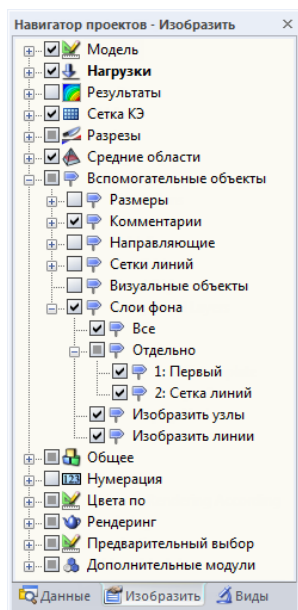


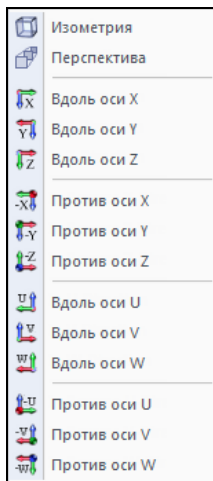
Рисунок 11.72: Настройки слоев фона в *Отобразить* навигаторе

11.3.11 Края рисунков и коэффициенты растяжения/сужения

В большинстве случаев, не требуется изменения расположения полного экрана или масштабирования модели в рабочем окне. Но если вам требуется настроить глобальные параметры отображения,

выберите **Изобразить края изображения и коэффициенты увеличения** в **Дополнения** меню

чтобы открыть диалоговое окно управления настройками по умолчанию.



Кнопки в пункте меню *Выбрать вид*

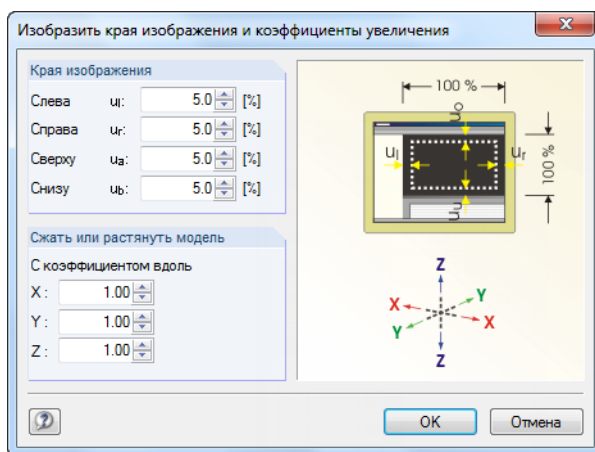


Рисунок 11.73: Диалоговое окно *Изобразить края изображения и коэффициенты увеличения*

Настройки в диалоговом разделе *Края изображения* определяют минимальные расстояния, которые хранятся для представления модели на четырех сторонах краев рабочего окна. Значения задаются в процентах и относятся к общей высоте или ширине рабочего окна. Они имеют значение при использовании кнопок пункта меню *Выбрать вид* в меню

Вид (см. Рисунок слева) или функция *Показать всю модель* [F8] для окна заполнения графического представления.

Для отображения модели в искаженном представлении, можно определить факторы неравные 1 для глобальных направлений в диалоговом разделе *Сжать или растянуть модель*. Тем не менее, параметры пользовательской настройки в этом диалоговом разделе могут потребоваться только в исключительных случаях. Они влияют только на отображение модели, а не фактическую геометрию. Чтобы масштабировать модель, используйте функцию *Масштаб*, доступную в *Редактировать* меню (см. раздел 11.4.5, страница 502).

11.4 Редактирование объектов

Используйте в графическом виде функции редактирования для изменения объектов, ранее выбранных на графике. Выбранные объекты могут быть

- перемещены
- скопированы
- повернуты
- зеркально отображены
- спроецируемы
- масштабированы
- экструдированы
- отрезаны.

Для выбора функций САПР, описанных в разделе 11.3 выбор не требуется. Функции, описанные на следующих страницах помогут вам моделировать новые объекты.

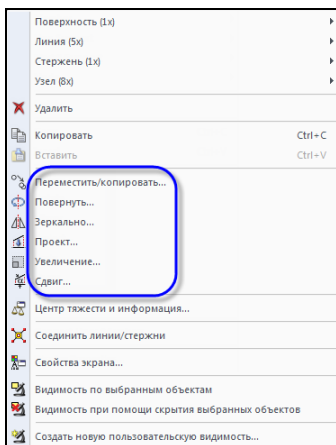
В этой главе также описывается, как разделить линии, разместить комментарии или изменить нумерации.

11.4.1 Смещение или копирование

Для перемещения или копирования выбранных объектов,

выберите **Сместить/Копировать** в **Редактировать** меню

или используйте контекстное меню соответствующего объекта. Можно также использовать показанную слева кнопку на панели инструментов.



Контекстное меню выбранных объектов

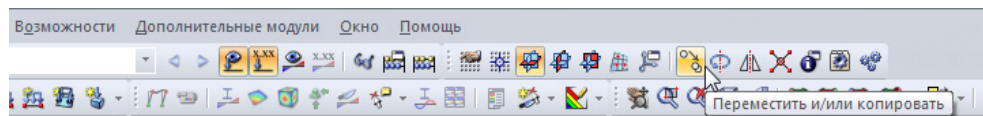


Рисунок 11.74: Кнопка *Переместить и/или Копировать*

Появится следующее диалоговое окно:

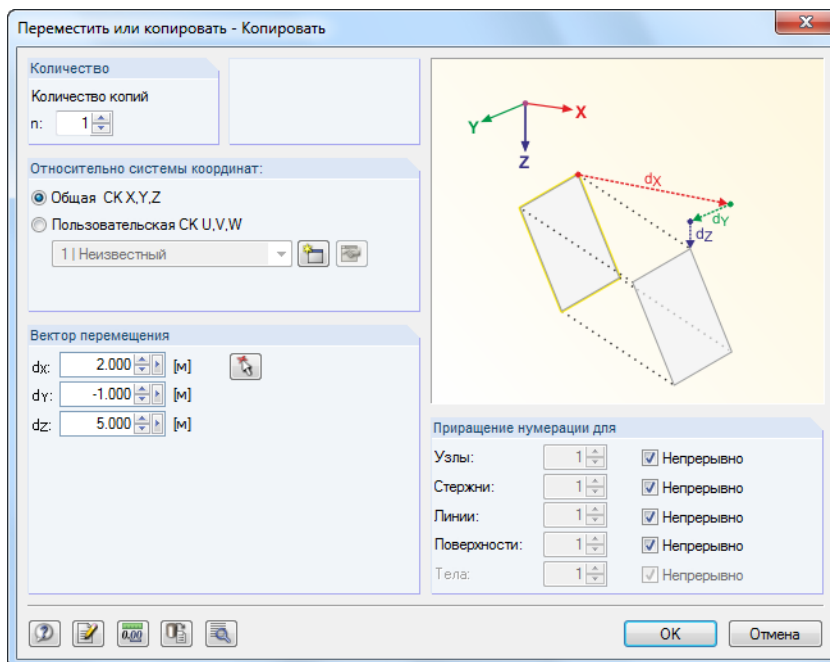


Рисунок 11.75: Диалоговое окно *Переместить или Копировать - Копировать*

Когда *Количество копий* установлено на **0**, выбранные объекты будут перемещены. В противном случае, будет создано введенное количество копий.



С помощью функции в разделе диалога *Ссылка на систему координат* вы решаете если объекты будут перемещены или скопированы в глобальной системе координат XYZ или в заданной пользователем системе координат UVW (см. 11.3.4, страница 475). Определяемая пользователем система координат может быть выбрана в списке или создана с помощью кнопки [Новая].



Вектор перемещения определяется расстояниями d_x , d_y и d_z , или d_u , d_v и d_w для а пользовательской системы координат. Вектор может быть также определён в рабочем окне с помощью функции [^] или указанием двух точек сетки или узлов.

Если копии были созданы, можно влиять на нумерацию новых узлов, стержней, линий, поверхностей и тел в диалоговом разделе *Приращение нумерации для*.



Нажмите кнопку [Редактировать], показанную слева, чтобы открыть другое диалоговое окно, в котором предлагаются полезные опции для копирования. То же диалоговое окно используется также для других функций, таких как зеркальное отображение, Вращение и т.д.

Настройка деталей

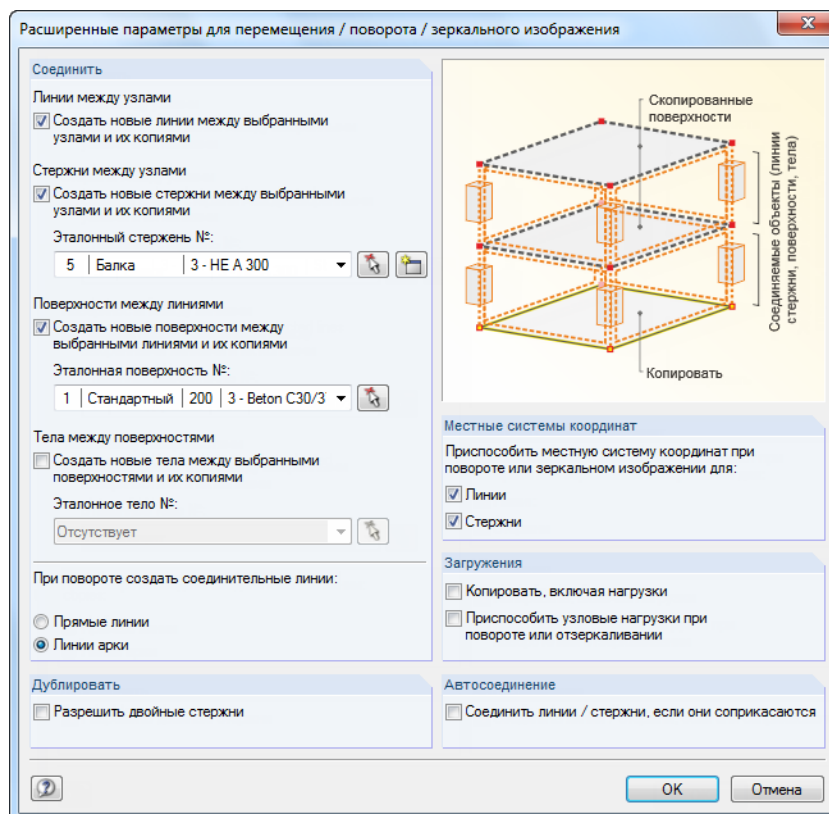


Рисунок 11.76: Диалоговое окно *Расширенные параметры для перемещения / Вращения и / зеркального изображения*

Отдел Соединить

Можно создавать новые *Линии* и *Стержни* между выбранными узлами и их копиями. Кроме того, можно генерировать *Поверхности* и *Тела* между выбранными линиями или поверхностями и их копиями.

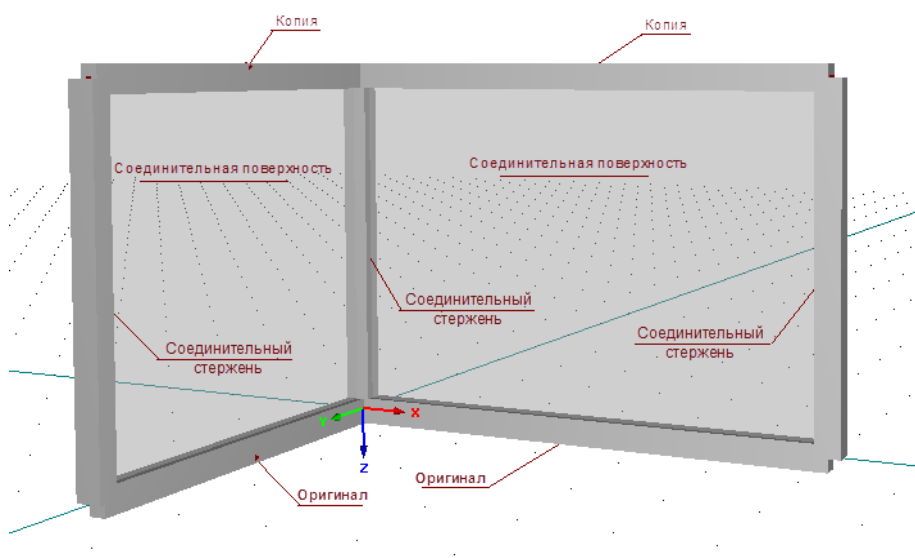


Рисунок 11.77: Копирование с подключением стержней и подключением поверхностей



Когда в списке или графике выбраны *Шаблон стержня*, *Шаблон поверхности* или *Шаблон тела* с помощью функции [↵], их свойства используются для соединительных объектов.

Дублирование

Во время копирования могут быть созданы двойные элементы. Используйте флажок, чтобы решить, если допустимо перекрывание стержней или объединение в один стержень.

Местные системы координат

Можно настроить местные системы координат линии или стержня в новое положение при Вращение и зеркальном отображении.



Автоматическая регулировка локальных осей зачастую важна при зеркальном отображении объектов. Функция оказывается полезной также для вращения вертикального стержня, так как его ось u направлена параллельно с глобальной осью Y (см. раздел 4.17, страница 158).

Кроме того, функция регулирует эксцентричные связи, которые определены в направлении глобальных осей X , Y и Z .

Загрузки

Если отмечен флажок для *Копировать, включая нагрузки*, то нагрузки, действующие на выбранные объекты, будут переданы в копии. Обратите внимание, что нагрузки всех загрузок будут скопированы, не только нагрузки в данном случае выбранного загрузки.

Узловые нагрузки могут быть определены только в направлении глобальных осей X , Y , Z . Если вы хотите повлиять на направление узловых нагрузок при копировании поверхностей или стержней, используйте флажок *Отрегулировать узловые нагрузки при Вращение или зеркальном отображении*. Когда флажок отмечен, программа RFEM будет конвертировать нагрузки, как местные сосредоточенные нагрузки на новую позицию. В этом случае, убедитесь, что стержни выбраны вместе с узловыми нагрузками перед Вращением или зеркальным отображением. Если флажок снят, глобальное направление нагрузки будет сохранено.

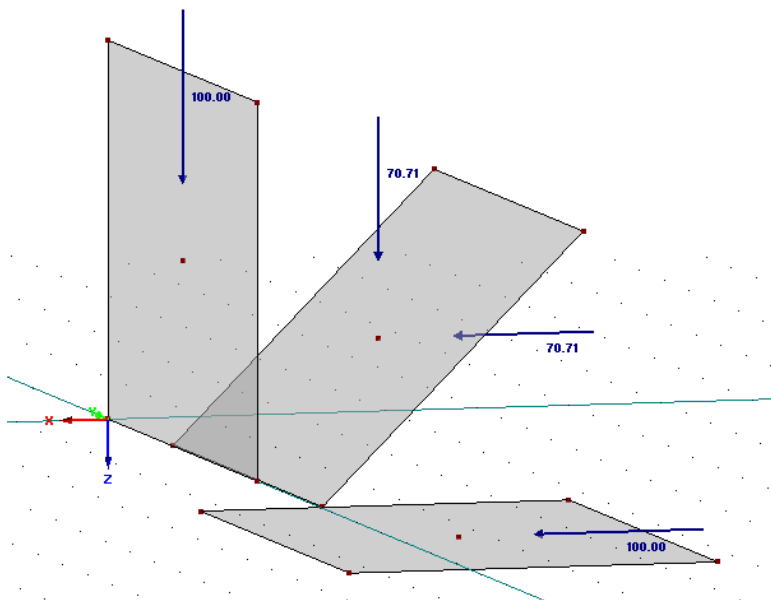


Рисунок 11.78: Скорректированные узловые нагрузки при двойном вращении на 45°

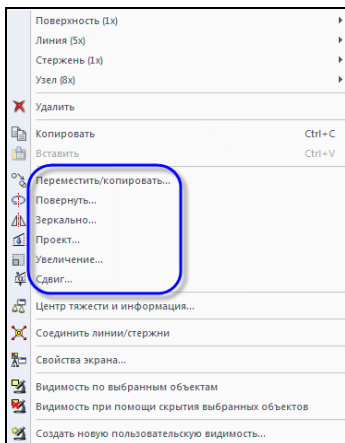
Отдел Автоматически соединить

Используйте флажок, чтобы решить, если копии линий и стержней будут подключены автоматически к уже существующим линиям и стержням. Когда флажок отмечен, узел будет создан в точке пересечения.

11.4.2 Вращение

Чтобы повернуть выбранные объекты около конкретной оси, выберите **Вращение** в **Редактировать** меню,

используйте контекстное меню соответствующего объекта или кнопку на панели инструментов, показанную слева.



Контекстное меню выбранных объектов

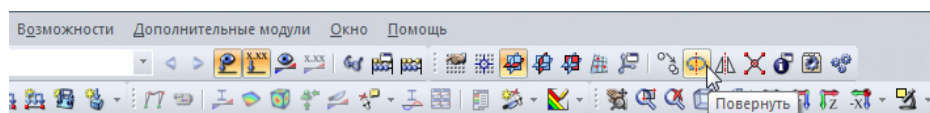


Рисунок 11.79: Кнопка Вращение

Появится следующее диалоговое окно:

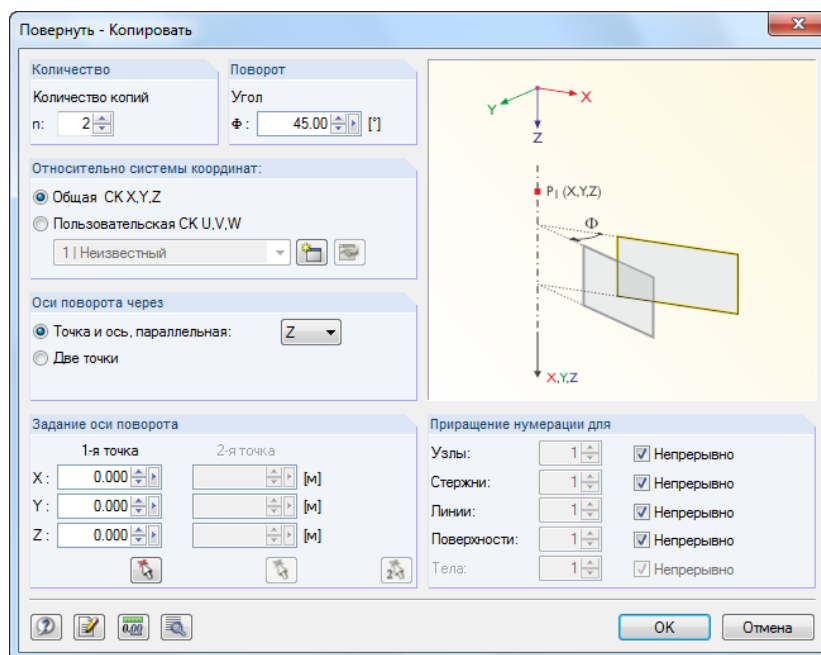


Рисунок 11.80: Диалоговое окно Вращение - копия

Когда *Количество копий* установлено на 0, выбранные объекты будут повернуты. В противном случае, будет создано введенное количество копий.

Введите угол Вращения в раздел диалога Вращение. Угол относится к системе координат, которая направлена по часовой стрелке.

Ось вращения может быть определена двумя способами:



- Ось вращения проходит параллельно оси глобальной системы осей X, Y, Z. В этом случае, включите первую опцию и выберите соответствующую ось из списка справа. Затем в диалоговом разделе *Задание оси Вращения*, укажите точку, через которую проходит ось вращения.
- Ось вращения лежит в любом месте рабочей плоскости. В этом случае, активировать второй вариант. Затем в диалоговом разделе *Задание оси Вращения*, укажите две точки, определяющие ось Вращения.

Если копии были созданы, можно влиять на нумерацию новых объектов в диалоговом разделе *Приращение нумерации для*.

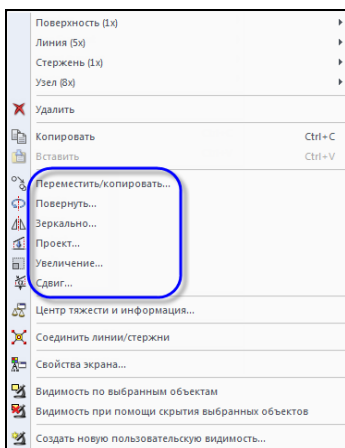
Используйте кнопку [Редактировать], показанную слева, чтобы открыть другое диалоговое окно с полезными опциями, которые описаны в главе 11.4.1 на странице 494. С помощью записей в диалоговом окне для подробных настроек можно определить, если соединительные линии, которые создаются при копировании, генерируются в виде прямых линий или дуг.

11.4.3 Зеркальное отображение

Чтобы отразить выбранные объекты на плоскости,

выберите **Зеркально отобразить** в **Редактировать** меню

или используйте контекстное меню соответствующего объекта. Можно также использовать показанную слева кнопку на панели инструментов.



Контекстное меню выбранных объектов

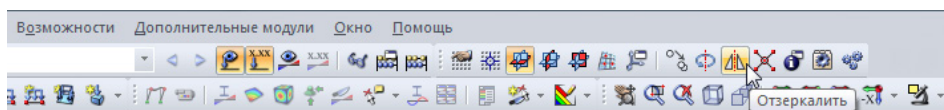


Рисунок 11.81: Кнопка *Отзеркалить*

Появится следующее диалоговое окно:

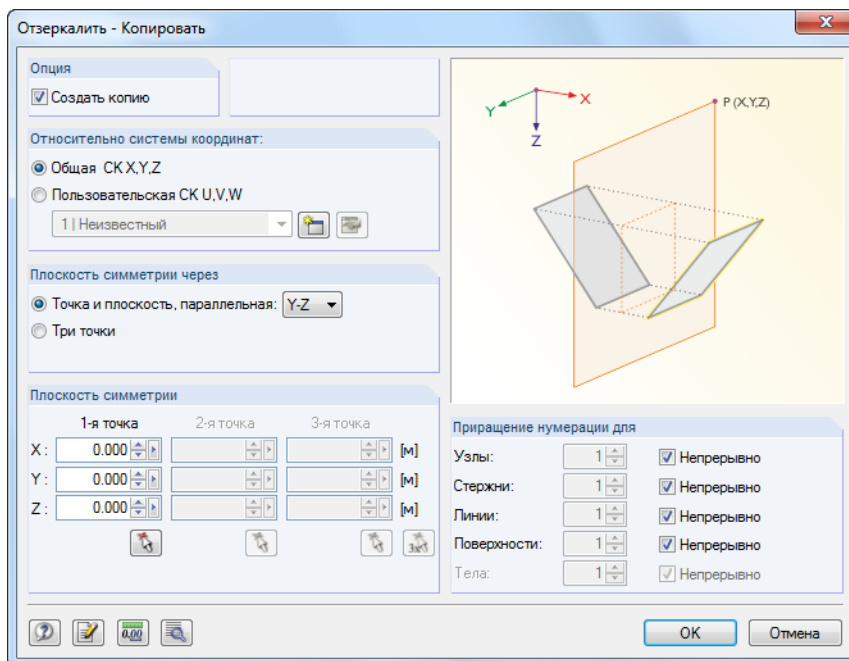


Рисунок 11.82: Диалоговое окно *Отзеркалить - копия*

Для поддержания исходного объекта, отметьте флажок для *Создать копию*.

Плоскость симметрии может быть определена двумя способами:

- *Плоскость симметрии* проходит параллельно к плоскости, которая натянута осями глобальной системы координат XYZ. В этом случае, включите первую опцию и выберите соответствующую плоскость из списка справа. Затем в диалоговом разделе *Плоскость симметрии*, введите точку, лежащую в плоскости, заданной выше.
- *Плоскость симметрии* лежит в любом месте в рабочей плоскости. В этом случае, активировать второй вариант. Затем в диалоговом разделе *Плоскость симметрии*, введите три точки, которые определяют плоскость.



Если копии были созданы, можно влиять на нумерацию новых объектов в диалоговом разделе *Приращение нумерации для*.

Используйте кнопку [Редактировать], показанную слева, чтобы открыть другое диалоговое окно с полезными опциями, которые описаны в главе 11.4.1 на странице 494.

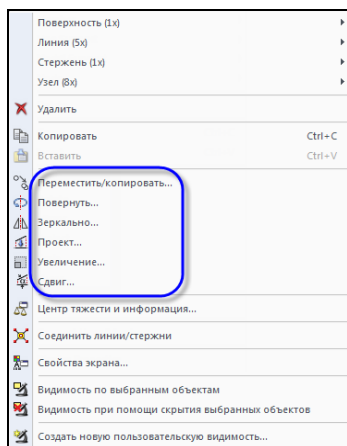


11.4.4 Проецирование

Используйте эту функцию для проецирования выбранных объектов на плоскость. Таким образом, можно настроить, например, угол наклона горизонтальных балок или прогонов.

Пример

Стержень проецируется в направлении X на плоскость YZ.



Контекстное меню выбранных объектов

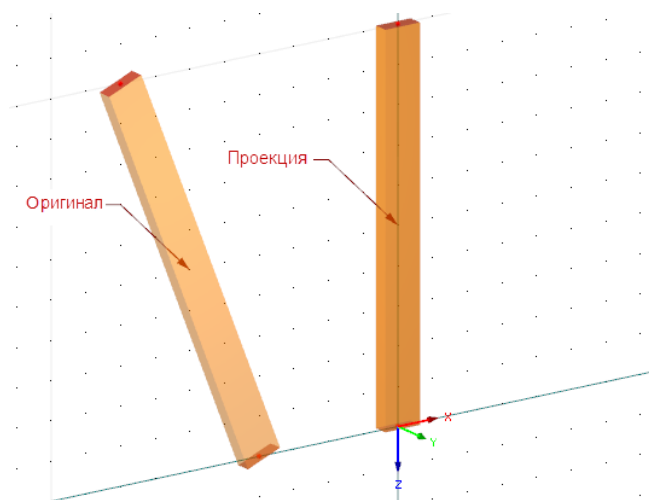


Рисунок 11.83: Первоначальный стержень и проецируемая копия на плоскость YZ



Чтобы открыть диалоговое окно для ввода параметров проекции, выберите **Проект** в **Редактировать** меню или используйте контекстное меню выделенных объектов.

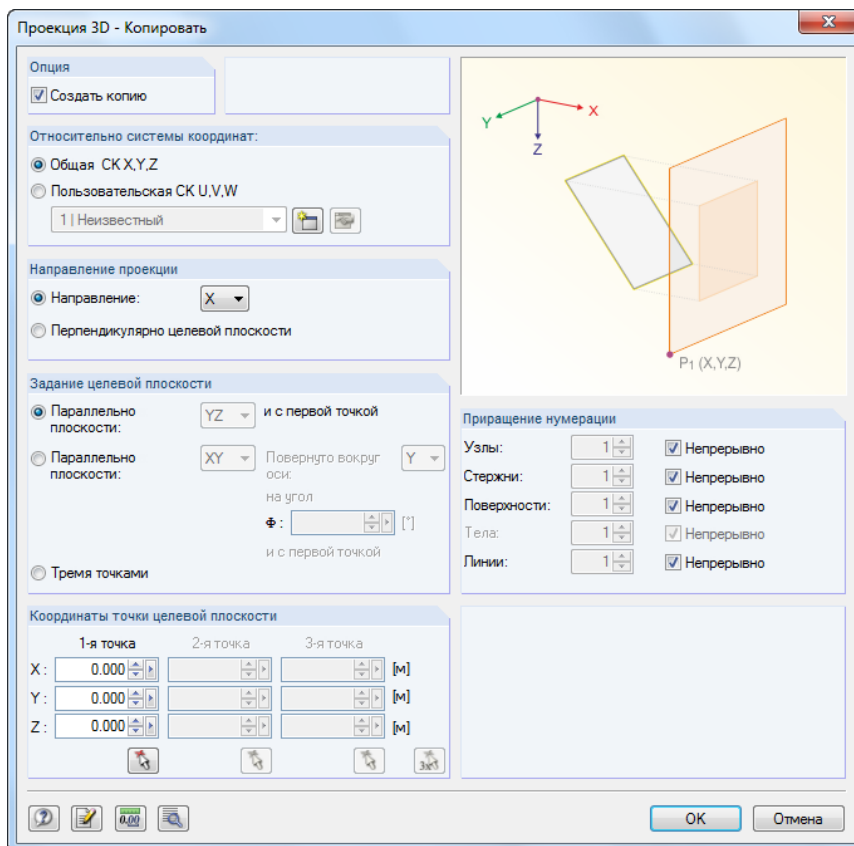


Рисунок 11.84: Диалоговое окно *Проекция 3D - копия*

Для поддержания исходного объекта, отметьте флажок для *Создать копию*.

В диалоговом разделе *Направление проекции*, можно решить, будет ли проецироваться объекты в направлении глобальной оси (X, Y или Z) или перпендикулярно к назаначенной плоскости.

Требуемая плоскость может быть определена следующими тремя способами:



- Требуемая плоскость проходит параллельно плоскости, образованной осями глобальной системы координат X,Y,Z. В этом случае, включите первую опцию и выберите соответствующую плоскость из списка справа. Затем в диалоговом разделе *Координаты точки целевой плоскости*, введите точку, которая лежит в плоскости, установленной выше.
- Требуемая плоскость проходит параллельно плоскости, которая оразована осями глобальной системе координат XYZ, но дополнительно поворачивается вокруг одной из осей. В этом случае, активировать второй вариант. В списке справа выберите соответствующую плоскость и укажите ось и угол Вращения. Затем в диалоговом разделе *Координаты точки целевой плоскости*, введите точку, которая лежит в плоскости, установленной выше.
- Требуемая плоскость лежит в любом месте в рабочей плоскости. В этом случае, активируйте третий вариант. Затем, в разделе диалога *Координаты точки целевой плоскости*, определите плоскость с помощью ввода трех точек.

Если была создана копия, можно влиять на нумерацию новых объектов в диалоговом разделе *Приращение нумерации для*.



Используйте кнопку [Редактировать], показанную слева, чтобы открыть другое диалоговое окно с полезными опциями, которые описаны в главе 11.4.1 на странице 494.

11.4.5 Увеличение

Используйте эту функцию для масштабирования выбранных объектов по отношению к точке.

Пример

Четырехугольная поверхность одинаково масштабируется, начиная с начала во всех трех направлениях с помощью коэффициента 2.

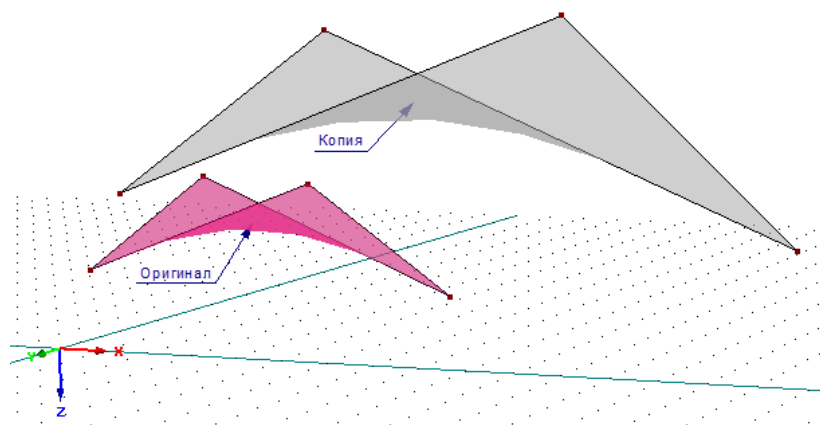


Рисунок 11.85: Первоначальная поверхность и масштабированная копия



Чтобы открыть диалоговое окно для ввода параметров масштабирования, выберите **Масштаб** в **Редактировать** меню

или используйте контекстное меню выделенных объектов (см. рисунок на полях слева от Рисунок 11.83).

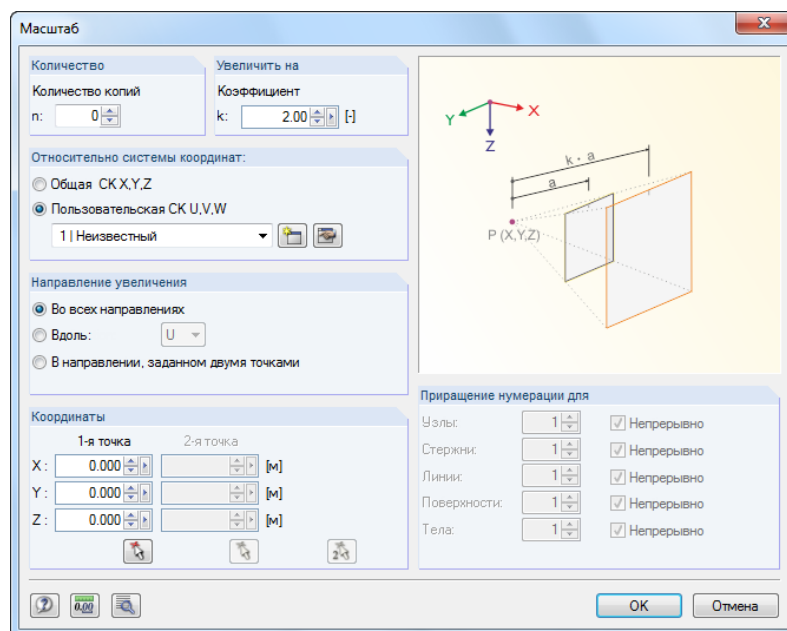


Рисунок 11.86: Диалоговое окно *Масштаб - копия*

Когда *Количество копий* установлено на **0**, выбранные объекты будут масштабированы. В противном случае, будет создано введенное количество копий.

Диалоговый раздел *Увеличить на* управляет коэффициентом масштабирования *k* (см. изображение в окне диалога).

Имеются три возможности для выбора, чтобы определить *Направление увеличения*:



Одинаково в X,Y,Z	Все координаты объекта (X, Y и Z) будут масштабироваться по отношению к начальной точке, определённой в диалоговом разделе <i>Координаты</i> .
В направлении: X / Y / Z	Вы определяете одну из глобальных осей. Только координаты объекта <u>выбранной</u> глобальной оси будут масштабироваться по отношению к начальной точке, определённой в диалоговом разделе <i>Координаты</i> .
В направлении, заданном двумя точками	В диалоговом разделе <i>Координаты</i> , укажите вектор, введя две точки. Объекты будут масштабироваться в направлении вектора.

Таблица 11.7: Диалог section *Направление увеличения*

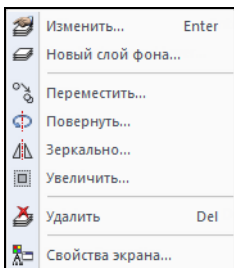
Если копии были созданы, можно влиять на нумерацию новых объектов в диалоговом разделе *Приращение нумерации для*.

Используйте кнопку [Редактировать], показанную слева, чтобы открыть другое диалоговое окно с полезными опциями, которые описаны в главе 11.4.1 на странице 494.

Также можно масштабировать фоновые слои. Чтобы получить доступ к соответствующей функции,

укажите на **Слой фона** в **Редактировать** меню, и затем выберите **Увеличить** или используйте контекстное меню фоновых слоев в навигаторе *Данные*.

В разделе диалога *Выбрать Слой фона*, в первую очередь укажите соответствующий слой. Затем, можно определить коэффициент растяжения в диалоговом окне *Увеличить слой фона*.



Контекстное меню фоновых слоев

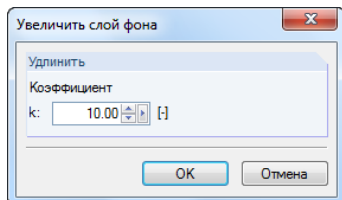


Рисунок 11.87: Диалоговое окно *Увеличить слой фона*

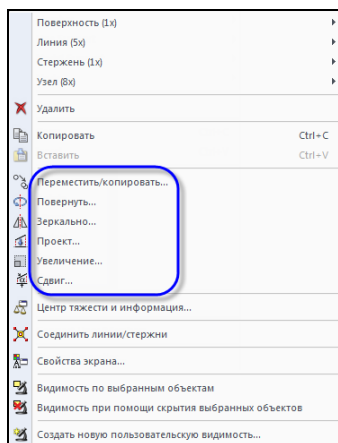
11.4.6 Откос

Функция вращает объекты вокруг оси и регулирует только координаты одного отдельного направления. Можно использовать функцию сдвига, например, чтобы переложить горизонтальные элементы в плоскость наклона крыши. Длины элементов будут скорректированы, горизонтальные составляющие координат остаются неизменными.

Перед тем, как использовать функцию, выберите элементы вместе с узлами, которые принадлежат им.

Чтобы открыть диалоговое окно для ввода параметров сдвига, выберите **Откос** в меню **Редактировать**

или используйте контекстное меню выделенных объектов.



Контекстное меню выбранных объектов

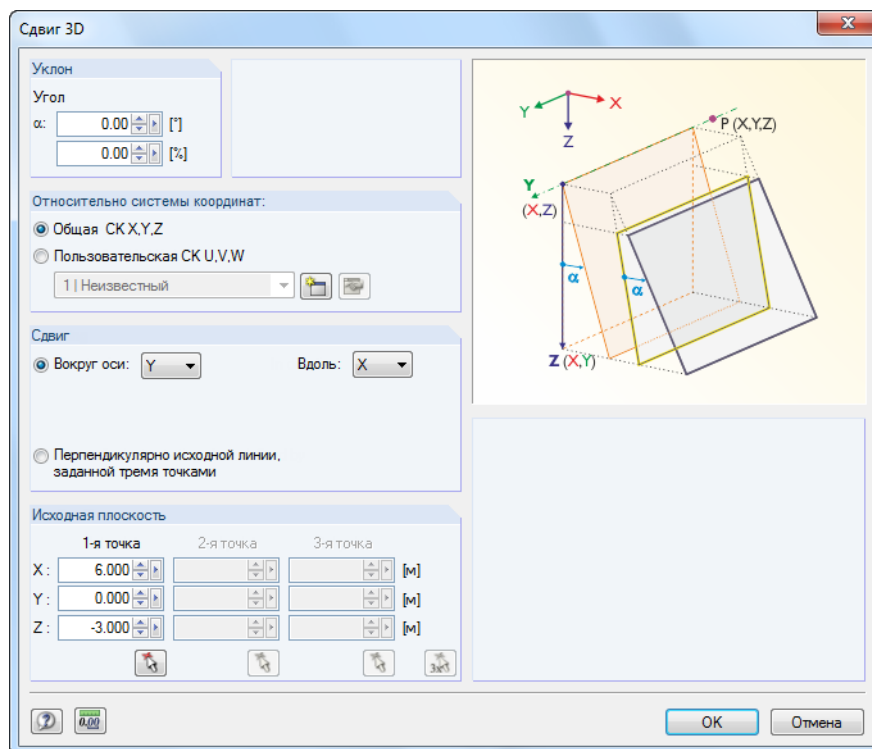


Рисунок 11.88: Диалоговое окно *Сдвиг 3D*

В разделе диалога *Уклон*, введите угол Вращения в [°] или [%].

Параметры *Сдвига* могут быть определены двумя способами:



- Ось вращения проходит параллельно плоскости, которая образована осями глобальной системы координат XYZ. В этом случае, активируйте опцию *Около оси* и выберите соответствующую ось вращения из списка справа. Затем, в списке *В направлении*, выберите глобальную ось, которая имеет отношение для регулировки координат узла. Наконец, в диалоговом разделе *Исходная плоскость*, введите точку вращения.
- Ось вращения лежит в любом месте рабочей плоскости. В этом случае, активировать второй вариант. Затем, в диалоговом разделе *Исходная плоскость*, определите обе точки оси вращения и другую точку для определения плоскости. Можно выбрать точки также в графическом виде с помощью [↵] кнопок.

11.4.7 Деление линий и деление стержней

Линии и элементы можно быстро разделить: Щелкните правой кнопкой мыши объект и выберите *Разделить линию* или *Разделить элемент* в контекстном меню.

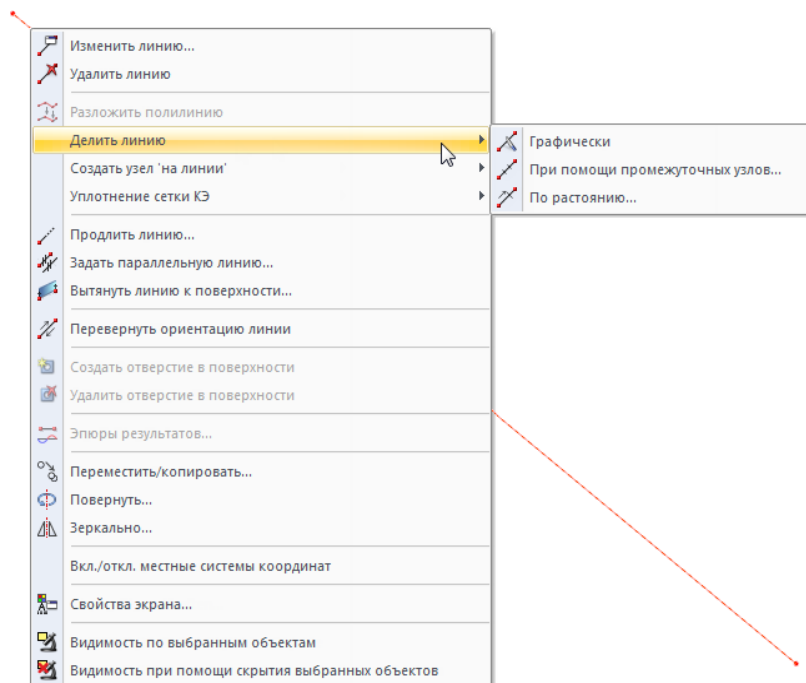


Рисунок 11.89: Контекстное меню *Разделить линию*

Пункт меню предлагает три варианта деления.

В графическом виде

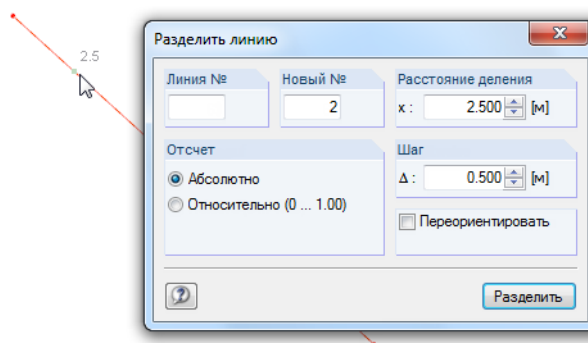


Рисунок 11.90: Диалоговое окно *Делить линию*

Откроется Диалоговое окно *Делить линию*. При перемещении указателя вдоль линии, он будет фиксирован на расстояниях, указанных в диалоговом разделе *Шаг*. Нажмите, чтобы определить точку деления. *Соответствие* интервалов деления можно установить в абсолютных расстояниях или относительно к общей длине.

Кроме того, можно ввести *Интервал деления* напрямую. Перед вводом интервала, укажите линию, которую требуется разделить, и номер новой линии в полях ввода *Линия №* и *Новый номер*. Если вы хотите связать интервал деления к концу строки, можно изменить направление линии с помощью флажка *Обратная направление*.

n промежуточных узлов

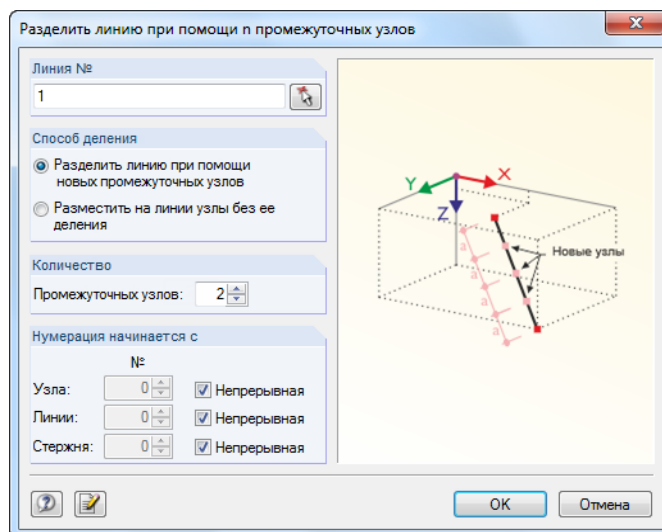


Рисунок 11.91: Диалоговое окно *Разделить линию при помощи n внутренних узлов*

Используйте эту функцию, чтобы разделить линию одинаково на несколько частей линии. В разделе диалога *Количество соединений*, вы можете определить количество *Промежуточных узлов* для деления элемента.

Решите, если вы хотите разделить линию в "реальные" линии с помощью *новых промежуточных узлов*, или поддерживать линию, в то время как программа RFEM создаст *узлы на линии* в равных расстояний. Как правило, предпочтительнее реальное деление. Тем не менее, если вы хотите изменить кривую B-Spline при разделении линии, лучше выбрать второй вариант.

В разделе диалога *Нумерация начинается с*, можно влиять на нумерацию новых узлов, линий и элементов.

Расстояние

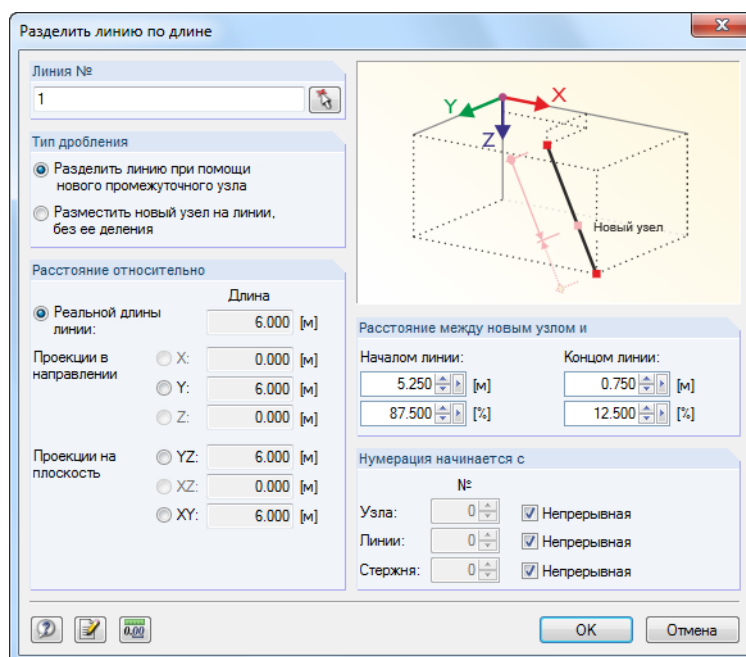


Рисунок 11.92: Диалоговое окно *Разделить линию используя расстояние*

Используйте эту функцию для создания узла деления в определённом месте линии.

Линия либо разделена на «реальные» линии *новым промежуточным узлом* или сохранена, то время как программа RFEM создает *новый узел на линии*.

Настройки в диалоговом разделе *Расстояние относительно* контролирует соответствие расстоянию деления. Расстояние можно отнести к реальной длине линии (нормальный случай) или к проекции.

Расстояние между новым узлом и начального или конечного узла линии должно быть указано как абсолютная величина или относительно общей длины. Четыре входные поля синхронизируются.



Для ввода расстояния, важно знать направление линии или элемента. Направления и системы координат линий и элементов можно включать и выключать в контекстном меню или в навигаторе *Изобразить 3* (см. Рисунок 4.26, страница 53 и Рисунок 4.158, страница 158).

Раздел диалога *Нумерация начинается с* контролирует нумерацию новых объектов.

11.4.8 Соединение линий и стержней

Используйте эту функцию для псоединения линий и элементов, которые пересекают друг друга, но не имеют общего узла.

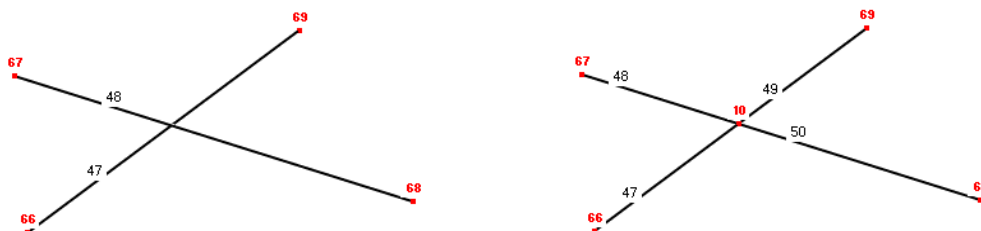


Рисунок 11.93: Первоначальные слева (пересекающие, не связанные между собой линии) и результирующие справа (связанные линии)



Чтобы получить доступ к соответствующей функции, выберите **Соединить линии/стержни** в **Инструменты** меню или используйте кнопку на панели инструментов, показанную слева.

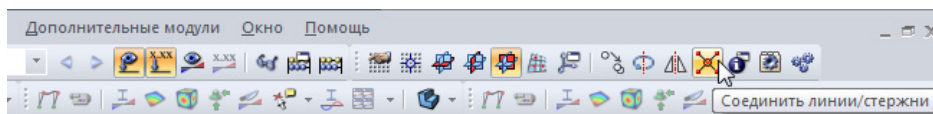


Рисунок 11.94: Кнопка *Соединить линии или элементы*

Идите в рабочее окно и нарисуйте окно через зону, в которой вы хотите соединить данные линии или элементы. Не обязательно ловить объекты полностью.

Кроме того, функция может быть использована для определения точки пересечения прокалывания линии поверхности.

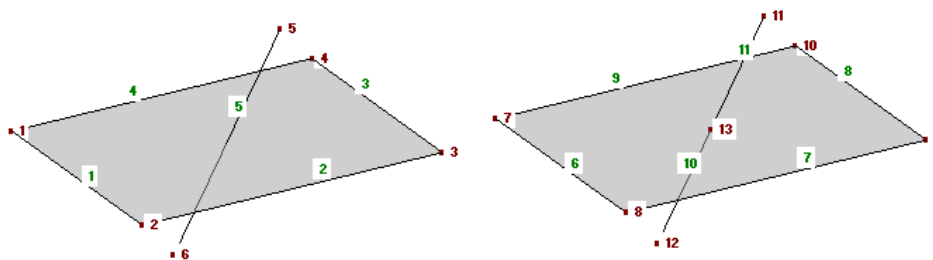


Рисунок 11.95: Создание точки пересечения между линией и поверхностью: первоначальная (слева) и скопированная с результатом (справа)

Предварительно установлена функция автосоединения для установки новых линий или элементов в графическом виде, как показано на рисунке ниже. Но узлы подключения будут созданы только тогда, когда линии/элементы связаны с другими линиями/элементами, это означает, что они заканчиваются на соответствующем объекте. Таким образом, при определении пересечения диагоналей, не будет создано никакого узла пересечения.



В окне диалога *Новая линия* или *Новый стержень* можно использовать кнопку [Подробности] чтобы определить если линии или элементы соединяются, при их создании, автоматически.

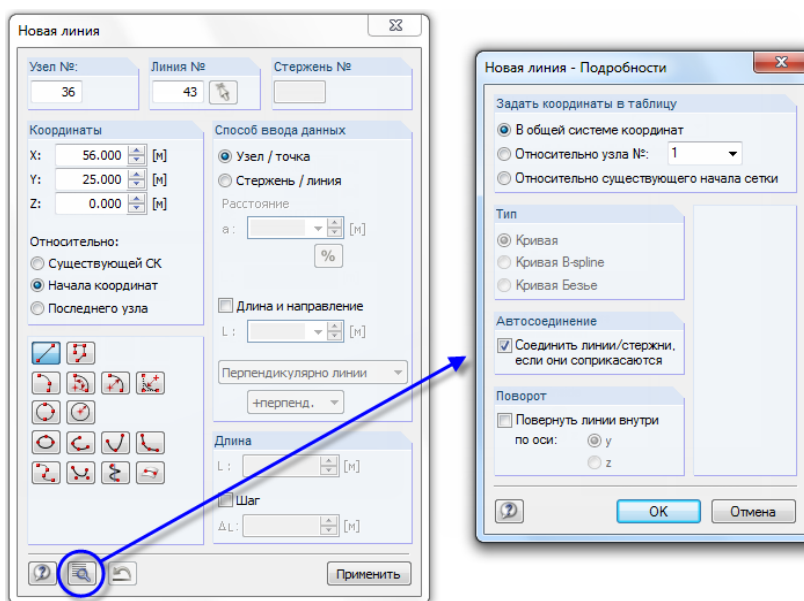


Рисунок 11.96: Диалоговое окно *Новая линия - подробности*

11.4.9 Объединение линий и стержней

Линии или члены, которые связаны друг с другом могут быть объединены, чтобы стать одной отдельной линией или одним отдельным элементом. Эта функция доступна только в контекстном меню деления узлов. Щелкните правой кнопкой мыши на узел деления, чтобы открыть контекстное меню.

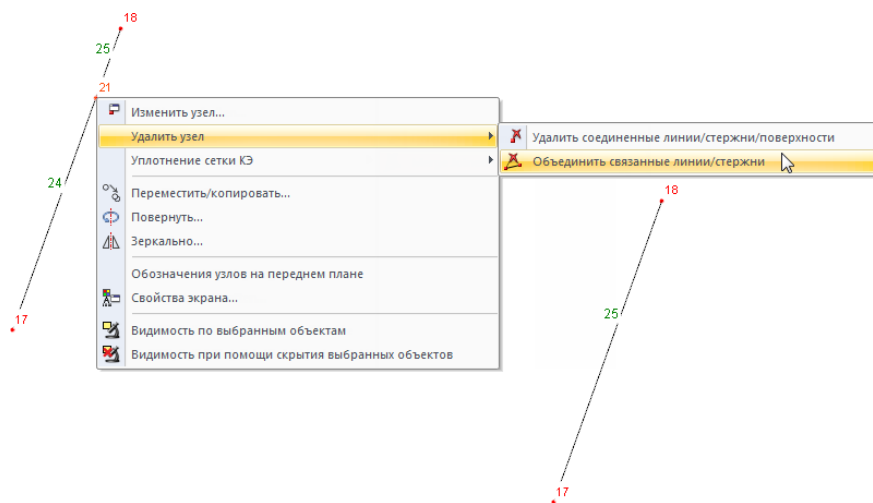


Рисунок 11.97: Пункты контекстного меню *Удалить узел* → *Объединить связанные линии/стержни* с результатом (справа)

Контекстное меню предлагает расширенные возможности для функция *Удалить узел* в то время как клавиша [Del] просто удаляет выбранный узел и, следовательно, соединенные линии, элементы и поверхности. Но эти специальные опции предоставляются только для узлов, к которым присоединены ровно две линии или элемента.

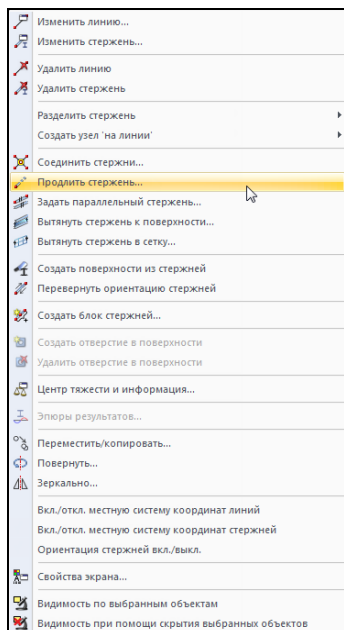
В случае, если линии или элементы не лежат на одной прямой, программа RFEM создает новую линию или элемент между крайними узлами при слиянии.

11.4.10 Увеличение длины линии и стержня

Используйте эту функцию для регулировки длины линии или элемента в целом, или продолжения линии, пока она не достигнет еще одной линии.

Для доступа к функции расширения, используйте контекстное меню линии (см. Рисунок 11.89, страница 505) или контекстное меню элемента, показанное слева.

Откроется раздел диалога *Удлинить линию* или *Удлинить стержень*.



Контекстное меню элемента

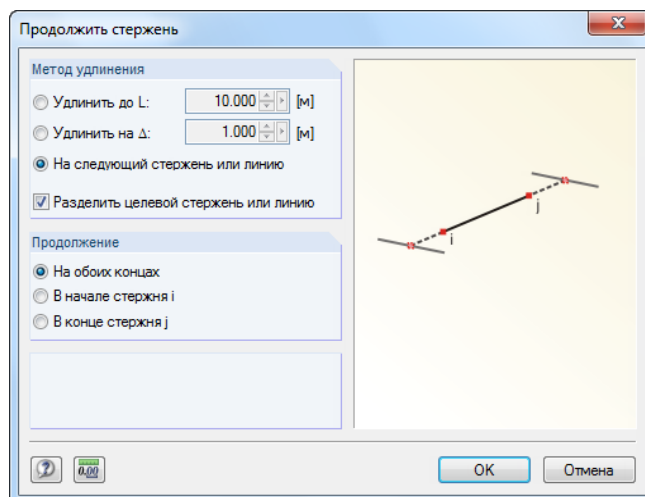


Рисунок 11.98: Диалоговое окно *Удлинить стержень*

Раздел диалога *Метод увеличения* предлагает три варианта:

- *Увеличить до L* изменяет общую длину линии или элемента на размер, который вы укажете в поле ввода.
- *Увеличить с помощью Δ* расширяет одну сторону элемента или обе стороны элемента в соответствии с заданным значением, или сокращает сторону (y), если значение в поле ввода отрицательно.
- Выберите *На следующий стержень или линию*, чтобы продлить объект до ближайшей линии, которая будет производить пересечение с расширенной прямой линией или элементом. Если флажок для *Разделить целевой стержень или линию* отмечен, объекты будут подключены автоматически.

Укажите направление расширения в разделе диалога ниже: Опция *На обоих концах* приводит к расширению на обоих концах элемента. С помощью этой установки можно либо передать общую длину L линии или центру элемента, или продлить линию с обеих сторон на величину Δ или до достижения следующих двух линий. Кроме того, воспользуйтесь данной опцией *В начале стержня i* или *В конце стержня j*, чтобы отрегулировать длину элемента только на одном конце.

Изображение направлений линий или элементов можно настроить в навигаторе *Изобразить* (см. Рисунок 4.26 на странице 53).

11.4.11 Присоединение стержней

Вопреки соединению элементов (см. главу 11.4.8, страница 507), функция не требует общей точки пересечения. Таким образом, свободные элементы, доступные на некотором расстоянии от элемента, могут быть соединены с узлами данного элемента. Однако, если вы хотите подключить элемент путем расширения элемента, используйте функцию *Удлинить стержень* (см. раздел 11.4.10).



Чтобы получить доступ к соответствующей функции, выберите **Соединение стержней** в **Инструменты** меню.

Появится следующее диалоговое окно:

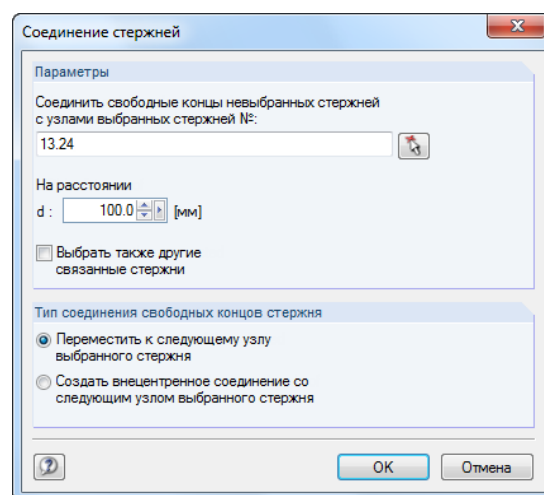


Рисунок 11.99: Диалоговое окно *Соединение стержней*

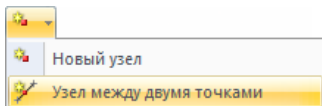


В разделе диалога *Параметры*, введите номер элемента у тех узлов, которыми вы хотите присоединить свободные элементы. Можно выбрать элементы также в графическом виде с помощью [^] функции. Поле ввода ниже определяет *расстояние*, это означает, что окружности, где RFEM ищет свободные концы элементов. Если отмечен флажок для *Выбрать также другие связанные стержни*, программа RFEM будет включать в себя также элементы, которые связаны с уже выбранным элементом в списке элементов поля ввода выше.

В разделе диалога *Тип соединения свободных концов стержня*, вы решаете, как RFEM присоединит свободный конец элемента к выбранному элементу: Можно либо переместить их в узлы выбранных элементов или подключить их с помощью эксцентричных соединений.

11.4.12 Вставка узла

Используйте эту функцию, чтобы создать новый узел между любыми двумя узлами. Таким образом, вам не нужно определять линию и разделять ее промежуточным узлом (см. раздел 11.4.7, страница 505).



Чтобы получить доступ к соответствующей функции,

укажите на **Данные о модели** в **Вставить** меню, выберите **Узлам** и нажмите **Узел между двумя точками**

или используйте кнопку списка [Новый узел] на панели инструментов.

Выберите две точки (узлы, точки сетки, любые точки) одну за другой в рабочем окне. Затем, появится следующее диалоговое окно:

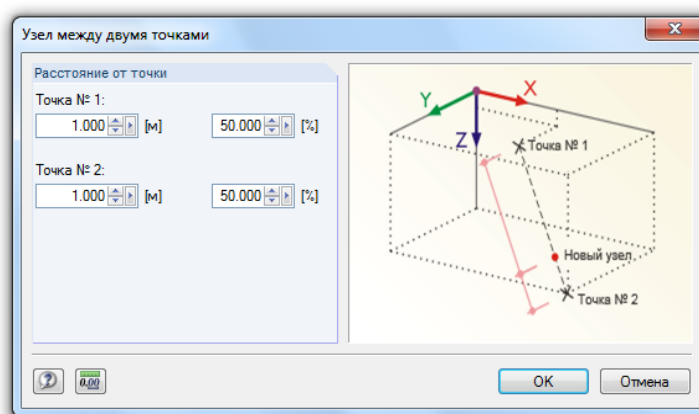


Рисунок 11.100: Диалоговое окно *Узел между двумя точками*

The *Расстояние от точки* может быть определено в абсолютных или относительных величинах. Рабочее окно показывает вам модификации сразу. Чтобы создать новый узел, нажмите [OK].

11.4.13 Вставка стержня

На основе существующего элемента, можно определить сечение, которое имеет различные свойства поперечного сечения. Первоначальный элемент будет разделен двумя промежуточными узлами.



Чтобы получить доступ к соответствующей функции,

укажите на **Данные о модели** в **Вставить** меню, и затем выберите **элементы** и **Изображение** и нажмите а **Включенный стержень**.

После выбора в рабочем окне соответствующего элемента, появится следующее диалоговое окно:

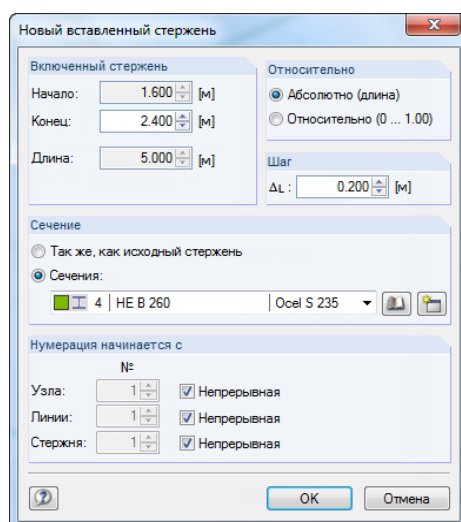
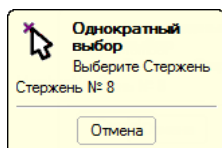


Рисунок 11.101: Диалоговое окно *Новый вставленный стержень*

Определить обе точки деления с помощью щелчка мыши в рабочем окне. Крест на позиции указателя показывает текущую точку деления на элементе. Расстояния, показанные при перемещении указателя вдоль элемента, контролируются с помощью поля ввода *Шаг*.

x-точки начального и конечного узлов изображены в полях ввода раздела диалога *Включенный стержень*, где их можно, по необходимости, изменить. *Длина* промежуточного элемента появится ниже.

С помощью опции в разделе диалога *Соответствие* вы решаете, будут ли расстояния деления связаны с абсолютными длинами или относительными расстояниями от начала элемента.



Сечение может быть либо принято или назначено как новое, выбранное из списка уже определённых сечений. С помощью кнопки, показанной на рисунке слева, можно создать [Новое] сечение или выбрать сечение из [Библиотеки].

Раздел диалога *Нумерация начинается с* контролирует нумерацию новых объектов.

11.4.14 Назначение характеристик стержню в графическом виде

Используйте эту функцию для передачи критерий определения элементов сечений, выпусков и эксцентриситетов в графическом виде уже созданным элементам.



Чтобы получить доступ к соответствующей функции,

выберите **Данные о модели** в **Вставить** меню, укажите на **Элементы** и выберите **Придать в графическом виде свойства стержней к стержням** или

откройте меню **Редактировать**, укажите на **Данные о модели** и **Элементы**, и затем выберите

Придать в графическом виде свойства стержней к стержням.

Появится следующее диалоговое окно:

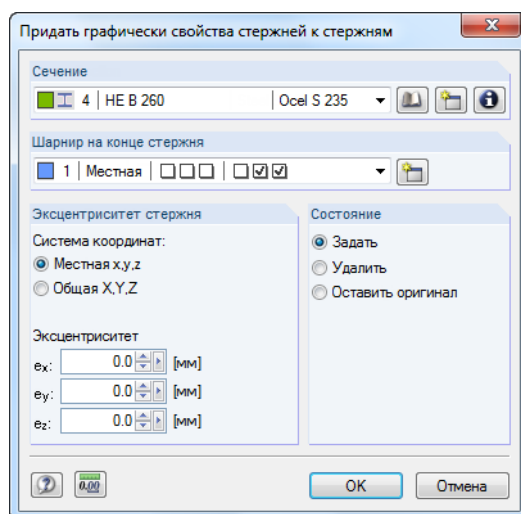


Рисунок 11.102: Диалоговое окно *Придать в графическом виде свойства стержней к стержням*



Выберите *Сечение* из списка или используйте кнопки, показанные слева, чтобы выбрать сечение из [Библиотеки] или создать [Новое]. При необходимости, можно определить *Шарнир на конце стержня* с помощью списка, но также можно создать [Новый] тип шарнира (см. раздел 4.14, страница 138).

Можно связать *эксцентриситет стержня* с местной системой координат XYZ или глобальной системой координат XYZ. При необходимости, определите эксцентриситет в соответствующих полях ввода (см. раздел 0, страница 144).

С помощью опций в диалоговом разделе *Статус*, вы решите, если эксцентриситет стержня удаляется (*Удалить*) или назначается в качестве нового (*Установить*). Выберите *Оставить оригинал* чтобы изменить только сечение и шарнир конца стержня, но не какой-либо существующий эксцентриситет.

После нажатия [OK] можно увидеть, что стержни делятся в графическом виде в одной третьей точках деления (см. Рисунок 4.135, страница 140). Теперь, можно кликнуть на стороны стержня, к которым вы хотите применить выбранные свойства (например, шарнир). Чтобы назначить шарнир или эксцентриситет к обоим концам стержня, щелкните на стержень в его центре.

11.4.15 Закругление углов



Углы и края в модели может привести к сингулярности эффектов. Чтобы открыть диалоговое окно для моделирования углов, близких к реальности, с помощью угловых радиусов,

выберите **Создать закругленный или скошенный угол** в **Инструменты** меню.

Не обязательно выбирать обе линии заранее. Появится следующее диалоговое окно:

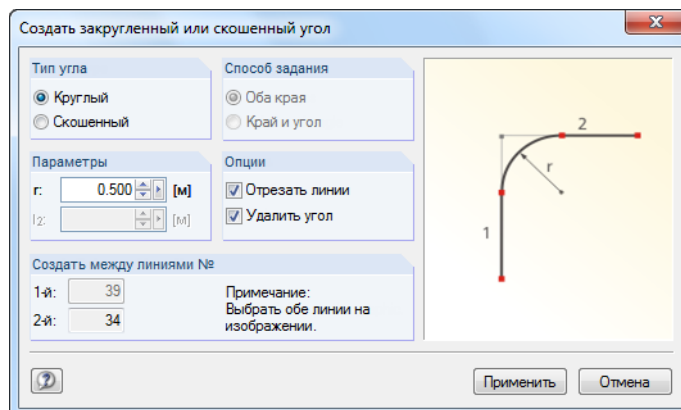


Рисунок 11.103: Диалоговое окно *Создать закругленный или скошенный угол*

В разделе диалога *Тип угла*, вы решаете если область угла будет *Круглая* или *Скошенная*. В зависимости от выбора, вы должны ввести радиус округления *r* или уменьшение с помощью длины *l₁* и *l₂* в разделе диалога *Параметры*.

Затем выберите обе линии с помощью щелчка мыши в рабочем окне, не закрывая диалоговое окно. Номера линий будут показаны в диалоговом разделе. *Создать между линиями номер*.

Когда отмечен флажок *Отрезать линии*, программа RFEM удаляет расширения исходных линий, пересекающихся в области угла после создания дуги или новой линии. Опция *Удалить угол* удаляет также узел в углу.

11.4.16 Разделение поверхности



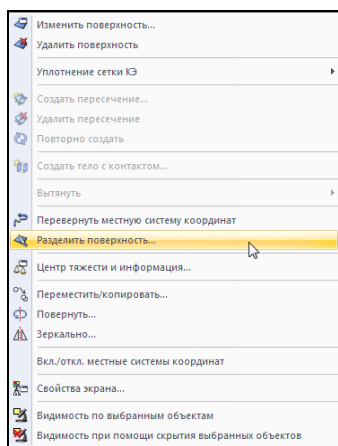
Поверхности могут быть разделены на поверхности компонентов, если выполнено одно из следующих условий:

- Поверхность определяется четырьмя линиями и не имеет входящий угол. Линии не являются пересекающимися линиями, кривыми траекторий или аналогичными объектами.
- Поверхность представляет собой поворачивающуюся поверхность с углом Вращения $\alpha < 360^\circ$.

Чтобы разделить поверхность, щелкните правой кнопкой мыши и выберите *Разделить поверхность* в контекстном меню.

Предварительный просмотр появится в диалоговом окне *Разделить поверхность* (см. рисунок Рисунок 11.104) предполагая, разделение, которое иллюстрирует заданные параметры. Настройки параметров и графика диалога являются синхронизируются: При изменении *Количества делений* для обеих пар граничных линий *A + C* и *B + D*, изображение показывает вам сразу новые субповерхности.

Можно определить *Относительное расстояние* для каждой разделительной линии. Также можно определить неправильные структуры расщепления.



Контекстное меню поверхности

В графическом окне, можно использовать общие функции мыши, такие как, масштабирование или Вращение, чтобы изменить вид (см. раздел 3.4.9, страница 38).

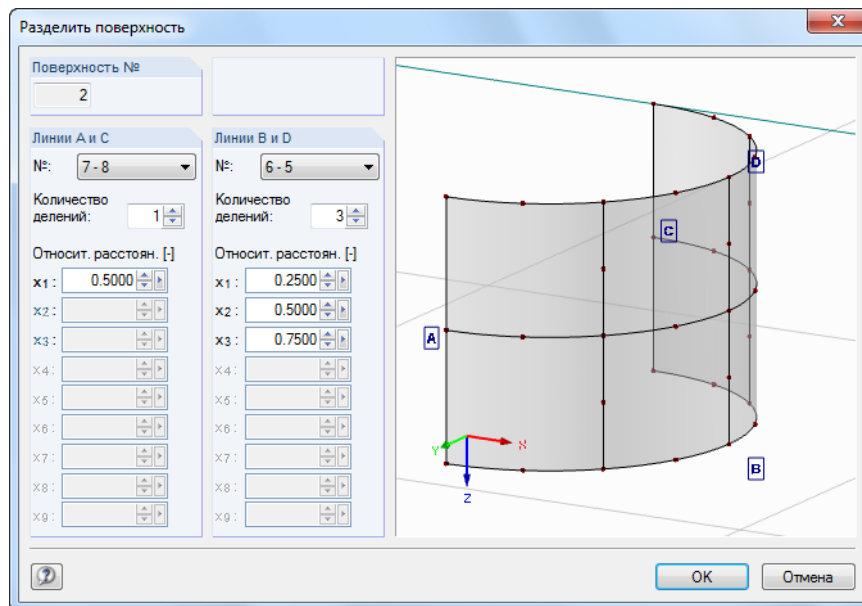


Рисунок 11.104: Диалоговое окно *Разделить поверхность*

11.4.17 Построение касательной к окружностям



Можно легко создавать касательную на дуге или окружности с помощью объектной привязки (см. раздел 11.3.3, страница 472). Другая специальная функция позволяет найти касательные даже для двух окружностей или дуг окружностей. Чтобы открыть соответствующее диалоговое окно,

выберите **Касательная к двум окружностям/дугам** в **Инструменты** меню.

Появится следующее диалоговое окно:

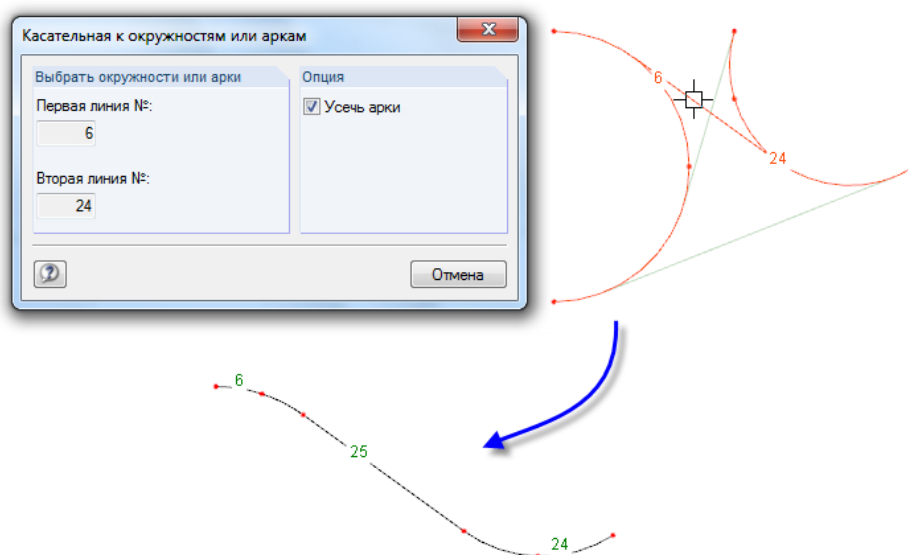


Рисунок 11.105: Диалоговое окно *Касательная к окружностям или дугам* (выше) с результатом (ниже)

Во-первых, нажмите на круг или линии дуги последовательно в рабочем окне. RFEM рисует возможные касательные как серые линии. Теперь, нажмите на соответствующую ли-

нию. RFEM делит линию круга или дуги с помощью узлов и создает касательную как с новой линией.

Отметив флажок для *Усечь дуги*, можно удалить перекрывающиеся участки линии от деления (см. рисунок выше).

11.4.18 Изменение нумерации

Регулярное, структурированная нумерации оказывается полезной для моделирования, а также расчётов. Тем не менее, в графическом виде ввод и последующие модификации могут изменить нумерацию.

Есть три варианта для регулировки порядка нумерации впоследствии. Чтобы получить доступ к соответствующим функциям,

выберите **Перенумеровать** в **Инструменты** меню.

Нагрузки не представляют проблемы при изменении нумерации, поскольку назначение нагрузки будет передано автоматически к новым номерам объектов.

Отдельно

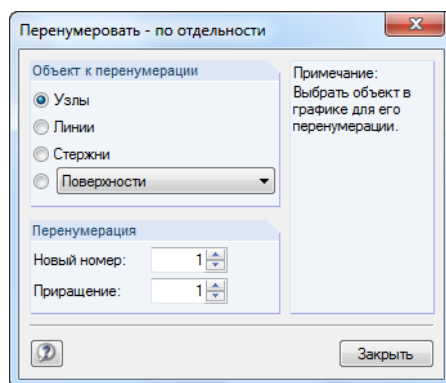


Рисунок 11.106: Диалоговое окно *Перенумеровать - по отдельности*

В разделе диалога *Объект к перенумерации*, вы решаете будет ли изменена нумерация узлов, линий, стержней и других объектов модели, выбранных из списка. Укажите начальный номер новой нумерации, а также приращение в диалоговом разделе *Изменение нумерации*.

После закрытия диалогового окна с помощью кнопки [Закреть], можно выбрать соответствующие объекты один за другим в рабочем окне. Обратите внимание, что RFEM может выделить только свободные номера, которые еще не были назначены.

Автоматически

Во-первых, выберите узлы, линии и стержни (см. раздел 11.2.1, страница 462), нумерацию которых вы хотите настроить. Затем, откройте следующее диалоговое окно.

Закреть

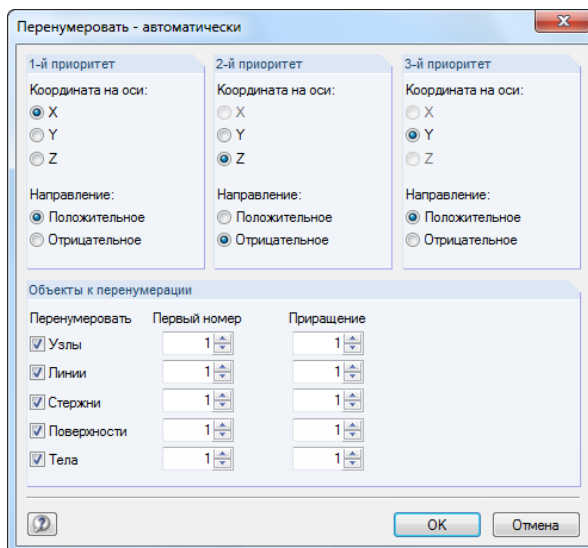


Рисунок 11.107: Диалоговое окно *Перенумеровать - автоматически* для узлов, линий и элементов

Укажите *Приоритет* глобальных направлений X, Y и Z для новой нумерации. Кроме того, вы должны решить, если нумерация по возрастанию будет применяться в *Направлении* соответствующей положительной или отрицательной оси.

В приведенном выше примере узлы (а также линии и стержни) с самыми низкими X-координатами получают первыми новые номера. Узлы обрабатываются в положительном направлении X. Если два узла имеют одинаковые X-координаты, второй приоритет решает, какой узел получит меньший номер: Это будет узел с меньшей Y-координатой. Третий приоритет будет иметь решающее значение в случае когда Y-координаты также идентичны.

Раздел диалога *Объекты к перенумерации* контролирует какие узлы, линии и стержни будут перенумерованы и какие начальные номера и приращения будут использоваться для нумерации. Уже присвоенные номера не должны быть назначены вновь. Тем не менее, RFEM позволяет использовать номера, которые были выделены перед изменением номеров, но они станут свободными в течение изменения нумерации.

Передвинуть

Во-первых, выбрать объекты, нумерацию которых вы хотите настроить. Затем откройте диалоговое окно, указывая на *Обозначить Перенумеровать* в меню *Инструменты*.

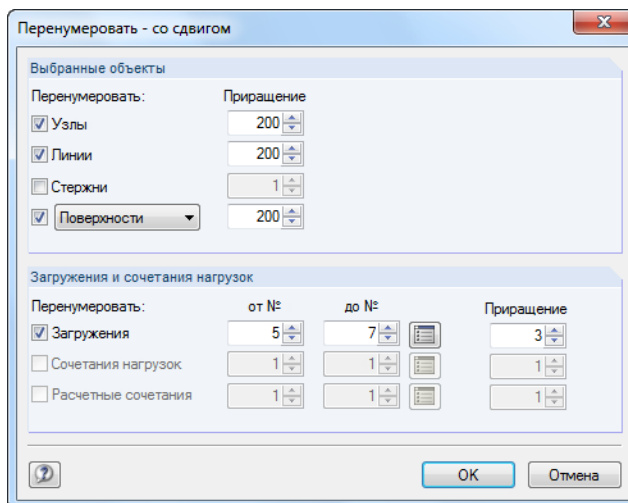
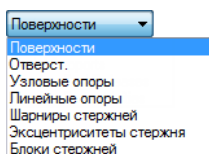


Рисунок 11.108: Диалоговое окно *Перенумеровать - переместить*



В разделе диалога *Выбранные объекты*, определите объекты, у которых вы хотите изменить нумерацию: Помимо узлов, линий и стержней, можно выбрать другие объекты модели в списке (см. рисунок слева). В столбце *Приращение* справа, можно указать значение, на которое будут повышены номера выбранных объектов. Используйте отрицательные приращения для снижения нумерации. Убедитесь, что номер не будет меньше, чем 1.

В разделе диалога *Загружения и сочетания*, вы можете настроить нумерацию загружений, сочетаний нагрузок и расчётных сочетаний. Укажите их номера в виде списка, введенного в колонках *от №* и *до №*. Столбец *Приращение* вправо контролирует значение, на которое соответственно повышен номер объектов нагрузки.

После нажатия [OK] цифры будут сдвинуты. Обратите внимание, что только свободные, еще не присвоенные номера могут быть отнесены к различным объектам модели и нагрузки.

11.5 Функции в таблицах

11.5.1 Функции редактирования

Функции редактирования представляют собой инструменты, которые облегчают ввод данных в таблицы (см. раздел 3.4.4, страница 29). В отличие от функций выбора, описанных в следующем разделе 11.5.2, выбор ячеек заранее не является необходимостью. Функции редактирования влияют только на ячейку, в которой помещен указатель.



Чтобы включить и выключить таблицы, выберите **Изобразить в Таблица** меню или используйте кнопку на панели инструментов, показанную слева.

Доступ к функциям редактирования

Чтобы включить функции редактирования для таблицы, поместите курсор в ячейку таблицы. Чтобы получить доступ к функциям редактирования, укажите на **Редактировать в Таблица** меню.



Некоторые функции редактирования доступны на панели инструментов таблицы.

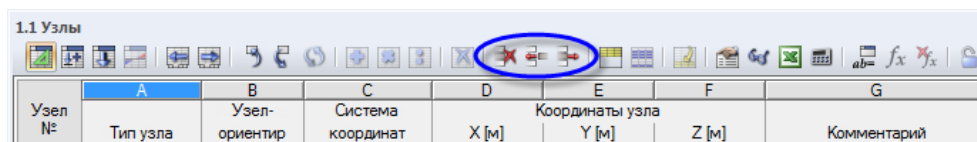


Рисунок 11.109: Кнопки для нескольких функций редактирования в панели инструментов таблицы

Кроме того, используйте контекстного меню в таблице, чтобы получить доступ к функциям.

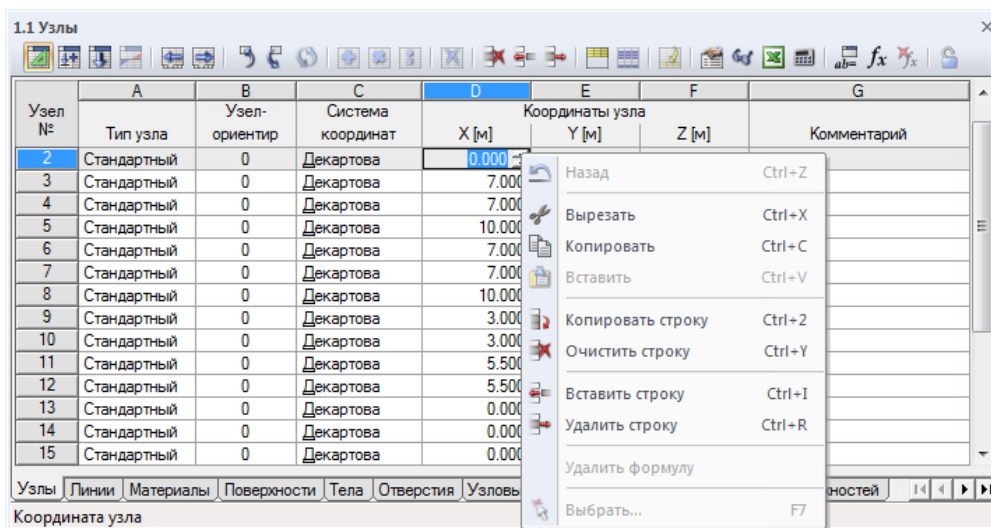


Рисунок 11.110: Функции редактирования в контекстном меню таблицы

Функции и команды управления

Функция	Действие
Изъять [Ctrl+X]	Удаляет содержание ячейки и сохраняет его в буфер обмена
Копировать [Ctrl+C]	Копирует содержание ячейки в буфер обмена
Вставить [Ctrl+V]	Вставляет содержимое буфера обмена в ячейку Если содержимое буфера обмена больше, чем ячейка, то ячейки последующих столбцов таблицы и строк будут перезаписаны. Предварительно отображается предупреждение.
Копировать строку [Ctrl+2]	Заменяет последующее строку с содержимым текущей строки
Очистить строку [Ctrl+Y]	Удаляет содержимое строки без удаления самой строки
Вставить строку [Ctrl+I]	Вставляет новую пустую строку. Последующие строки будут перемещены вниз.
Удалить строку [Ctrl+R]	Удаляет текущую строку. Последующие строки будут перемещены вверх.
Найти [Ctrl+F]	Ищет номер или строку в таблице
Заменить [Ctrl+H]	Ищет номер или строку в таблице и заменяет ее на другую запись
Очистить таблицу	Удаляет содержимое текущей таблицы полностью без предупреждения
Очистить все таблицы	Удаляет содержимое всех таблиц
Выбрать [F7]	Открывает список для выбора в ячейке
Обновить изображение	Перемещает модификации, введенные в таблице, в изображение


	
Редактировать в диалоговом окне	Открывает диалоговое окно, где можно ввести данные текущей строки

Таблица 11.8: Функции редактирования

11.5.2 Операции выбора

Функции выбора представляют собой инструменты, которые облегчают ввод данных в таблицы. В отличие от функций редактирования, описанных в главе 11.5.1, вы должны сначала отметить несколько связанных ячеек как *Выбор*.

Система координат	Координаты узла		
	X [м]	Y [м]	Z [м]
Декартова	0.000	6.000	0.000
Декартова	7.000	6.000	0.000
Декартова	7.000	0.000	0.000
Декартова	10.000	3.000	0.000
Декартова	7.000	6.000	4.000
Декартова	7.000	0.000	4.000
Декартова	10.000	3.000	4.000
Декартова	3.000	1.000	0.000
Декартова	3.000	2.000	0.000

Рисунок 11.111: Обозначение в выбора

Не важно, если ячейки пусты или заполнены содержанием. Функция выбора изменяет содержимое выбранных ячеек в целом.

Доступ к операциям выбора

Во-первых, отметьте выбор как блок смежных ячеек в таблице: Переместите мышь по нескольким ячейкам, удерживая левую кнопку мыши. Кликните в заголовке таблицы (A, B, C ...) чтобы выбрать весь столбец таблицы. Чтобы выбрать всю строку таблицы, нажмите номер строки слева.

Чтобы получить доступ к функции выбора, выберите **Выбор** в **Таблица** меню.



Некоторые функции выбора доступны на панели инструментов таблицы.

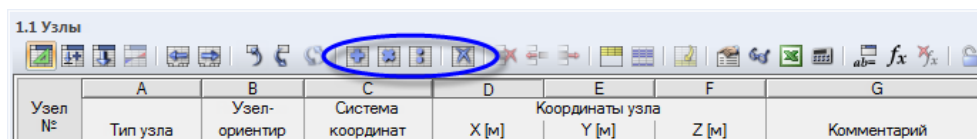


Рисунок 11.112: Кнопки для нескольких функций выбора в панели инструментов таблицы

Можно также получить доступ к функциям с помощью контекстного меню в таблице.

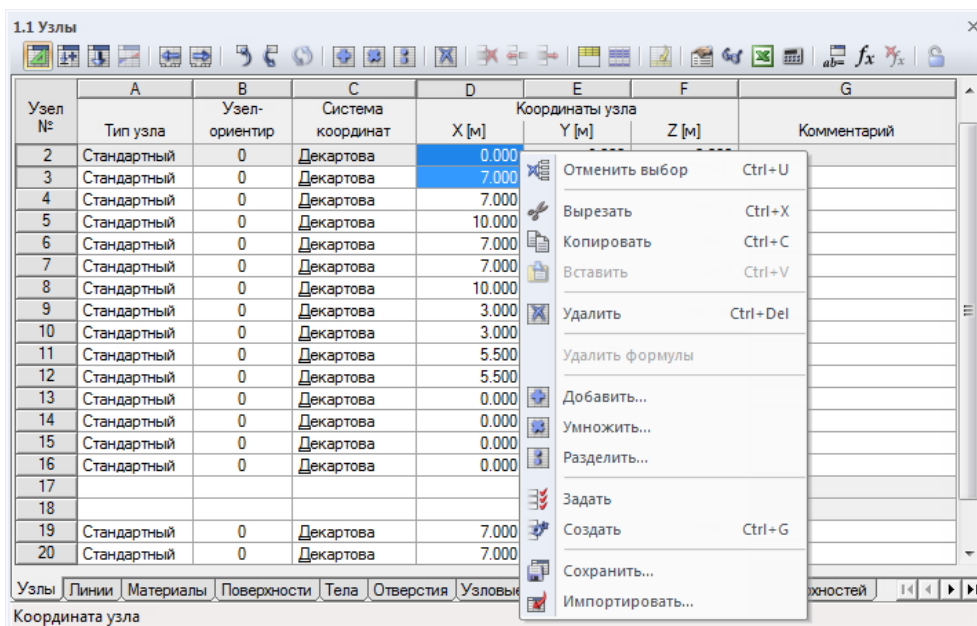


Рисунок 11.113: Функции выбора в контекстном меню таблицы

Функции и команды управления

Функция	Действие
Отменить выбор [Ctrl+D]	Отменяет выбор строки или столбца
Изъять [Ctrl+X]	Удаляет содержимое выделенных ячеек и сохраняет его в буфер обмена
Копировать [Ctrl+C]	Копирует содержание выбора в буфер обмена
Вставить [Ctrl+V]	Вставляет содержимое буфера обмена в таблицу Команда доступна только тогда, когда буфер обмена содержит соответствующие данные (например, из Excel).
Удалить [Ctrl+Del]	Удаляет все содержимое выделенных ячеек
Добавить	Добавляет значение или вычитает значение из ячеек с числовыми значениями
Умножить	Умножает ячейки с числовыми значениями на коэффициент
Разделить	Делит ячейки с числовыми значениями с помощью делителя
Набор	Назначает значение верхней выбранной ячейки для всех ячеек всего выбора.

Создать [Ctrl+G]	Используется для ячеек с числовыми значениями для создания записи между первой и последней выбранной ячейкой путем интерполяции обоих эталонных значений (см. пример ниже)
Сохранить	Сохраняет выбор как файл
Импорт	Импортирует выбор, сохраненный как файл

Таблице 11.9: Функции выбора

Пример: Генерирование значений в ячейках

Используйте эту функцию, чтобы быстро заполнить пустые ячейки. Промежуточные значения определяются линейной интерполяцией от начального значения верхней ячейки (в примере 6.000) и конечного значения нижней ячейки (в примере 30.000).

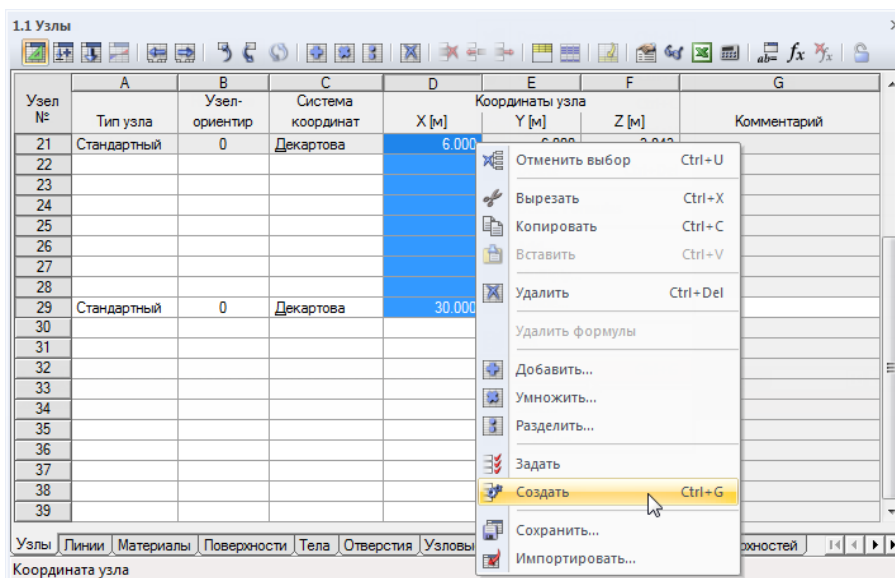


Рисунок 11.114: Контекстное меню выбора

Когда вы примените этот вариант *Создать*, промежуточные ячейки будут заполнены интерполированными значениями.

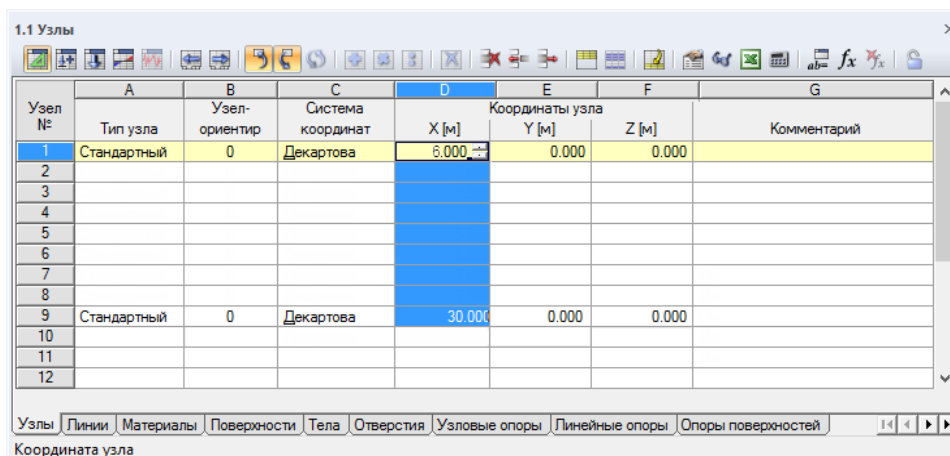


Рисунок 11.115: Результат

11.5.3 Функции для отображения

Изображение таблицы можно регулировать с помощью различных функций вида, улучшающих вид данных в таблице.

Доступ к функциям для отображения

Чтобы получить доступ к функциям вида,

выберите **Вид** в **Таблица** меню или

выберите **Оптимизировать данные о нагрузке** в **Таблица** меню.



Некоторые из функций вида могут быть доступны в панели инструментов таблицы.

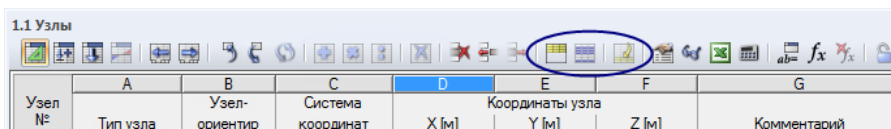











Рисунок 11.116: Кнопки для нескольких функций вида в панели инструментов таблицы

Функции

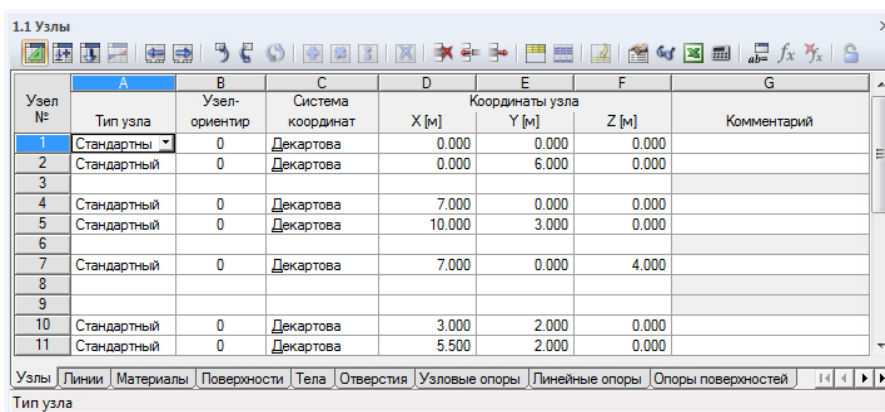
Функция	Действие
Только заполненные строки 	Скрывает все пустые строки таблицы
Обозначает только строки 	Показывает только выбранные строки
Только выбранные объекты 	Показывает только объекты, выбранные в изображении
Выбор связанных объектов 	В дополнение к нагрузкам, связанные объекты модели (узлы, поверхности, элементы и т.д.) выбираются на графике. Только доступные в таблицах нагрузок 3.
Сжатие данных 	Обобщает объекты с одинаковыми нагрузками в одной отдельной строке таблицы в таблицах нагрузок
Декомпрессия данных 	Перечисляет нагрузки для каждого объекта в отдельности
Фильтр результатов 	Вывод данных в таблице может быть ограничен отдельными видами результатов (см. раздел 11.5.5, страница 527).
Информация о сечении 	Показывает характерные значения текущего сечения
Эпюры результатов 	Отображает результаты выбранного элемента в графическом виде в новом окне (см. раздел 9.5, страница 383)
Цветовое обозначение величин 	Включает и выключает изображение красных и синих линий в таблице.

	
Заглавие	Включает и выключает заголовков
Панель инструментов	Включает и выключает панель инструментов
Столбец	Включает и выключает заголовки (A, B, C, ...)
Строка состояния	Включает и выключает строку состояния таблицы
Выделение строки таблицы	Строка таблицы, в которой помещен указатель, подсвечивается цветом или не будет обозначена.

Таблице 11.10: Функции вида

Пример: только заполненные строки

Таблица содержит пустые строки, которые портят четкий вид таблицы.

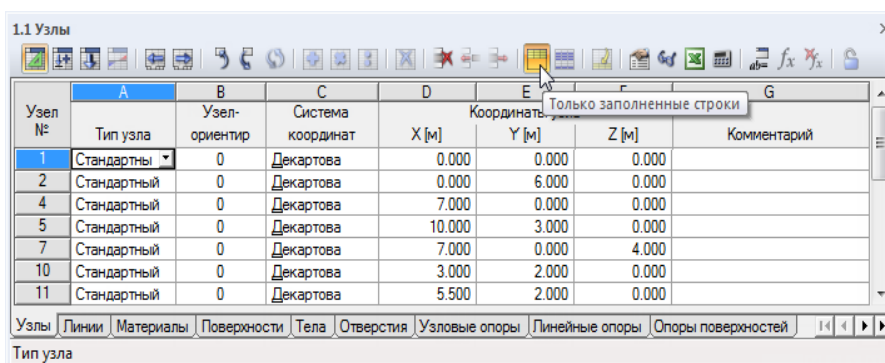


Узел №	Тип узла	Узел-ориентир	Система координат	Координаты узла			Комментарий
				X [м]	Y [м]	Z [м]	
1	Стандартный	0	Декартова	0.000	0.000	0.000	
2	Стандартный	0	Декартова	0.000	6.000	0.000	
3							
4	Стандартный	0	Декартова	7.000	0.000	0.000	
5	Стандартный	0	Декартова	10.000	3.000	0.000	
6							
7	Стандартный	0	Декартова	7.000	0.000	4.000	
8							
9							
10	Стандартный	0	Декартова	3.000	2.000	0.000	
11	Стандартный	0	Декартова	5.500	2.000	0.000	

Рисунок 11.117: Таблица с пустыми строками



Используйте кнопку *Только заполненные строки* на панели инструментов таблицы, чтобы скрыть все пустые строки таблицы.



Узел №	Тип узла	Узел-ориентир	Система координат	Координаты узла			Комментарий
				X [м]	Y [м]	Z [м]	
1	Стандартный	0	Декартова	0.000	0.000	0.000	
2	Стандартный	0	Декартова	0.000	6.000	0.000	
4	Стандартный	0	Декартова	7.000	0.000	0.000	
5	Стандартный	0	Декартова	10.000	3.000	0.000	
7	Стандартный	0	Декартова	7.000	0.000	4.000	
10	Стандартный	0	Декартова	3.000	2.000	0.000	
11	Стандартный	0	Декартова	5.500	2.000	0.000	

Рисунок 11.118: Таблица без пустых строк

11.5.4 Настройки таблиц

Настройки шрифта и цвета, используемые в таблицах, можно настроить индивидуально. Кроме того, можно синхронизировать выбор на графике с тем, который в таблице.



Доступ к настройкам таблиц

Для выбора определённой настройки таблицы, выберите **Параметры** в **Таблица** меню.

Чтобы активировать и деактивировать синхронизацию выбора, Можно также использовать кнопки на панели инструментов таблицы.

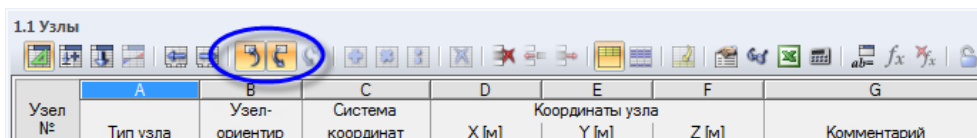




Рисунок 11.119: Кнопки Синхронизация выбора

Функции

Функция	Действие
Цвета	Открывается диалоговое окно <i>Цвета</i> (Рисунок 11.120). Цвета конкретных объектов таблицы можно регулировать отдельно.
Шрифты	Открывается диалоговое окно <i>Шрифты</i> (Рисунок 11.120). Шрифт, стиль и размер шрифта может быть изменен глобально для всех объектов таблицы.
Выберите текущий объект в графике 	Функция включена по умолчанию: Объект строки таблицы, в которой помещен указатель, также выбран в рабочем окне.
Показать выбранные объекты в таблицах 	Функция включена по умолчанию: Объекты, выбранные в рабочем окне, выделены цветом также и в таблице.

Таблице 11.11: Настройки таблицы

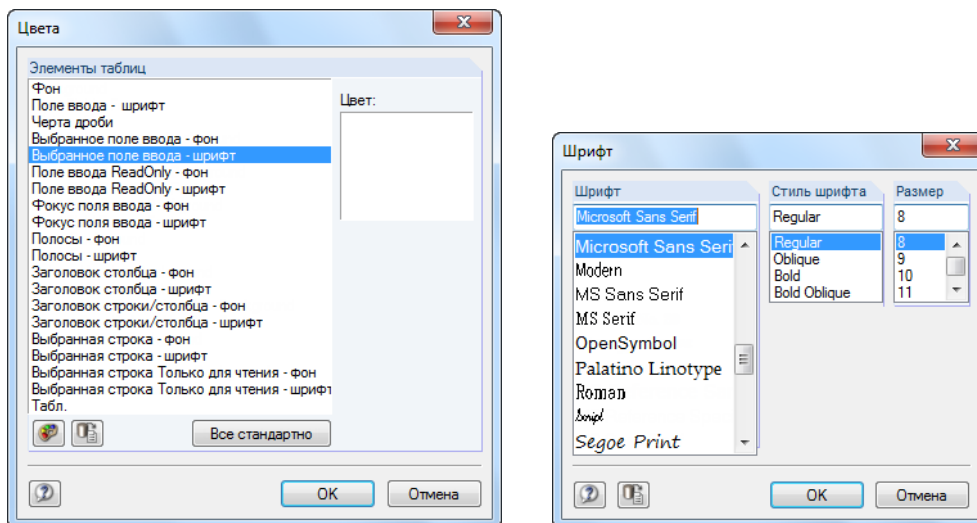


Рисунок 11.120: Диалоговые окна *Цвета* и *Шрифт*

11.5.5 Функции фильтра

Различные функции фильтра позволят вам оценить специально внутренние и контактные силы, а также деформации в таблицах результатов элементов. Кроме того, опции фильтра доступны для узловых и линейных опорных реакций расчётных сочетаний (см. раздел 8.1, страница 310 and раздел 8.3, страница 315).

Доступ к функциям фильтра

Чтобы получить доступ к функциям фильтра,

выберите **Вид** в **Таблица** меню и кликнете на **Фильтр результатов**

или используйте кнопку на панели инструментов таблицы, показанную слева.

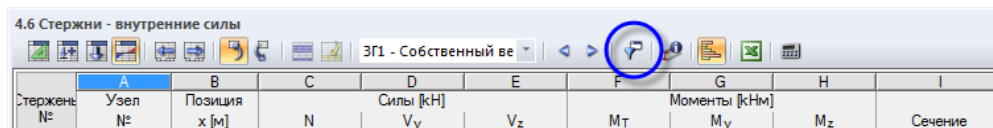
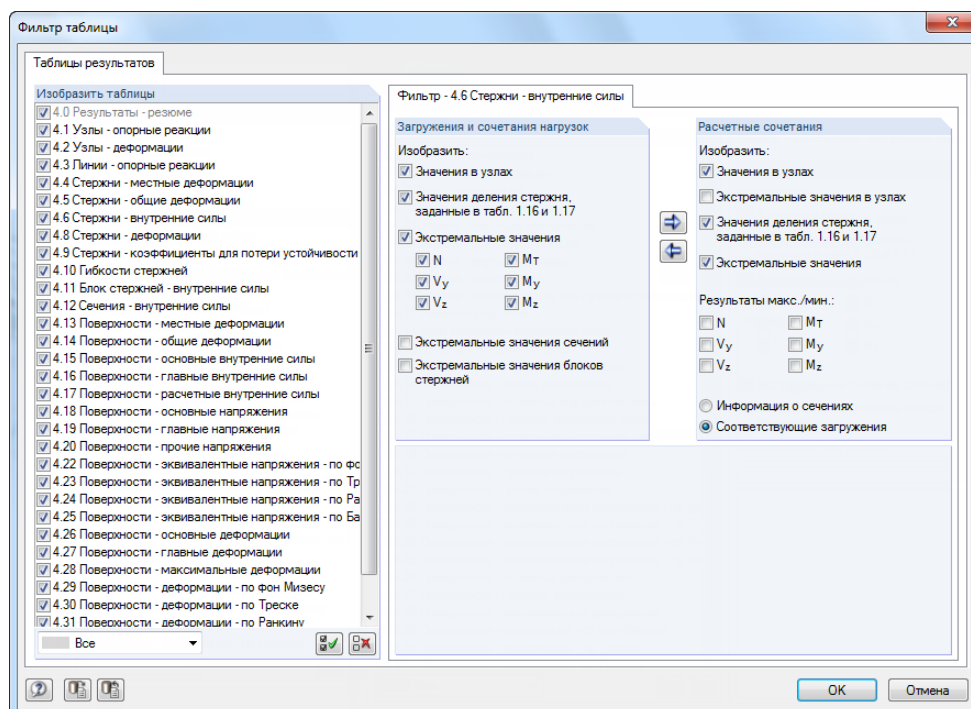


Рисунок 11.121: Кнопка *Фильтр результатов*

Появится следующее диалоговое окно:

Рисунок 11.122: Диалоговое окно *Фильтр таблиц*

Выберите соответствующую таблицу результатов в разделе диалога *Таблицы для изображения*. Затем, откройте вкладку диалога справа, чтобы определить какие значения будут показаны численно.

Когда установлена таблица для внутренних сил стержней, можно определить для *Загрузки и сочетания нагрузок* и *Расчётные сочетания* отдельно, если *Величины в узлах* (начало и конец стержня), *Значения делений стержня* (промежуточные точки пользовательского деления стержня, см. главу 4.16) и *Экстремальные величины* стержней показаны в таблице. Вы должны поставить флажок, по крайней мере, у одного из шести флажков для внутренних сил. Выбранные внутренние силы показаны на местах расположения результирующих значений, которые активируются галочкой выше.

Для расчётных сочетаний в каждой точке появляются два результативные значения - минимальные и максимальные внутренние силы с соответствующими внутренними силами.

Используйте кнопки, показанные слева, для передачи критериев фильтрации из одного диалогового раздела в другой.

Пример

Деление стержня с двумя промежуточными точками была определено для стержня 11, который имеет длину 6.70 м. Настройки фильтров для расчётных сочетаний, показанных на Рисунок 11.122 приводят к следующей таблице результатов *4.6 Стержни - внутренние силы*.



4.6 Стержни - внутренние силы

Стержень №	A Узел №	B Позиция x [м]	C	E Силы [кН]			G M _T	H Моменты [кНм]		I M _Z	J Соответствующие загрузки
				N	V _y	V _z		M _y	M _x		
10		5,025	max M _y	-27.53	-1.59	-20.69	-0.01	14.39	-3.53	CH 9	
			min M _y	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
		6,700	max M _y	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
			min M _y	-33.29	0.00	-41.56	0.00	-39.42	0.00	CH 7	
19			max M _y	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
			min M _y	-33.29	0.00	-41.56	0.00	-39.42	0.00	CH 7	
		3,350	Max M _y	-27.56	0.00	0.26	-0.01	31.51	-4.99	CH 9	
			Min M _y	-31.72	2.18	42.15	-0.04	-40.45	-2.25	CH 8	
11	16	0,000	max M _y	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
			min M _y	-23.10	1.49	42.17	-0.03	-38.29	-0.10	CH 8	
			max M _y	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
			min M _y	-23.10	1.49	42.17	-0.03	-38.29	-0.10	CH 8	
		2,350	max M _y	-20.16	0.69	12.36	-0.01	26.70	-2.91	CH 9	
			min M _y	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
21			max M _y	-20.16	0.69	12.36	-0.01	26.70	-2.91	CH 9	
			min M _y	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
21	16	0,000	Max M _y	-20.16	0.69	12.36	-0.01	26.70	-2.91	CH 9	
			Min M _y	-23.10	1.49	42.17	-0.03	-38.29	-0.10	CH 8	

Рисунок 11.123: Результаты, отфильтрованные по узловым значениям, точкам деления и экстремальным значениям M_y

Колонка Таблица H показывает максимальные и минимальные изгибающие моменты **M_y** на узлах и точках деления, а также местах абсолютных экстремальных значений, выделенных жирным шрифтом. Последние появляются с прописными начальными буквами, как *Max M_y* и *Min M_y*, в конце списка (см. отмеченные клетки на рисунке выше). Значения в остальных колонках представляют соответствующие внутренние силы соответствующих максимальных и минимальных значений.

11.5.6 Импорт и экспорт таблиц

Таблица из MS Excel или Open Office.org Ca3Г может быть импортирована непосредственно в текущую вводную таблицу RFEM. Участвующие в данном процессе программы должны быть открыты. Кроме того, можно экспортировать текущую таблицу RFEM полностью или частично в Excel или Open Office.org Ca3Г.

Доступ к функциям импорта и экспорта

Чтобы применить функцию импорта или экспорта, нажмите кнопку [Экспорт/Импорт таблицы] в панели инструментов таблицы.



1.1 Узлы

Узел №	A	B	C	D Координаты узла			G
	Тип узла	Узел-ориентир	Система координат	X [м]	Y [м]	Z [м]	Комментарий

Рисунок 11.124: Кнопка Экспорт/импорт таблицы в панели инструментов таблицы

Используйте эту кнопку, чтобы открыть Диалоговое окно *Экспортировать таблицу* и *Импортировать таблицу*.

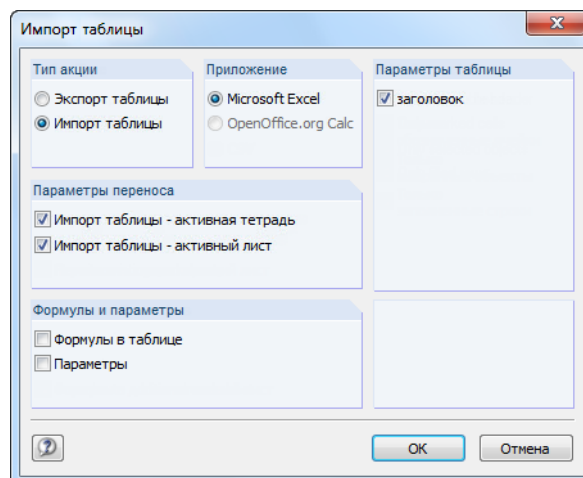


Рисунок 11.125: Диалоговое окно *Импортировать таблицу*

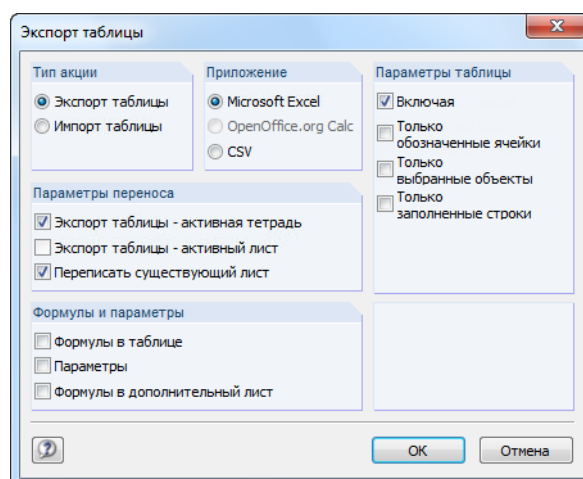


Рисунок 11.126: Диалоговое окно *Экспортировать таблицу*

Импорт таблицы

Подшивка электронных таблиц из MS Excel или OpenOffice должен быть открыта до начала импорта. Если заголовки существуют в листах, отметьте флажок для *Включая шапку таблицы*. Тогда, заголовки будут игнорироваться во время импорта. Только перечни будут импортированы в таблицах RFEM.

В диалоговом разделе *Апликация*, можно выбрать между таблицами в Microsoft Excel и OpenOffice.org Ca3Г.

В разделе диалога *Перенос параметров* укажите будет ли импортироваться подшивка электронных таблиц или только активный лист. При импорте полной подшивки электронных таблиц, порядок и структура листов должны быть полностью согласованы с таблицами RFEM.

В разделе диалога *Формулы и Параметры*, можно решить, если формулы, хранящиеся в Excel или OpenOffice будут импортированы также при обмене данными.

Нажмите [OK], чтобы начать импорт.

При желании импортировать только отдельные части листа, рекомендуется функция копирования рекомендуется: Выберите соответствующую область в таблице Excel и скопи-



руйте ее в буфер обмена с помощью [Ctrl] + [C]. Затем, поместите указатель в соответствующую ячейку таблицы RFEM и вставьте содержимое буфера обмена с помощью [Ctrl]+[V].

Экспорт таблицы

Чтобы экспортировать RFEM таблицы, MS Excel или Open Office.org Ca3Г не нужно работать в фоновом режиме.

В разделе диалога *Апликация*, можно выбрать между двумя сводными таблицами Microsoft Excel и OpenOffice.org Ca3Г. В дополнение, возможно создать файл в общей сводной таблице CSV (см. раздел 4.13, страница 137).

В разделе диалога *Параметры таблицы*, укажите, если заголовки будут тоже экспортированы. Если флажок для заголовка *Экспорт заголовка таблицы* отмечен, результат в Excel выглядит следующим образом:

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Узел		Узел-	Система	Координаты узла			
2	№	Тип узла	ориентир	координат	X [m]	Y [m]	Z [m]	Комментарий
3	1	Стандартный	0	Декартова	0,000	0,000	0,000	
4	2	Стандартный	0	Декартова	0,000	6,000	0,000	
5	3	Стандартный	0	Декартова	7,000	6,000	0,000	
6	4	Стандартный	0	Декартова	7,000	0,000	0,000	
7	5	Стандартный	0	Декартова	10,000	3,000	0,000	
8	6	Стандартный	0	Декартова	7,000	6,000	4,000	
9	7	Стандартный	0	Декартова	7,000	0,000	4,000	
10	8	Стандартный	0	Декартова	10,000	3,000	4,000	
11	9	Стандартный	0	Декартова	3,000	1,000	0,000	
12	10	Стандартный	0	Декартова	3,000	2,000	0,000	
13	11	Стандартный	0	Декартова	5,500	2,000	0,000	
14	12	Стандартный	0	Декартова	5,500	1,000	0,000	
15	13	Стандартный	0	Декартова	0,000	6,000	4,000	
16	14	Стандартный	0	Декартова	0,000	0,000	4,000	
17	15	Стандартный	0	Декартова	0,000	0,000	-3,000	
18	16	Стандартный	0	Декартова	0,000	6,000	-3,843	

Рисунок 11.127: Excel таблица с экспортированными заголовками

Когда вы снимите флажок, в Excel будет передано только содержимое таблицы.

С помощью опции *Только обозначенные ячейки*, можно экспортировать выбранное содержимое таблицы (см. раздел 11.5.2, страница 521).

Используйте флажок для *Только выбранные объекты* для экспорта данных или результатов выбранных номеров строк. Выбор облегчается с помощью синхронизации выбора между изображением и таблицей (см. раздел 11.5.4, страница 526).

Опция *Только заполненные строки* управляет способом, как пустые строки обрабатываются для экспорта.

В разделе диалога *Параметры переноса*, можно определить целевые таблицы, в которые будут записаны данные. Когда первый флажок не отмечен, программа RFEM создаст новую книгу. С помощью опции *Экспортировать таблицу в активный лист* можно использовать текущий рабочий лист электронной таблицы. Если флажок для *Перезаписать существующий лист* отмечен, программа RFEM будет искать в книге таблицы с тем же именем как в RFEM, и затем перепишет его.

С помощью флажков в диалоговых разделах *Формулы* и *Параметры* можно решить, если и как, сохраненные в программе RFEM, формулы будут экспортироваться.

Чтобы начать экспорт текущей таблицы RFEM, нажмите [OK].



Для одновременной передачи нескольких таблиц в Excel или OpenOffice.org Ca3Г, рекомендуется выбрать **Экспорт** в меню **Файл** (см. раздел 12.5.2, страница 615). Затем, можно выбрать соответствующие таблицы в диалоговом окне.

11.6 Параметризованный ввод данных

11.6.1 Концепция

Параметризованный ввод данных для модели и данных нагрузки ведет к использованию переменных (например длины, ширины, движения нагрузки и т.д.), которые называются "параметры" и хранятся в **списке параметров**.

Параметры могут быть использованы в формулах, чтобы определить численное значение. Формулы редактируются в **Редакторе формул**. Если параметр изменен в списке параметров, результаты всех формул с использованием этого параметра, будут скорректированы.

Параметризованный ввод данных полезен для проектов, у которых ожидается много изменений. Сохраненные формулы легко следовать, и увеличить четкость сложных моделей. Контролируемый параметрами ввод тоже вполне подходит при редактировании повторяющихся моделей, которые похожи по расчёту: Просто откройте файл шаблона и настройте параметры.

11.6.2 Список параметров

Список параметров управляет всеми параметрами, необходимыми для моделирования.

Доступ к перечню параметров

Для доступа к перечню параметров, нажмите кнопку [Редактировать параметры]:

- на панели инструментов вводной таблицы

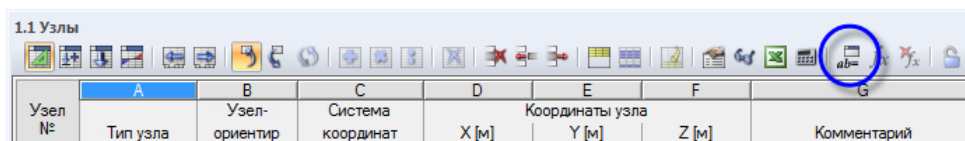


Рисунок 11.128: Кнопка *Исправить параметры* в панели инструментов таблицы

- в редакторе формул.

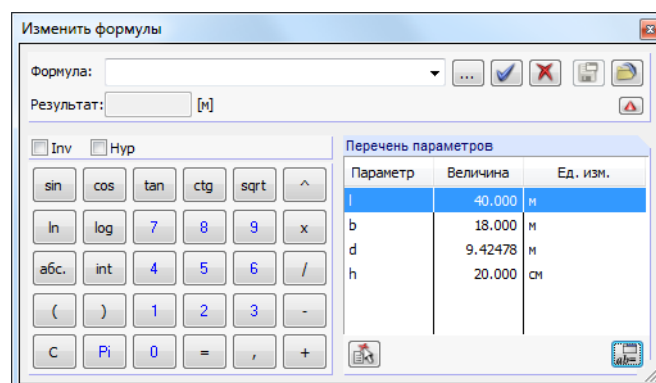


Рисунок 11.129: Кнопка *Исправить параметры* в редакторе формул

Описание

Появится диалоговое окно *Редактировать параметры*.

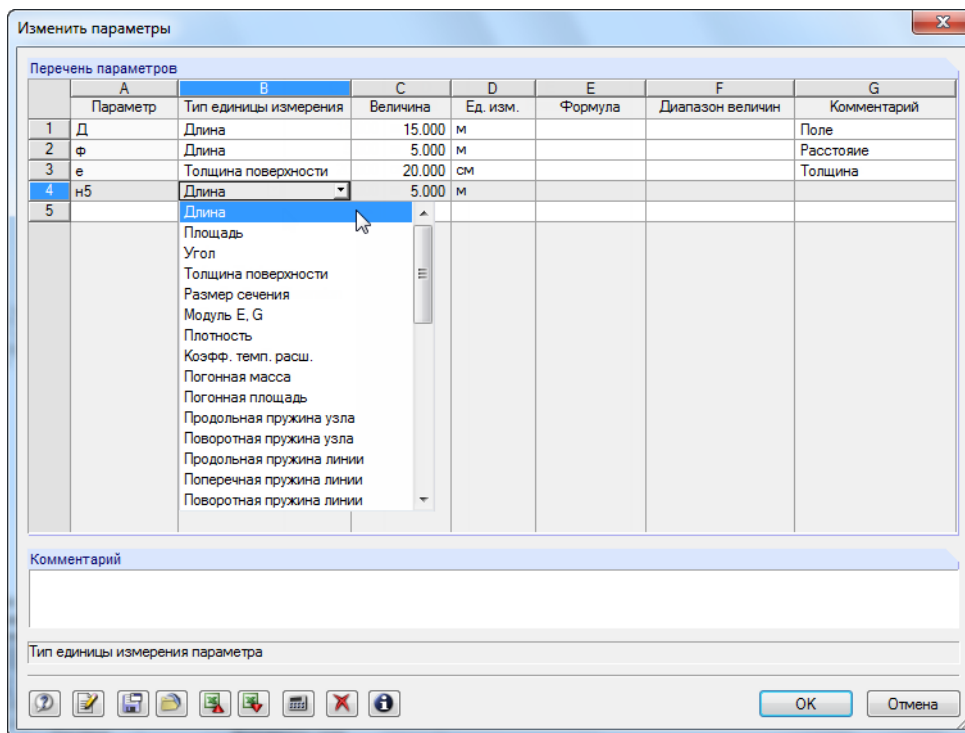


Рисунок 11.130: Диалоговое окно *Редактировать параметры*

Каждая строка таблицы управляет *Параметром*. В колонке **A**, введите имя, которое состоит из ASCII знаков. Имя не должно содержать пробелов. Описание используется для обозначения параметра в формулах. Каждое имя параметра может быть присвоено только один раз.



В столбце таблицы **B**, определите *Тип единицы измерения* чтобы определить, если параметр представляет длину, нагрузку, плотность и т.д. Типы блок predetermined. To access the выберите list available in the CHlumn, use the CHntext Кнопка [▼] or the keyboard key [F7].

В столбце **C**, определите числовое *Значение* параметра.

Укажите *Единицу измерения* в колонке таблицы **D**. Чтобы получить доступ к перечню выбора единиц, который доступен в столбце, используйте контекстную кнопку [▼] или клавишу клавиатуры [F7].

В столбце **E**, можно ввести *Формулу* для определения значения параметра для столбца таблицы C. В дополнение к общим математическим операциям, доступны операторы **IF-THEN** и **max/min** функции. С помощью **\$**-ссылки можно обратиться к конкретной таблице (например **\$ 1,1 (A1)**, используемой значение ячейки A1 из таблицы 1.1).

Примеры

если(A<B;10;B) Если параметр A меньше параметра B, применяется значение 10. В противном случае, будет использоваться параметр B.

max(A;B) Будет применяться большее значение обоих параметров A и B.

мин(максA;B);C) Большее значение параметров A и B определяет его последующее сравнение со значением параметра C. Наконец, будет применяться наименьшее значение.



Используйте кнопку [...] в столбце таблицы E, чтобы получить доступ к *Ведомость операторов и функций*.

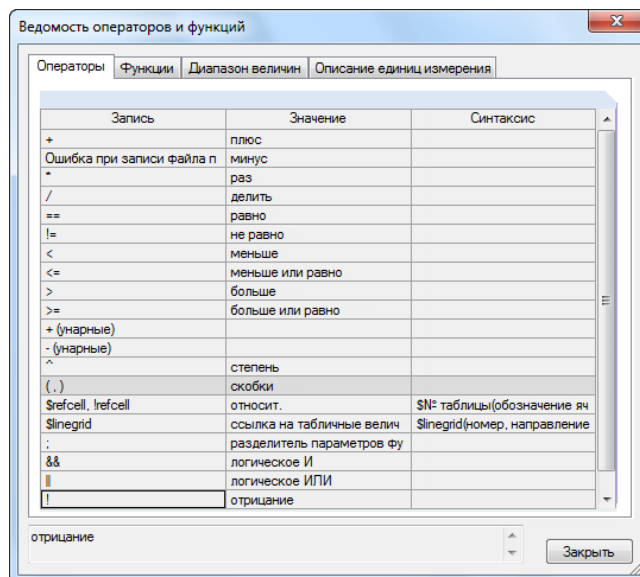


Рисунок 11.131: Диалоговое окно *Ведомость операторов и функций*

В колонке таблицы **F**, можно определить *Диапазон значений* для контроля значений столбца C.

Колонка **G** зарезервирован для ввода любого *Комментария*.

Функции ввода

Параметры могут быть введены по ячейкам.

Некоторые инструменты для эффективного ввода доступны в контекстном меню, которое вы открываете щелчком правой клавишей мыши. Функции редактирования (пустая строка или строка вставки, замена и т.д.) описаны в главе 11.5.1 на странице 520).

Когда в качестве выбора отмечено несколько ячеек, появится следующее контекстное меню.

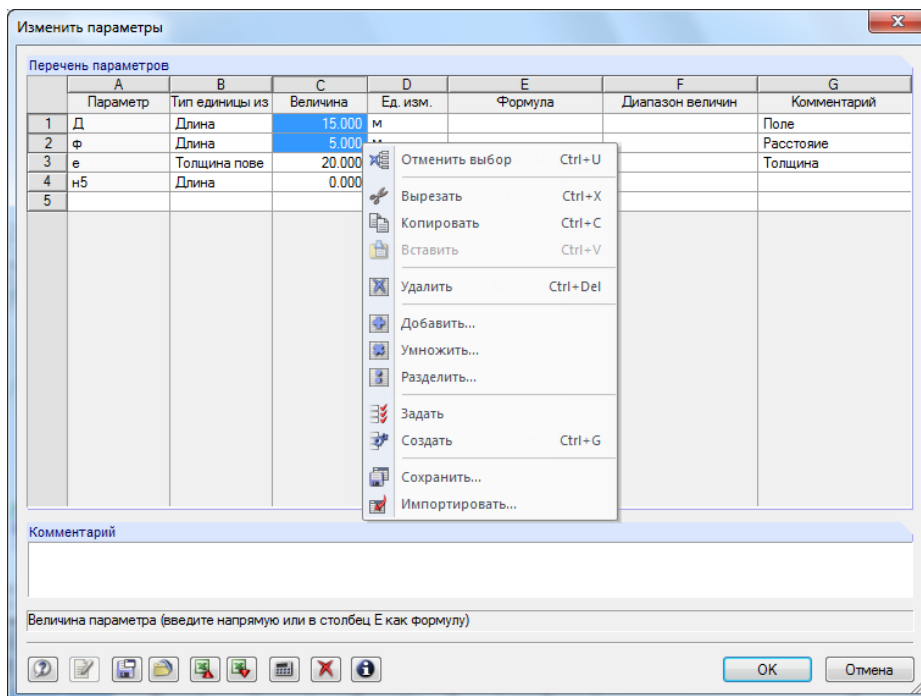


Рисунок 11.132: Контекстное меню выбора в списке параметров

Найдите описание функций меню в разделах 11.5.1 и 11.5.2, страница 519.

Кнопки

В дополнение к кнопкам по умолчанию, следующие функции доступны в списке параметров.








Кнопка	Описание
	Сохраняет список параметров в файле.
	Загружает сохраненный список параметров
	Экспорт списка параметров в MS Excel
	Импорт данных из открытой таблицы Excel
	Открывает калькулятор и импортирует его результат
	Удаляет все содержимое Переченя параметров.
	Показывает подробности сечений, используемых в модели

Таблица 11.12: Диалоговое окно *Исправить параметры*: Кнопки

11.6.3 Редактор формул

Редактор формул управляет уравнениями параметризованного ввода.

Доступ к редактору формул

Чтобы открыть редактор формул,



- используйте кнопку на панели инструментов таблицы, показанную слева.

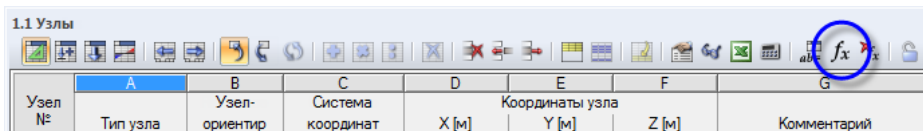


Рисунок 11.133: Кнопка *Исправить формулы* в панели инструментов таблицы

- нажмите на желтый или красный угол ячейки таблицы (красный уголок указывает на ошибку в формуле) или

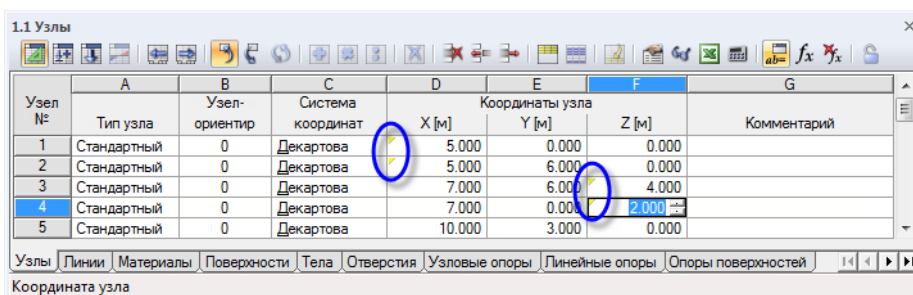


Рисунок 11.134: Отметьте углы ячеек в таблице 1.1 Узлы

- используйте кнопки функций рядом с полями ввода в диалоговых окнах (см. Рисунок 11.139).

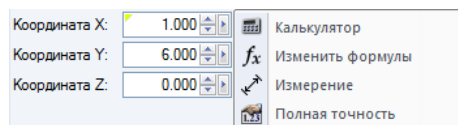


Рисунок 11.135: Функциональные кнопки с контекстным меню в диалоговом окне *Редактировать узел*

Кроме того, можно импортировать формулы, сохраненные в Excel и экспортировать формулы из RFEM в Excel. Дополнительные сведения о процессе обмена данными с Excel вы найдете в главе 12.5.2 на странице 615.

Описание

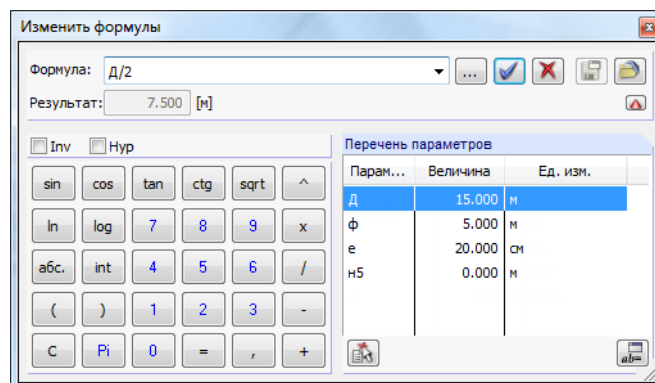


Рисунок 11.136: Диалоговое окно *Исправить формулы*

В поле ввода *Формула*, любая формула может быть введена вручную. При использовании калькулятора, его результаты будут переданы автоматически.



Формула может состоять из постоянных числовых значений параметров и функций. Результат уравнения появляется в поле ниже. Используйте кнопку [▼] в конце *Формула* линии для выбора записи из списка уже введенных формул.



Нажмите кнопку [✓] чтобы применить формулу в ячейку таблицы или поле ввода в диалоговом окне. Удалите линию формула с помощью кнопки [X]. В случае ошибки ввода, формулы отображаются красным цветом в поле ввода *Формула*.



Содержание других клеток можно использовать в формулах посредством ссылки.

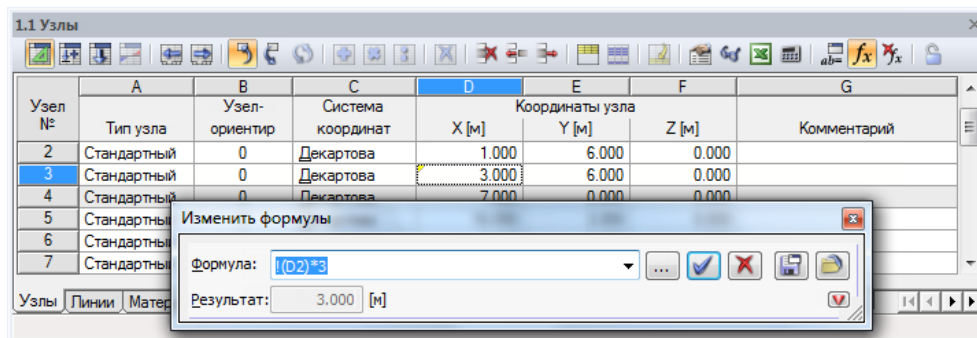


Рисунок 11.137: Редактор формул со ссылкой

Ссылка вводится восклицательным знаком (!). Ссылка на ячейку устанавливается в скобках. Как показано на рисунке выше, содержание ячейки **D3** в три раза выше значения ячейки **D2**.



С помощью предварительно введенного знака равенства можно ввести формулы непосредственно в ячейки таблицы (например = 2,5 * P1). Если значения используются (например = 22.1 + A * ч), они интегрированы в единицах системы СИ с [м] или [Н] в формулу.

В калькуляторе редакторе формул доступны следующие функции:

Функция	Описание
<input type="button" value="sin"/>	Синус
<input type="button" value="cos"/>	Косинус
<input type="button" value="tan"/>	Тангенс
<input type="button" value="ctg"/>	Котангенс
<input type="button" value="sqrt"/>	Квадратный корень
<input type="button" value="^"/>	Степень
<input type="button" value="ln"/>	Натуральный логарифм
<input type="button" value="log"/>	Логарифм по основанию 10
<input type="button" value="abs"/>	Абсолютная величина
<input type="button" value="int"/>	Целое, например $int(5.638) = 5$
<input type="button" value="C"/>	Чистая линия формулы
<input type="checkbox"/> Inv	Обратные, например, $inv\ sqrt(5)$ означает 5^2
<input type="checkbox"/> Hyp	Гиперболическая функция

Таблица 11.13: Функции вычислителя



Раздел диалога *Список параметров* в редакторе формул перечисляет все параметры с текущими значениями. Для передачи определённого параметра в линию *Формулы*, дважды щелкните запись, или выберите запись и используйте кнопку [Применить выбранный параметр], показанную на рисунке слева.



Нажмите кнопку [Редактировать параметры] (см. главу 11.6.2, страница 532), чтобы открыть список параметров, где можно изменить или дополнить параметры.

Кнопки

Кнопки, доступные в редакторе формул, имеют следующие функции:






Кнопка	Описание
	Применяется формулу для ячейки таблицы или поля диалога
	Удаляет ввод формулы
	Сохраняет содержимое редактора формул в виде файла
	Загружает сохраненный файл
	Отображает или скрывает калькулятор и список параметров

Таблица 11.14: Диалоговое окно *Редактировать формулы*: Кнопки

11.6.4 Формулы в таблицах и диалоговых окнах

Уравнения, хранящиеся в редакторе формул, можно использовать как в ячейках таблиц, так и в полях ввода диалоговых окон. Так как таблицы и диалоговые окна синхронизируются, можно получить доступ к формулам в обоих режимах ввода.

Формулы в таблицах



Формула была связана, когда ячейки помечены желтым или красным флажком (треугольником) в левом верхнем углу (см. Рисунок 11.134, страница 536). Нажмите флажок, чтобы открыть Редактор формул.



Чтобы связать "нормальную" ячейку с формулой, наведите курсор в клетку и откройте Редактор формул с помощью кнопки, показанной слева.

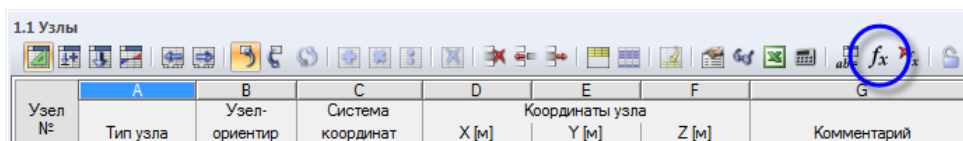


Рисунок 11.138: Кнопка *Исправить формулы* в панели инструментов таблицы



Красный флаг означает, что произошла ошибка в определении формулы. Этот флаг соответствует строке красной формулы в редакторе формул. Рекомендуется исправить формулу.

Формулы в диалоговых окнах

Параметризованный вход была разработан главным образом для применения в таблицах. Тем не менее, возможно использовать формулы также в диалоговых окнах.



Функциональная кнопка справа от полей ввода в диалоговых окнах указывает, что они могут быть связаны с формулами.

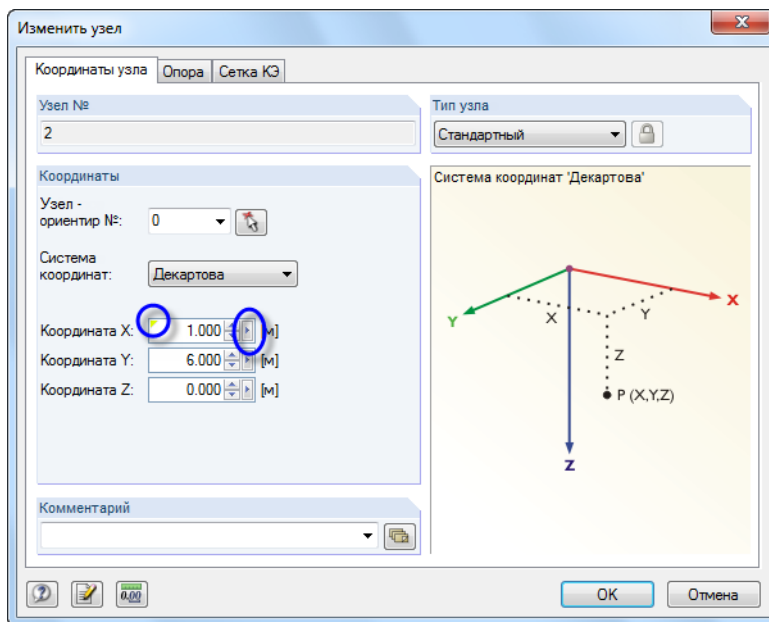


Рисунок 11.139: Диалоговое окно со связанной формулой и функциональная кнопка

Если поле ввода уже был связано с формулой, то оно отмечается как ячейка желтым флагом (или красным флагом в случае неправильного ввода).



Нажмите функциональную кнопку, чтобы открыть контекстное меню, показанное на Рисунок 11.135 на странице 536 в котором можно получить доступ к Редактору формул.

11.7 Генераторы модели

Разнообразные инструменты помогут вам создавать модели или части конструктивных систем. Дополнительнок функциям копирования и выделения, программа RFEM предоставляет специальные диалоговые окна для создания моделей стержней и повехностей.

11.7.1 Копирование и вытягивание объектов

11.7.1.1 Создание линий и стержней с помощью эквидистанты

Выбранные линии или стержни в графическом виде можно легко копировать: Переместите объекты в нужное место в рабочей области, удерживая нажатой клавишу [Ctrl]. Функция подчиняется общим правилам приложений ОС Windows.



Если требуется создать параллельные линии или стержни, то в окне диалога можно ввести конкретные параметры. Чтобы получить доступ к соответствующей функции,

выберите **Блок параллельную линию** в меню **Инструменты** или

выберите **Установить параллельный стержень** в меню **Инструменты**

или используйте контекстное меню линии или стержня (см. Рисунок 11.149, страница 547).

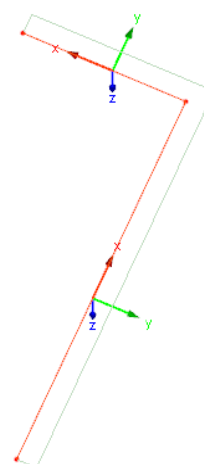
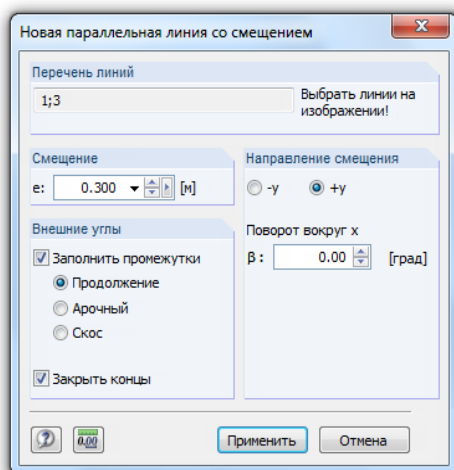


Рисунок 11.140: Диалоговое окно *Новая параллельная линия со смещением*

Выбранная линия появляется в *Списке линий*. При необходимости, можно добавить больше линий, кликнув на них в рабочем окне. Обратите внимание, что все линии в списке должны лежать в одной плоскости.

В разделе диалога *Смещение*, укажите расстояние от копии до оригинала.

Когда несколько линий копируются только параллельным смещением, у вас есть несколько возможностей, предлагаемых в диалоговом разделе *Внешние углы*, чтобы настроить скопированные линии или стержни. На рисунке выше показаны скопированные линии (без осей), продленные до общей точки пересечения. Кроме того, оба конца соединены с оригинальными линиями с помощью отметки флажка *Закрывать концы*.

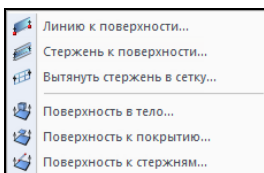
Установки в диалоговом разделе *Направление смещения* определяют сторону, на которой линии будут скопированы. Направления *+y* и *-y* непосредственно отображаются в рабочем окне. Они используются прежде всего для этого диалогового окна и не зависят от установленной в данный момент рабочей плоскости. Таким образом, они не обязательно отражают оси линии. Поле ввода *Вращение воуруг x* позволяет копирование объектов из плоскости.

11.7.1.2 Вытягивание линий и стержней

С помощью экструзии линии и стержней можно быстро создавать поверхности, сетки или ростверки. Но если вы хотите создать неправильную сетку, используя расширенные спецификации, рекомендуется использовать диалоговое окно *Генерирование сетки* (см. раздел 11.7.2, страница 551).

Чтобы получить доступ к функции вытягивания, выберите **Вытянуть** в **Инструменты** меню.

Можно также использовать контекстное меню соответствующей линии или стержня.



Меню *Инструменты* → *Вытянуть*

Вытягивание поверхности из линии /стержня

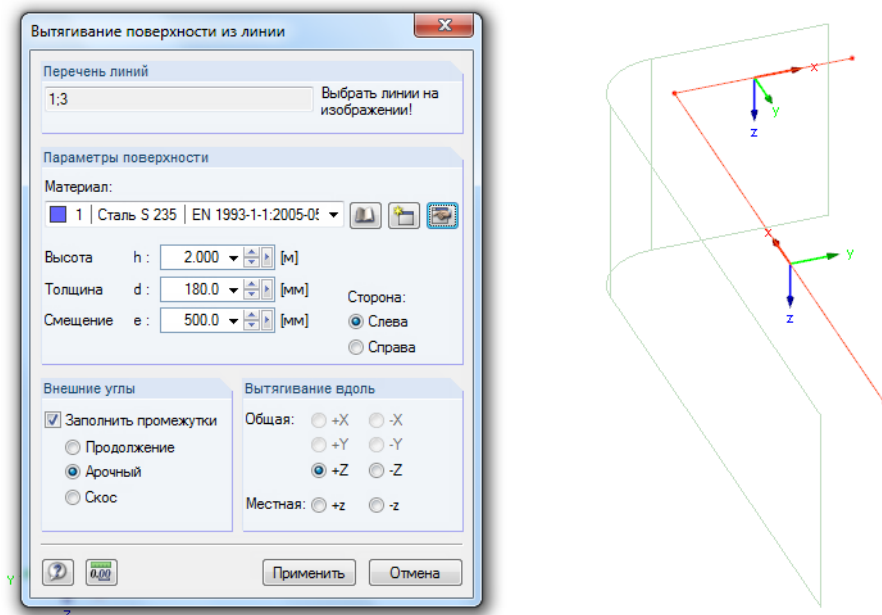


Рисунок 11.141: Диалоговое окно *Вытягивание линии в поверхность*

Выбранная линия появляется в *Списке линий*. При необходимости, можно добавить больше линий, кликнув на них в рабочем окне. Обратите внимание, что все линии в списке должны лежать в одной плоскости.

Затем введите материал, глубину и толщину новой поверхности, как *Параметры поверхности*. Если *Смещение* определено, поверхность будет создана на поперечном расстоянии, которое относится к направлению вытягивания. В этом случае укажите *Стороны*. Модифицированные параметры сразу отображаются в рабочем окне.

Когда вытянуты несколько линий, у вас есть различные возможности, предоставляемые в диалоговом разделе *Внешние углы*, чтобы настроить скопированные линии. На рисунке выше показаны линии (без осей), вытянутые со смещением и соединенные с дугой.

В разделе диалога *Экструзия вдоль*, определите глобальное или локальное направление экструзии.

Вытягивание балочной сетки из стержня

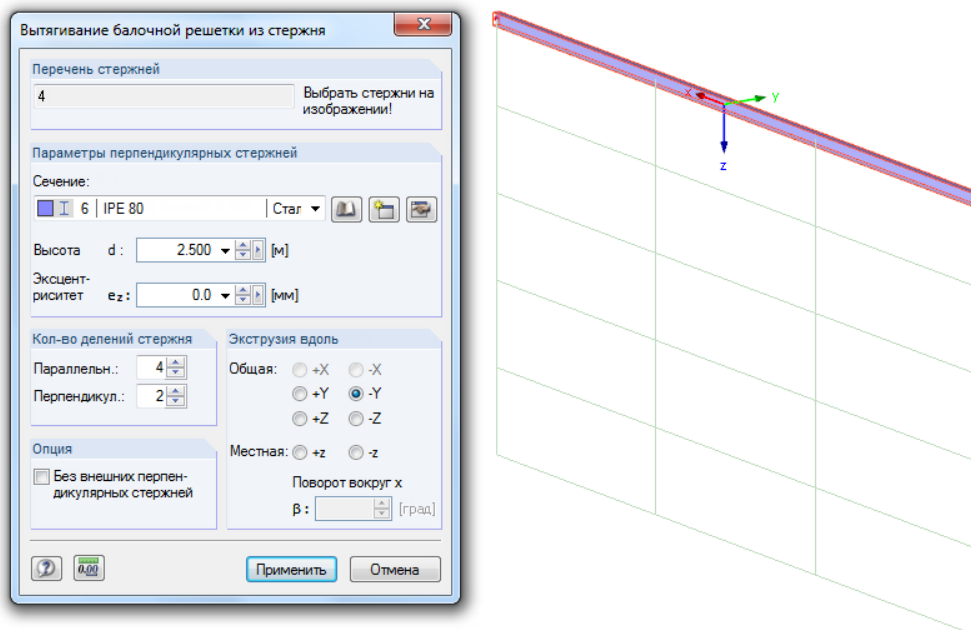


Рисунок 11.142: Диалоговое окно *Вытягивание сетки из стержня*

Выбранный стержень отображается в *Перечне стержней*. При необходимости, можно добавить больше стержней, кликнув на них в рабочем окне. Все стержни списка должны лежать в одной плоскости.

В разделе диалога *Параметры перпендикулярных стержней*, введите сечение вертикальных стержней и глубины, как значение для общей высоты сетки. Дополнительно укажите эксцентриситет для подключения стержня с помощью эксцентрического соединения (см. раздел 0, страница 144).

Настройки в диалоговом разделе *Количество делений стержня* контролирует деление на равномерной сетке, состоящей из параллельных и вертикальных элементов. Кроме того, у вас есть *Возможность* обойтись без генерации внешних вертикальных элементов.

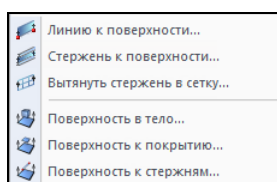
В разделе диалога *Экструзия вдоль*, определите глобальное или локальное направление экструзии, в котором будут созданы стержни. Поле ввода *Вращение воуруг x* позволяет копирование объектов из плоскости.

11.7.1.3 Вытягивание из поверхности

С помощью вытягивания плоских поверхностей можно быстро создавать пространственные геометрические объекты.

Чтобы получить доступ к соответствующим функциям, выберите **Вытянуть** в **Инструменты** меню.

Можно также использовать контекстное меню соответствующей поверхности.



Меню *Инструменты* → *Вытянуть*

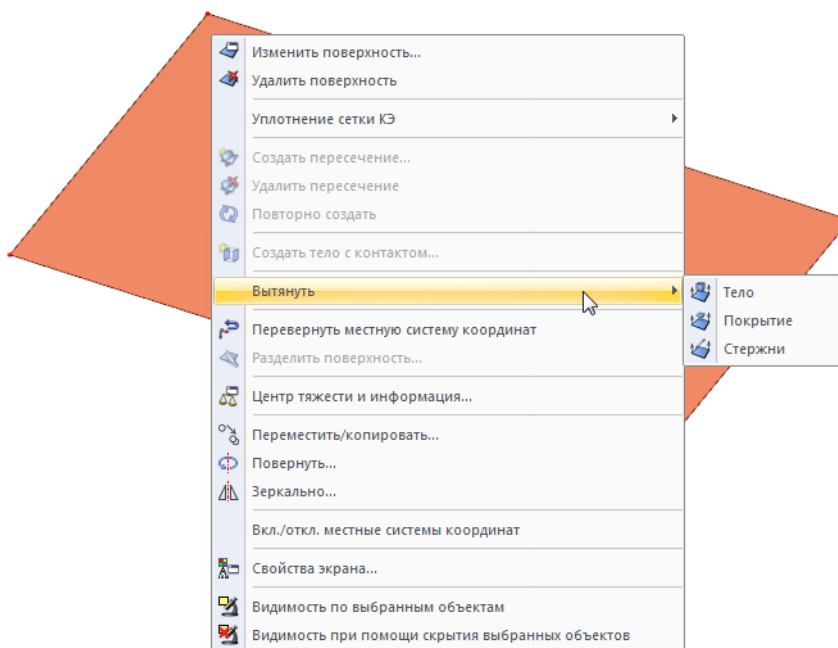


Рисунок 11.143: Контекстное меню поверхности

Чтобы создавать экструдированные объекты, сдвигая поверхность параллельно в рабочей области, выберите один из следующих трех вариантов в контекстном меню.

- **Тело:** В 3D-тело будет создано (см. раздел 4.5, страница 91).
- **Корпус:** только поверхности, упаковывающие пространственный объект, будут созданы.
- **Стержни:** Стержни будут созданы на соединительных линиях между узлами и их копиями. Дополнительно, будет также скопирована базовая поверхность.

В зависимости от вашего выбора, появляется новое диалоговое окно, где вы должны определить соответствующие параметры. Глубина *может* быть введена непосредственно или определена в графическом виде с помощью мыши.

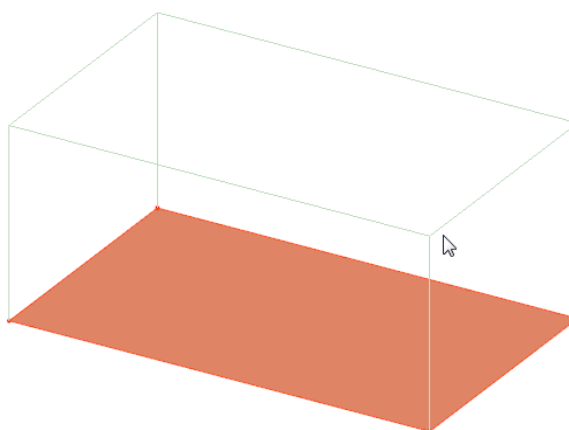
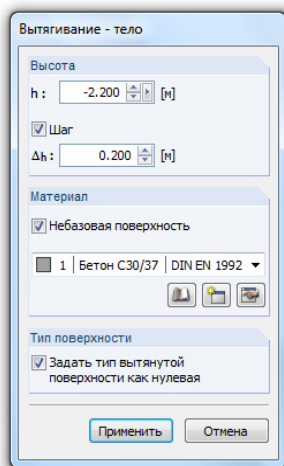


Рисунок 11.144: Диалоговое окно *Вытягивание тела*

11.7.1.4 Генерирование тела

В предыдущей главе описывается, как существующие поверхности могут быть использованы для создания тел или корпусов. Но если вы хотите создать совершенно новое твёрдое тело, программа RFEM предлагает Вам специальные функции для создания 3D-объектов: Во-первых, создайте поверхности (прямоугольник с округлениями, полукруг и т.д.). На втором этапе, экструдировать поверхности по отношению к точке или плоскости.

Вытягивание поверхности до параллельной плоскости

Чтобы получить доступ к соответствующей функции,

укажите на **Данные о модели** в **Вставить** меню, выберите **Тела** и **В графическом виде**, и затем кликнете на **Вытянуть с вутами**

или используйте соответствующую кнопку на панели инструментов.

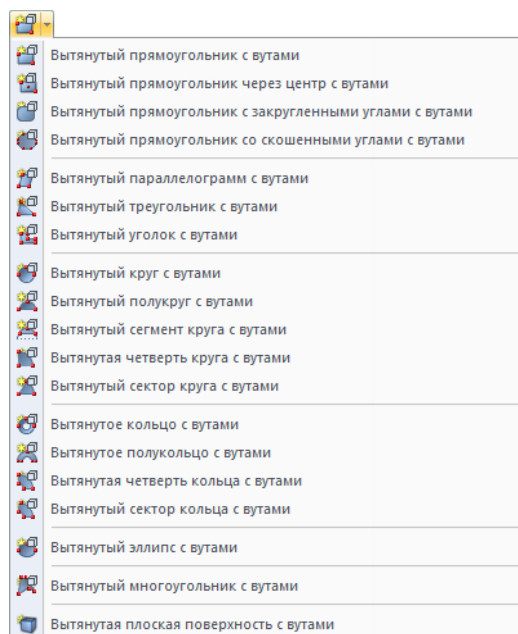


Рисунок 11.145: Кнопка списка *Вытянуть поверхность*

Меню содержит большое количество форм плоских поверхностей, которые могут быть определены в графическом виде и затем экструдированы параллельно плоскости поверхности.

Функциональный принцип похож на в графическом виде ввод поверхностей (см. раздел 4.4, страница 80): Во-первых, определите материал и жесткость в диалоговом окне. Затем, можно создать поверхности в рабочем окне, нажав на точки определения.

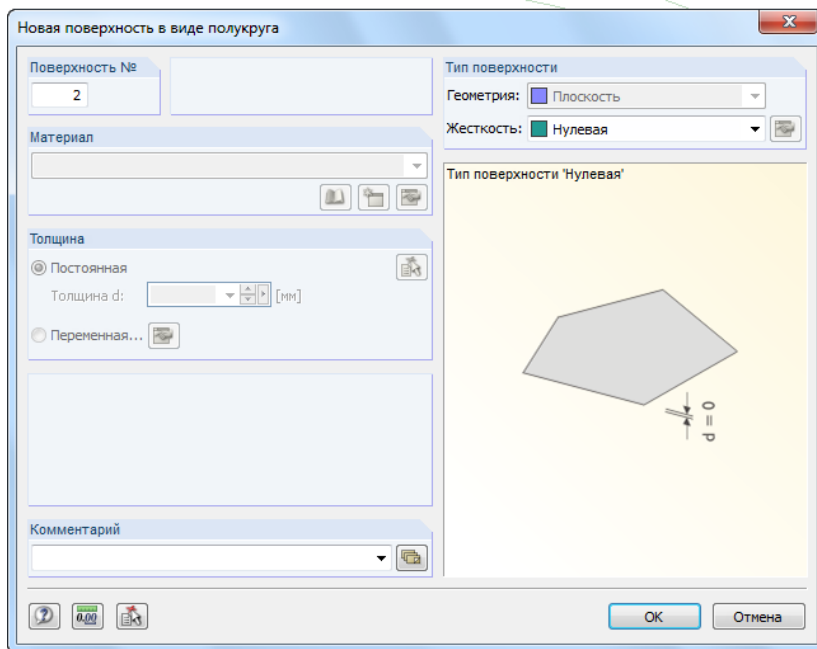


Рисунок 11.146: Диалоговое окно *Новая поверхность в виде полукруга* для графического определения поверхности

Когда площадь основания установлена, определить параметры для создания сплошного тела в диалоговом окне *Вытянуть*.

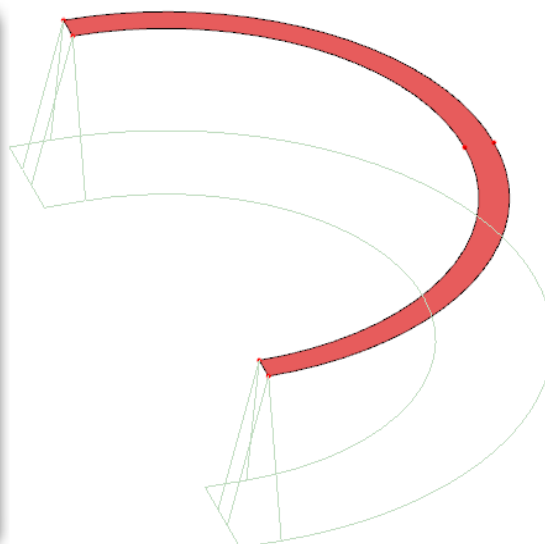
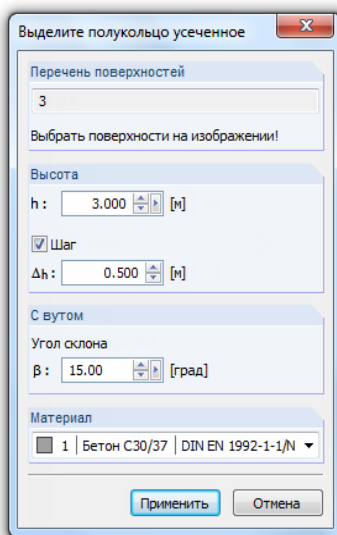


Рисунок 11.147: Диалоговое окно *Выделите полукольцо усеченное* с наклонными боковыми поверхностями

Глубина d может быть введена непосредственно в окне диалога или определена в графическом виде с помощью мыши. Направление проекции находится всегда под прямым углом к плоскости базовой области.

При вводе значения в диалоговом разделе *Сужение* можно создать параллельное покрытие или площадь основания с наклоненными боковыми сторонами. Угол β описывает наклон к направлению проекции.

Кроме того, должен быть указан *Материал*, нового сплошного тела.

Вытягивание поверхности до точки

Чтобы получить доступ к соответствующей функции,

укажите на **Данные о модели** в **Вставить** меню, выберите **тела** и **В графическом виде**, и затем кликните на **Вытянуть к точке**.

Меню содержит большое количество форм плоских поверхностей, которые могут быть определены в графическом виде и затем экструдированы по отношению к точке.

Функциональный принцип похож на экструзию объекта по отношению к параллельной плоскости (см. выше): Во-первых, определить площадь основания в графическом виде. Затем, можно ввести точку экструзии проекции в диалоговом окне *Вытянуть*. Можно определить ее также в графическом виде.

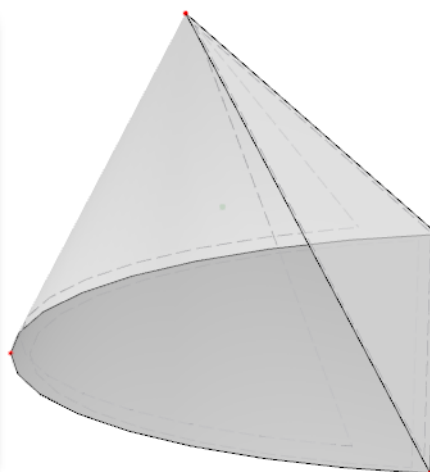
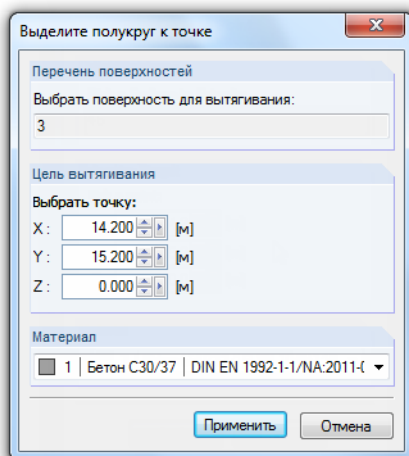
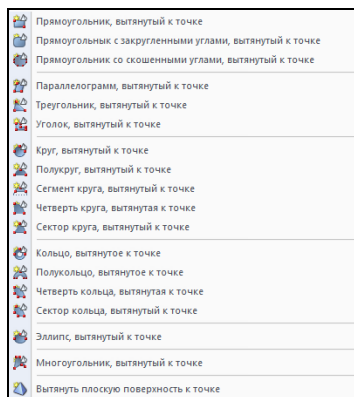


Рисунок 11.148: Диалоговое окно *Выделите полукруг к точке* с результатом

11.7.1.5 Создание поверхностей из стержней

Иногда, необходимо проанализировать конкретные зоны Каркасной модели подробнее (например, оценка на опорах или шва Каркаса как поверхностной модели). Вводить сечение вручную, с использованием элементов поверхности, было бы возможно, но заняло бы много времени. Функция *Создать поверхности из стержней* помогает вам представить 1D элемент стержня element с помощью 2D элементов поверхности.

Эта функция доступна, только если тип модели был определен как 3D (см. Рисунок 12.23, страница 598).

Чтобы разделить ранее выбранный элемент,

укажите на **Создать поверхности из стержней** в **Инструменты** меню, и затем выберите **Создать**.

Эта функция доступна также в контекстном меню элемента. Щелкните правой кнопкой мыши на элемент, чтобы открыть его контекстное меню.



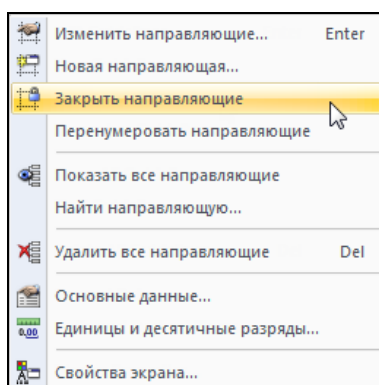
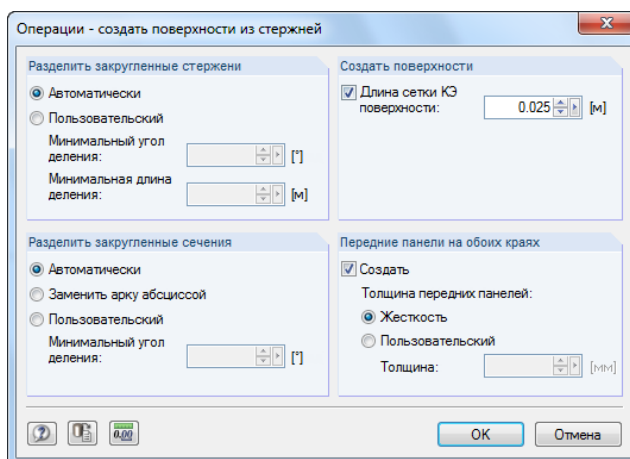


Рисунок 11.149: Контекстное меню элемента

Информация о элементе не будет потеряна: В дополнение к поверхностям, в центральной оси будет создан фиктивный элемент. Нулевой элемент содержит все данные элемента, но не будет учтен при расчёте.

Чтобы получить доступ к большому количеству возможностей для функции *Создать поверхности из стержней*,

укажите на **Создать поверхности из стержней** в **Инструменты** меню, и затем выберите **Параметры**.

Рисунок 11.150: Диалоговое окно *Настройки - создать поверхности из элемента*

Используйте раздел диалога *Разделить закругленные стержни*, чтобы контролировать, сколько раз элемент, находящийся на кривой линии, должен быть разделен. Если создается очень грубая многоугольная цепь с настройками по умолчанию *Автоматически*, можно настроить дробление и уменьшить *Угол деления* или *Длину деления*.

Настройки в разделе диалога *Разделить закругленные сечения* влияют на дробление криволинейных поверхностей, например, элементов сечений типа сечения "Труба". Опять же, дробление может быть уточнено с помощью определяемого пользователем *угла дробления*.

В диалоговом разделе *Создать поверхности*, можно определить уточнение сетки КЭ для созданных поверхностей (см.раздел 4.23, страница 179).

В ходе преобразования, на концах элементамогут быть на концах элемента *Фронтальные плиты*. Характеристики генерируемых поверхностей можно регулировать впоследствии путем редактирования поверхностей (см. раздел 4.12, страница 121).

11.7.2 Генераторы модели

Чтобы получить доступ к окну диалога для создания объектов модели, выберите **Создать модель - стержни** в **Инструменты** меню или выберите **Создать модель - поверхности** в **Инструменты** меню.

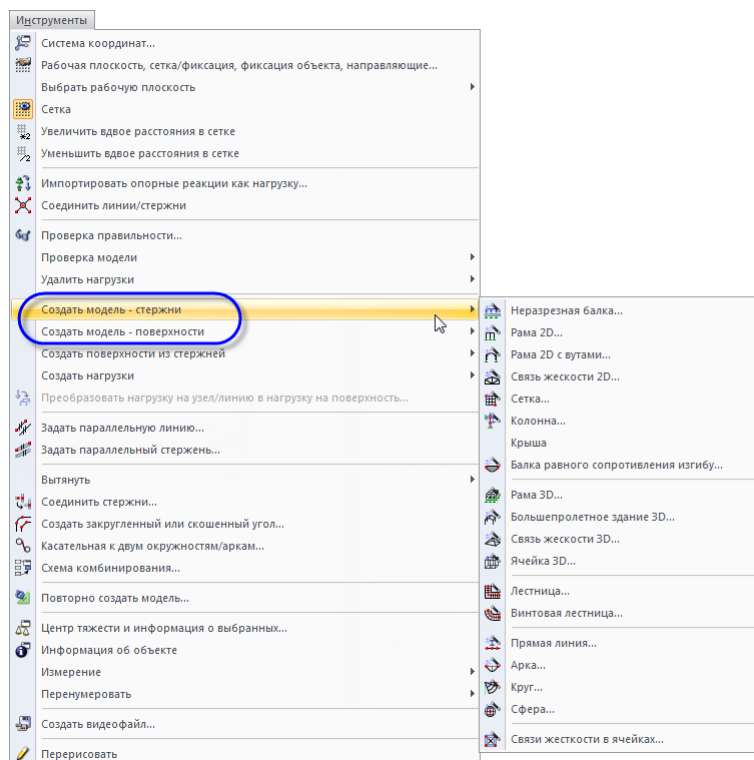


Рисунок 11.151: Меню *Инструменты* → *Создать модель - стержни* или *Поверхности*

Далее представлены отдельные генераторы. Тем не менее, подробное описание диалоговых окон не имеется, потому что изображения диалога адекватно иллюстрируют параметры.



Каждый диалог ввода может быть сохранен в качестве шаблона и позже использован повторно. Обе кнопки, показанные слева, используются для сохранения и загрузки данных генератора.

11.7.2.1 Стержни

Многопролетная балка

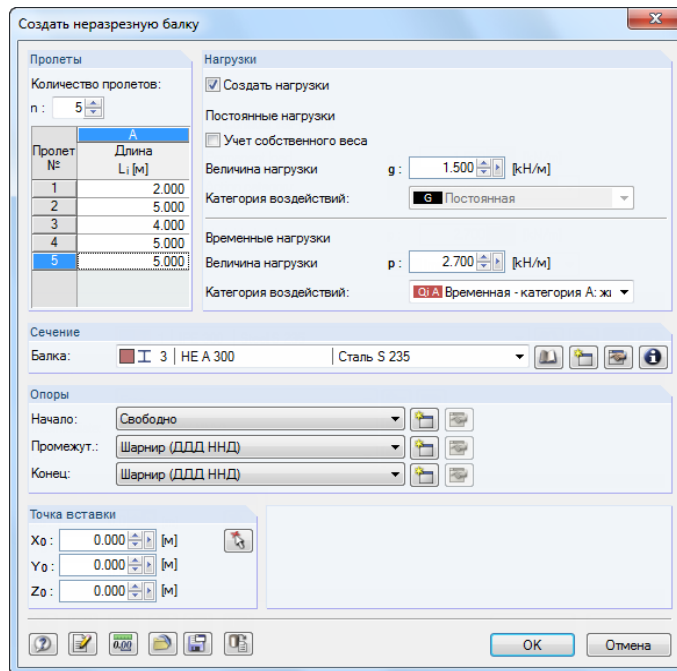


Рисунок 11.152: Диалоговое окно *Создать многопролетную балку*

RFEM создает многопролетную балку с постоянным сечением, опорами и нерегулярными пролетами. По желанию, загрузки и расчётные сочетания тоже создаются.

2D Каркас

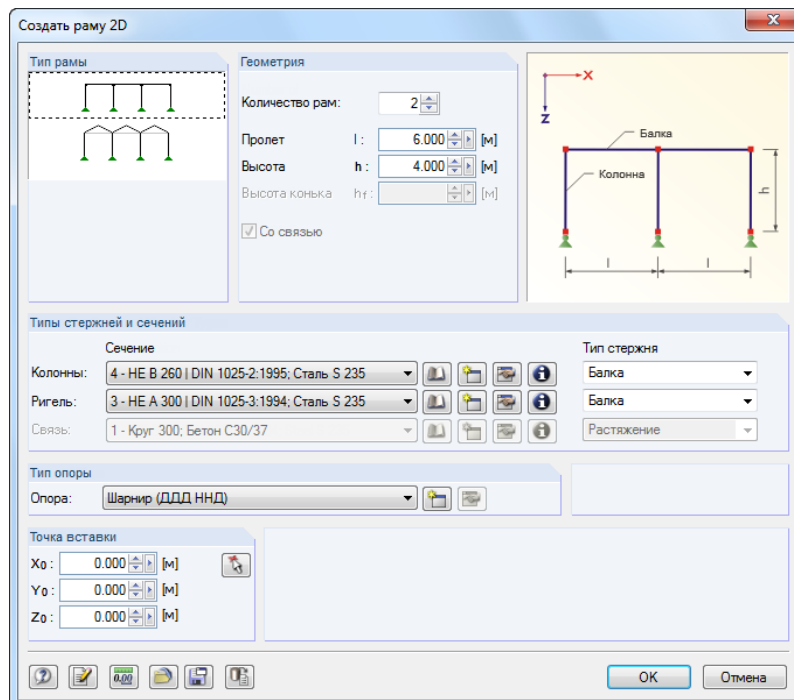


Рисунок 11.153: Диалоговое окно *Создать 2D Каркас*

Перед вводом геометрических данных и свойств сечения, выберите *Тип Каркаса*. Столбцы плоской рамы получают равные условия опоры.

Конический 2D Каркас

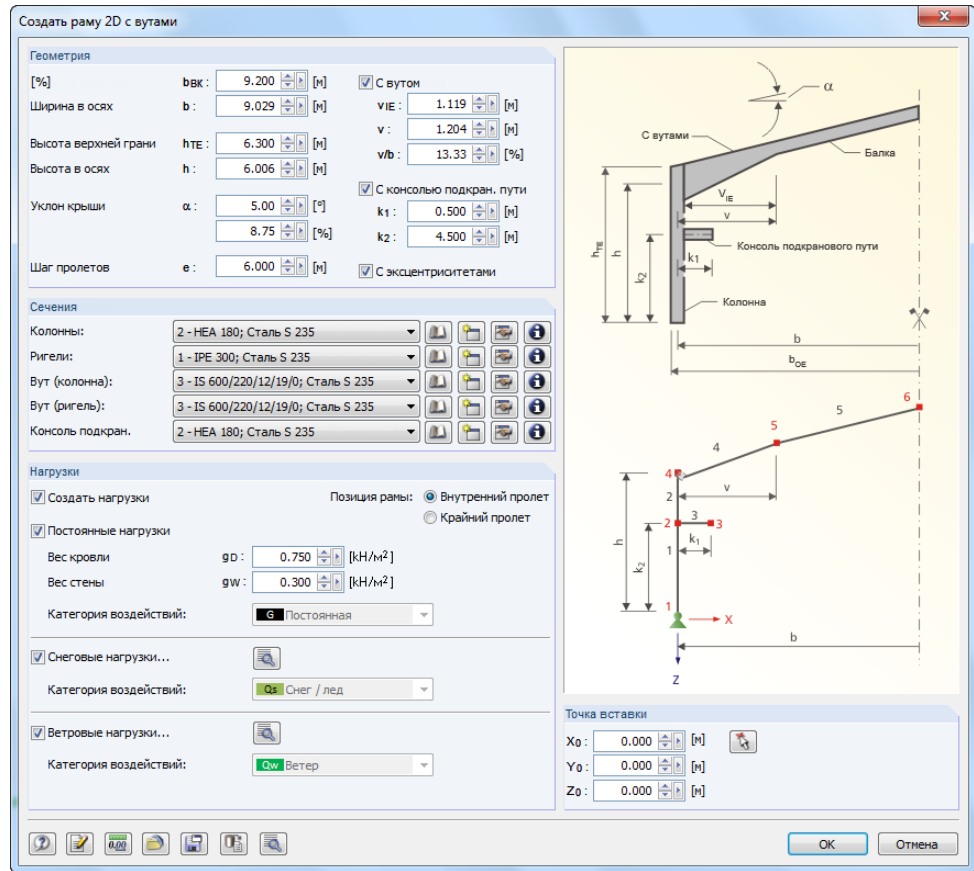


Рисунок 11.154: Диалоговое окно *Создать раму 2D с вутами*



Плоская рама должна определяться своей *Геометрией* и *Сечениями*. Можно создать конусы, подкрановые пути и эксцентричные соединения. *Нагрузки* могут быть получены дополнительно. Кнопки [Параметры] предлагают вам доступ к параметрам генератора. Расположение *Рама* имеет важное значение для определения нагрузки.

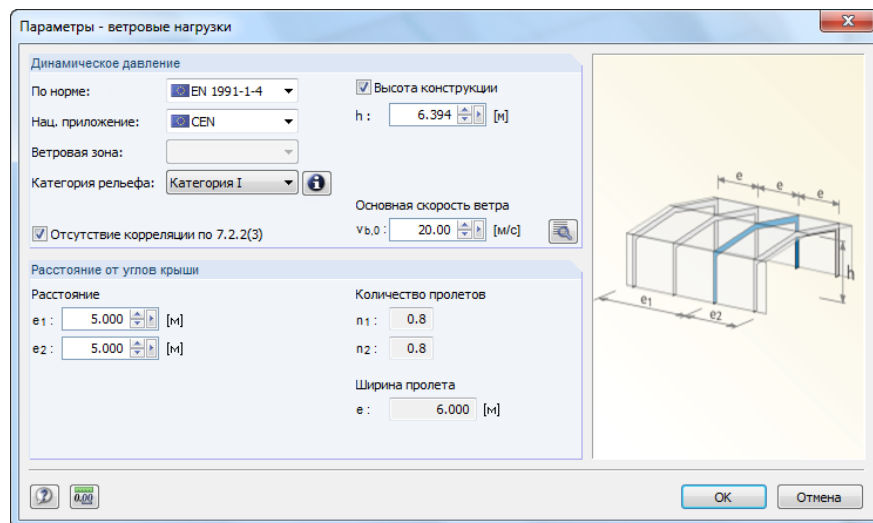


Рисунок 11.155: Диалоговое окно *Параметры - ветровые нагрузки*

2D ферма

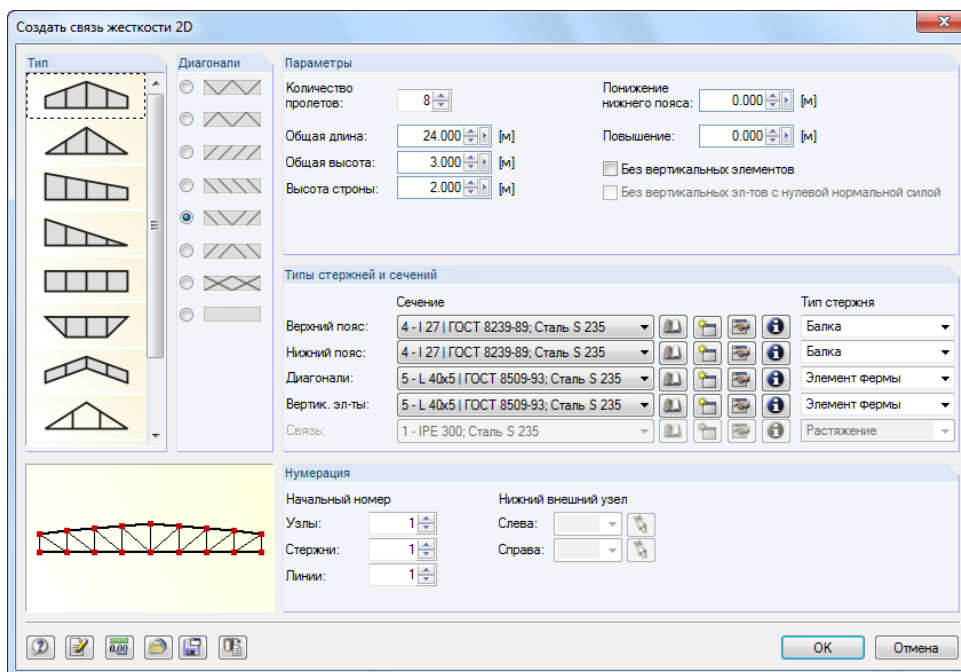


Рисунок 11.156: Диалоговое окно *Создать 2D ферму*

Во-первых, определите *Тип* фермы и размещение *Диагоналей*. Затем, можно определить *Параметры*, *Сечения* и *типы элементов*.

Балочная сетка

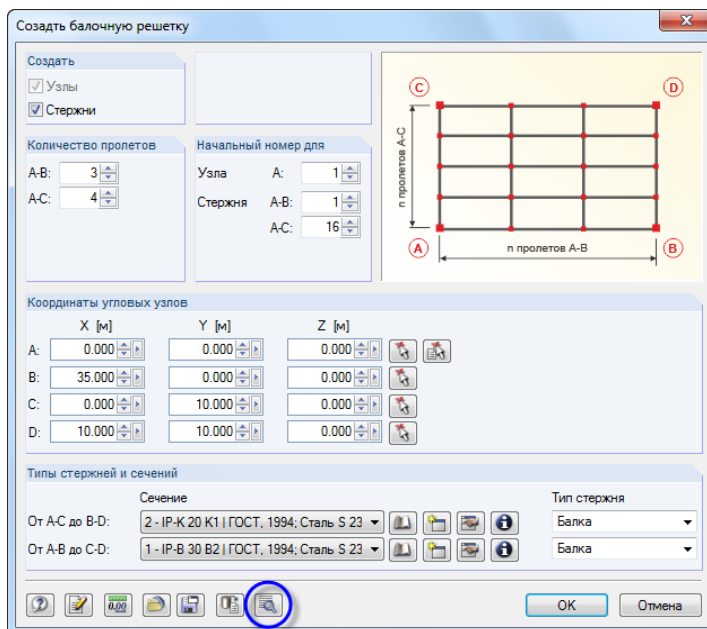


Рисунок 11.157: Диалоговое окно *Создать решетку*

Используйте этот генератор для создания моделей, которые имеют равномерную сетку (например, решетки). Они не должны быть разработаны с прямым углом, как показано в диалоговом изображении выше. Возможен любой вид модели пространственного четырехугольника с четырьмя угловыми точками. Чтобы создать "реальный" балочный рост-верк, рекомендуется установить *Тип модели* к **2D - в XY** в диалоговом окне модели *Общие данные* (см. раздел 12.2, страница 598).



Для создания нерегулярных сеток, используйте кнопку [Изменить дополнительные настройки], показанную слева.

Колонна

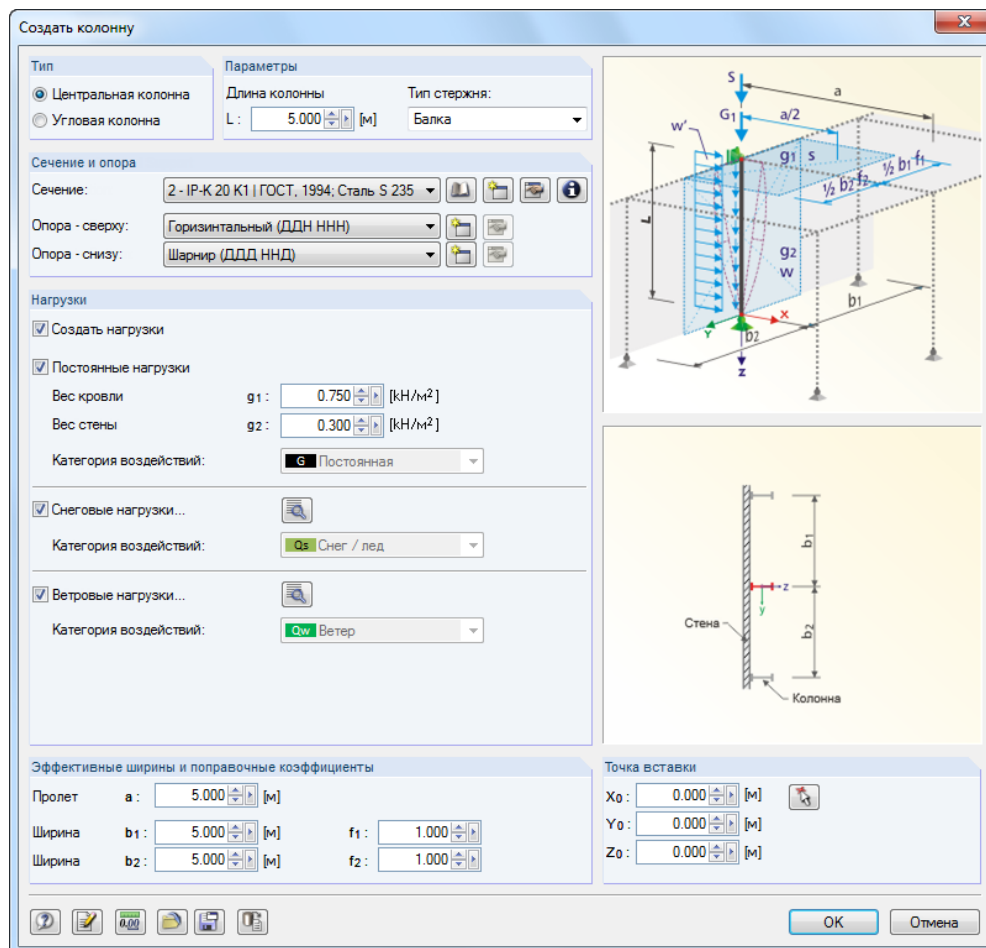


Рисунок 11.158: Диалоговое окно *Создать колонну*

В диалоговом разделе *Тип*, вы решаете, будет ли создаваться центральная или угловая колонна. В случае, когда вы хотите создать *Нагрузки*, вы должны определить их *Эффективные ширины* и *поправочные коэффициенты*. Для создания двускатной колонны требуется *Поле* для диапазона влияния в продольном направлении зала. Коэффициенты f_1 и f_2 используются для масштабирования геометрической ширины b_1 и b_2 для статической модели или для выполнения специальных требований нормы (например, коэффициент приращения нагрузки для отдельных расчётов).

Генераторы крыш



Пункт меню *Крыша* обеспечивает три генератора крыши, которые можно выбрать для создания плоских систем крыш, включая нагрузки. Кнопки [Настройки], доступные в диалоговых окнах крыши, помогут Вам определить ветровые и снеговые нагрузки (см. Рисунок 11.155, страница 550).

Крыша → Висячие стропила

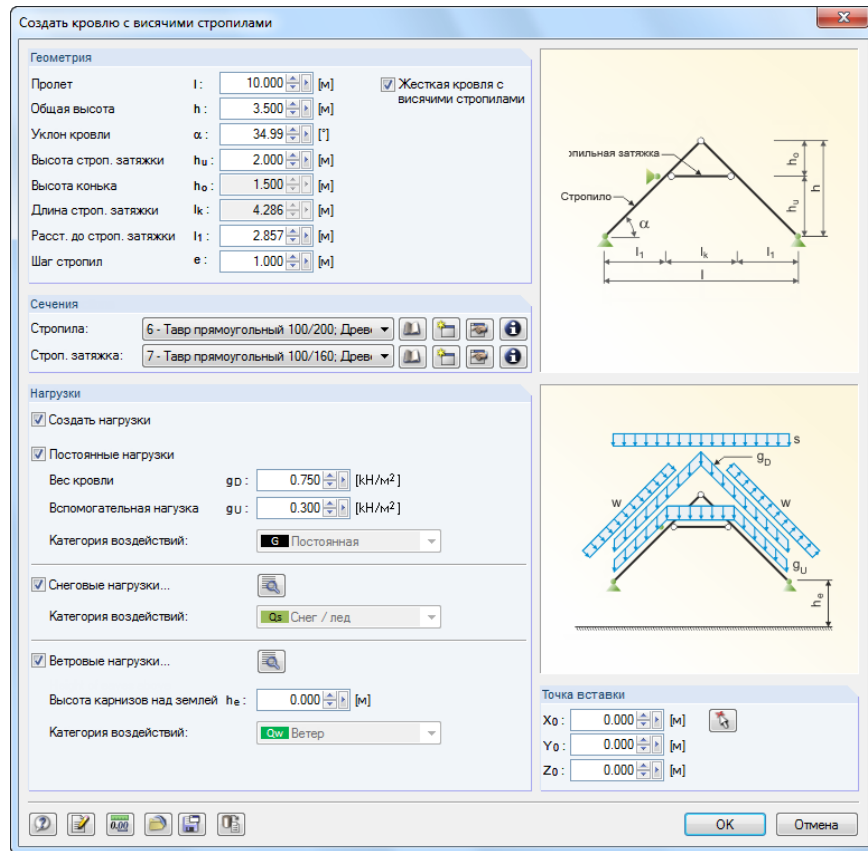


Рисунок 11.159: Диалоговое окно *Создать кровлю с висячими стропилами*

Крыша → Крыша из стропильных ферм

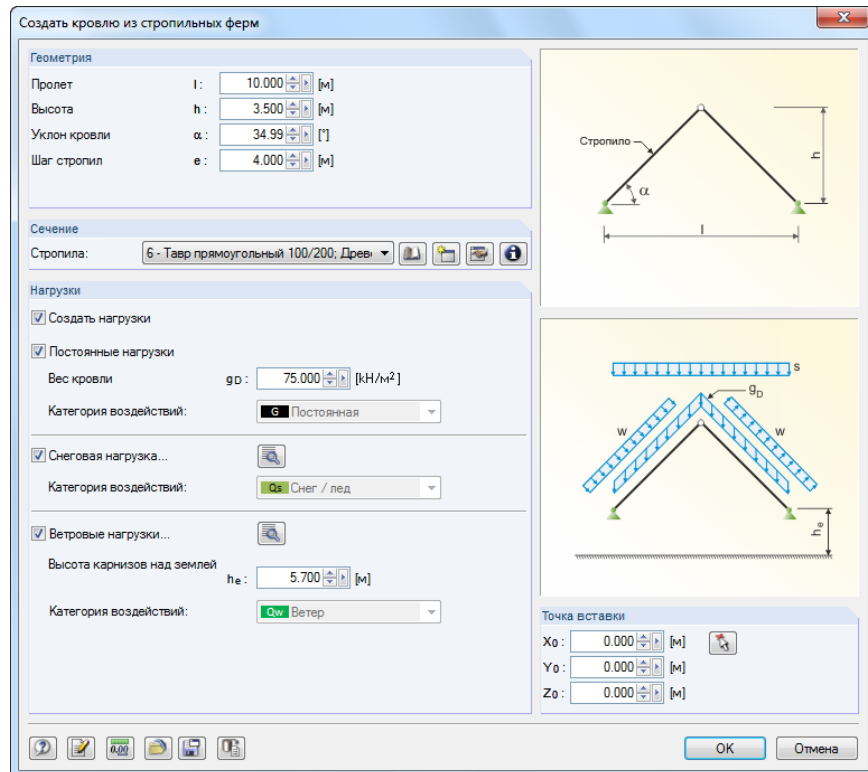


Рисунок 11.160: Диалоговое окно *Создать кровлю из стропильных ферм*

Крыша → Решетчатая крыша

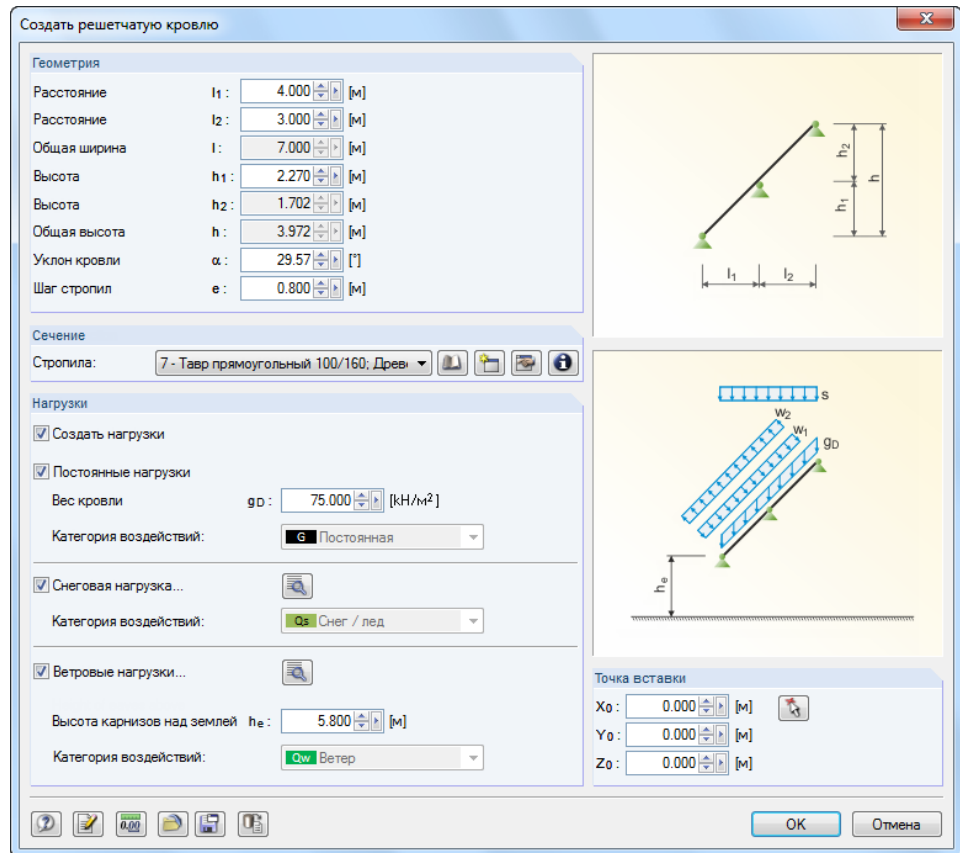


Рисунок 11.161: Диалоговое окно *Создать решетчатую кровлю*

Балка переменного сечения

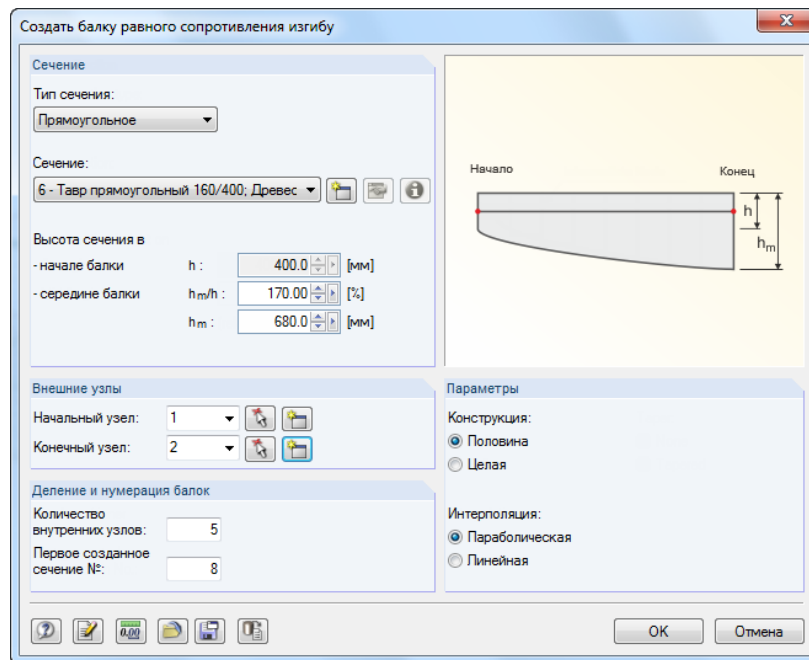


Рисунок 11.162: Диалоговое окно *Создать балку переменного сечения*

Для создания балки равного сопротивления изгибу обычно используемых в деревянных конструкциях, можно выбрать прямоугольник и типы его сечений (симметричные -балки) в списке *Тип сечения*.

3D Каркас

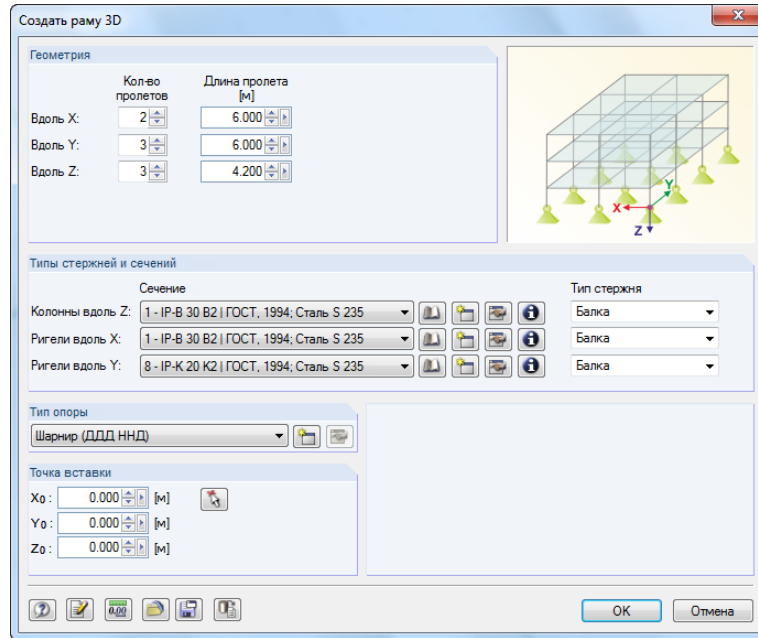


Рисунок 11.163: Диалоговое окно *Создать раму 3D*

Используйте этот генератор для создания регулярных моделей Каркасов. Столбцы рамы получают равные условия опоры.

3D помещение- зал

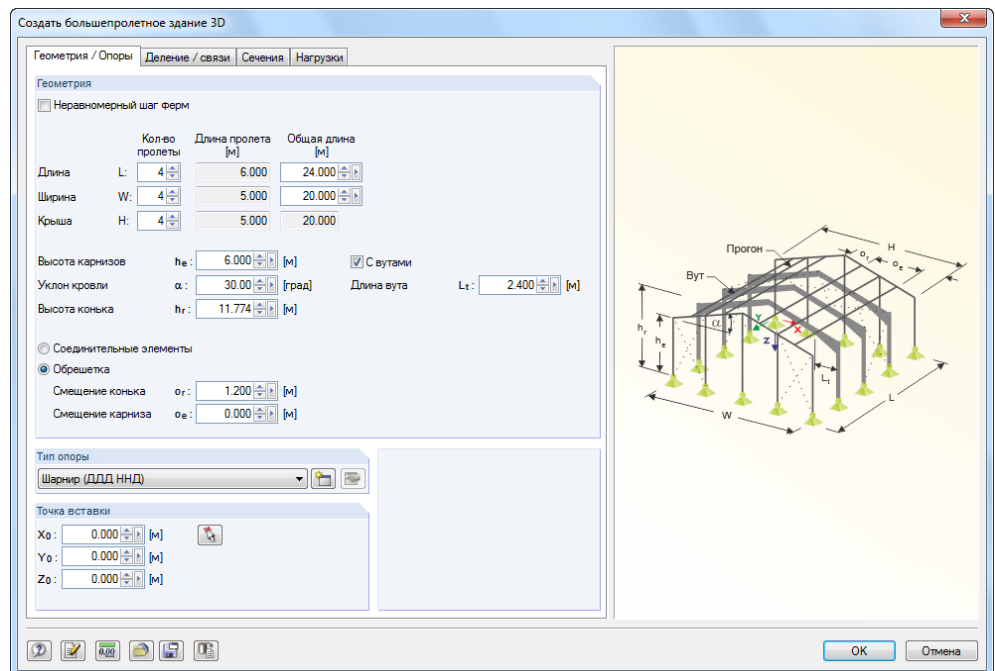


Рисунок 11.164: Диалоговое окно *Создать большепролетное здание 3D*

Этот комплексный генератор создает полный зал, включая нагрузки. Предоставляются четыре вкладки диалога: *Геометрия / Опоры* управляет геометрией системы, *Разделение /*

Связь контролирует нерегулярные расстояния сетки и расположение связей. В оставшихся двух вкладках определяются Сечения и Нагрузки.

3D ферма

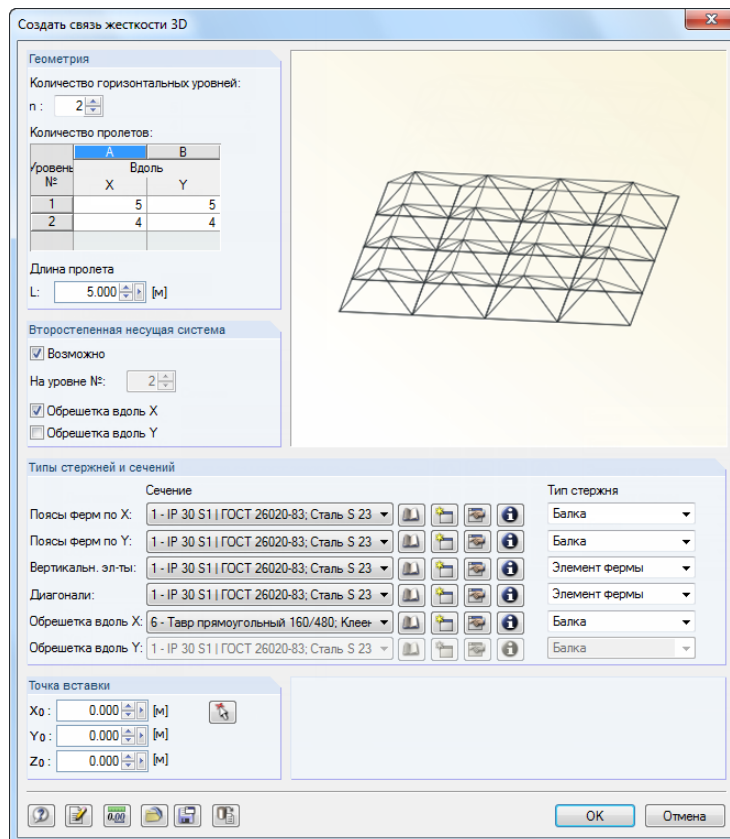


Рисунок 11.165: Диалоговое окно *Создать 3D ферму*

Используйте этот генератор для создания пространственной несущей конструкции в соответствии с системой *Бернауэра* (www.raumtragwerke.de).

3D ячейка

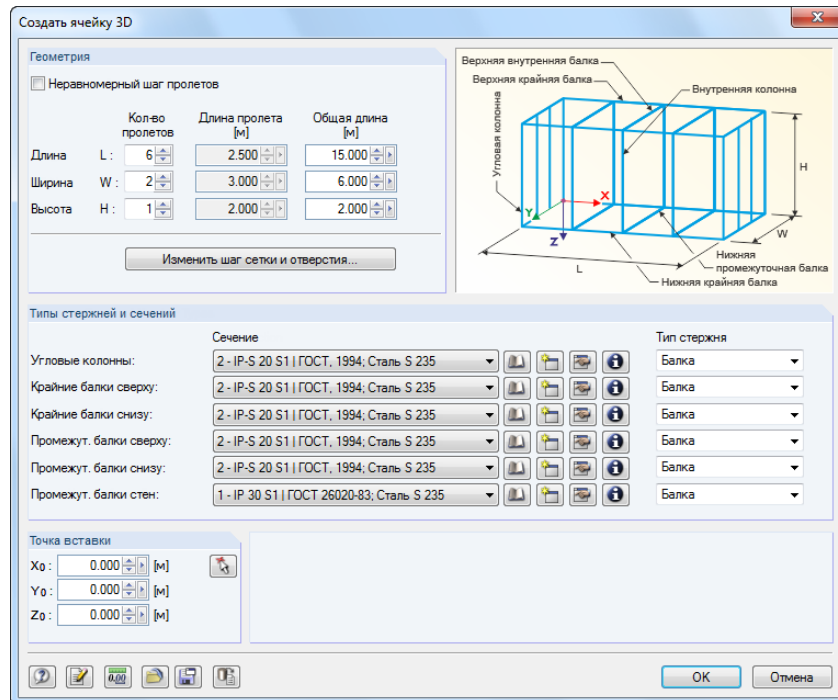


Рисунок 11.166: Диалоговое окно *Создать ячейку 3D*

Изменить шаг сетки и отверстия...

Генератор создает пространственную ячейку с несколькими полями. Используйте кнопку [Редактировать расстояния сетки и отверстия], чтобы открыть другое диалоговое окно, в котором можно определить отверстия, а также расположение сетки для нерегулярных интервалов поля.

Прямая лестница

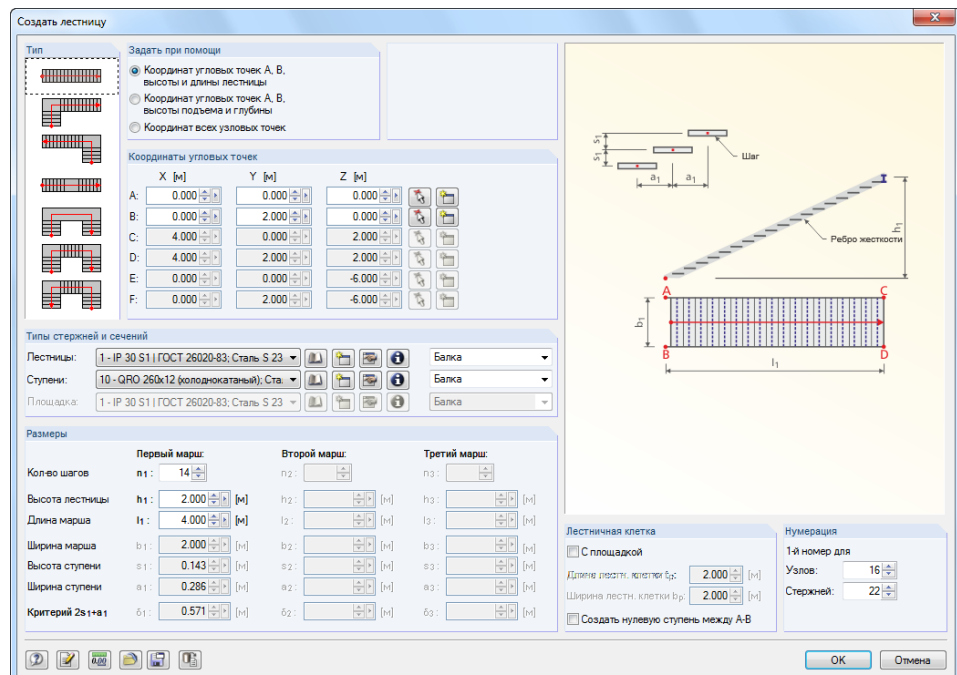


Рисунок 11.167: Диалоговое окно *Создать лестницу*

В списке, выберите *Тип*, контролирующий остальные параметры.

Винтовая лестница

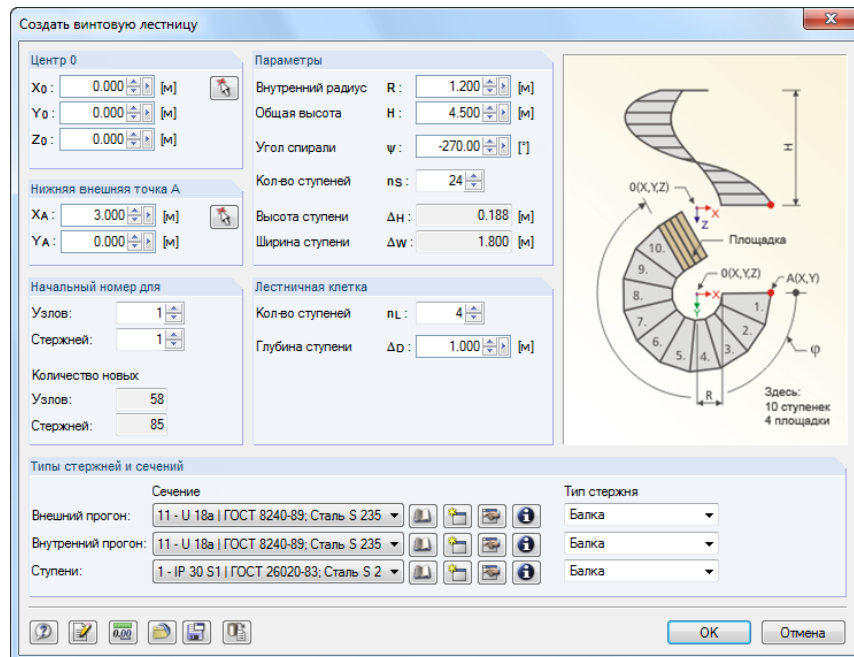


Рисунок 11.168: Диалоговое окно *Создать винтовую лестницу*

Линия

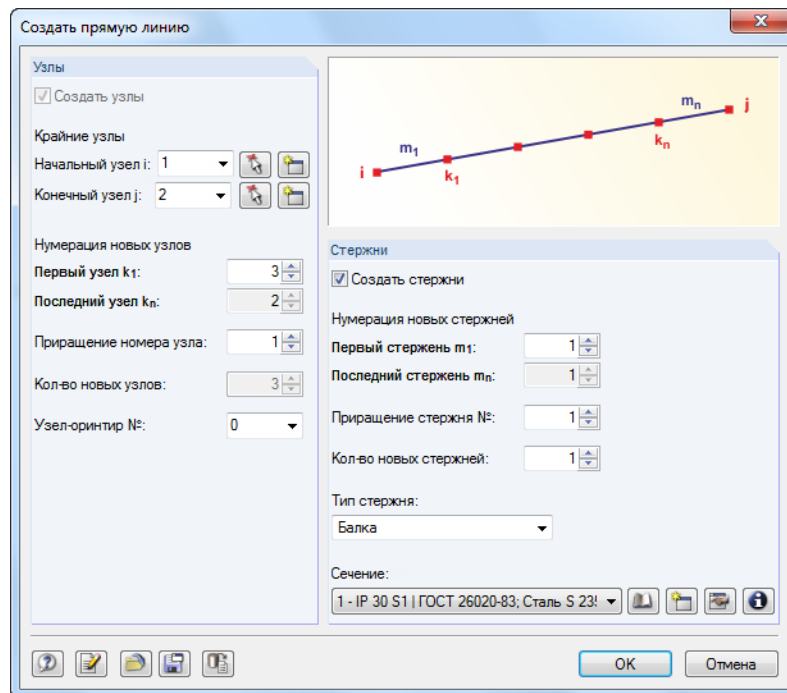


Рисунок 11.169: Диалоговое окно *Создать прямую линию*

Эта функция позволяет создавать прямые линии на основе новых или уже существующих узлов. Кроме того, можно создать только узлы, размещенные на воображаемой прямой линии.

Обычная дуга

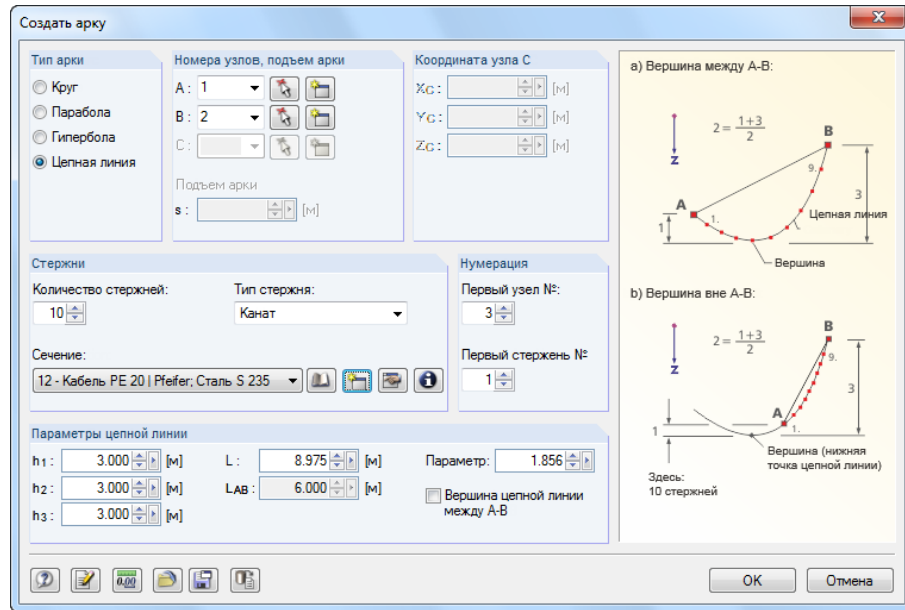


Рисунок 11.170: Диалоговое окно *Создать дугу*

Во-первых, определите *Тип дуги*: окружность, парабола, гипербола или цепная. Точки *A* и *B* представляют собой как краевые узлы дуги, точка *C* определяет его расположение. Прогиб определяется *Подъемом дуги*. Длина цепной линии определяется параметром *L*. Высоты h_1, h_2 и h_3 - синхронизированные значения. *Параметр* описывает постоянную *a* в следующем уравнении кривой контактной сети:

$$y(x) = a \cdot \cosh\left(\frac{x - v_x}{a}\right) + v_y \quad \text{где } v_x \text{ или } v_y : \text{смещения по } x \text{ или } y$$

Формула 11.1

Чем больше *Количество элементов*, тем более точнее будет смоделирована дуга как полигональная линия.

Дуга окружности

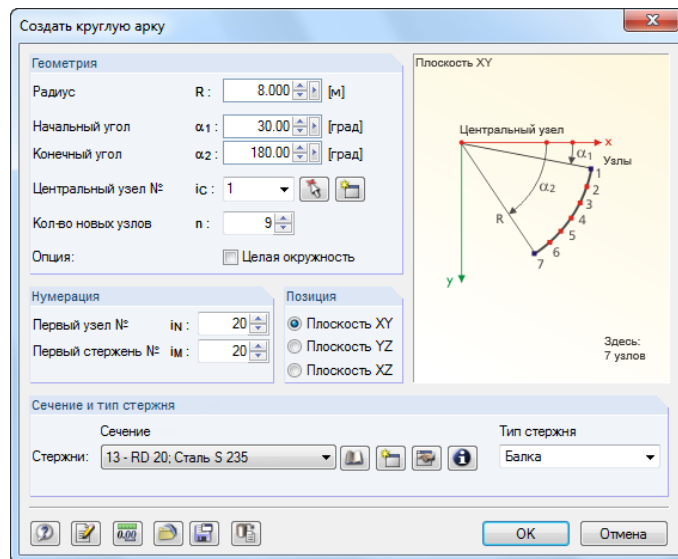


Рисунок 11.171: Диалоговое окно *Создать круглую дугу*

Окружность или круглая дуга определена *Радиусом*, и углами. Объект будет создан вокруг центральной точки, которую можно выбрать в любом месте в одной из глобальных плоскостей.

Сфера

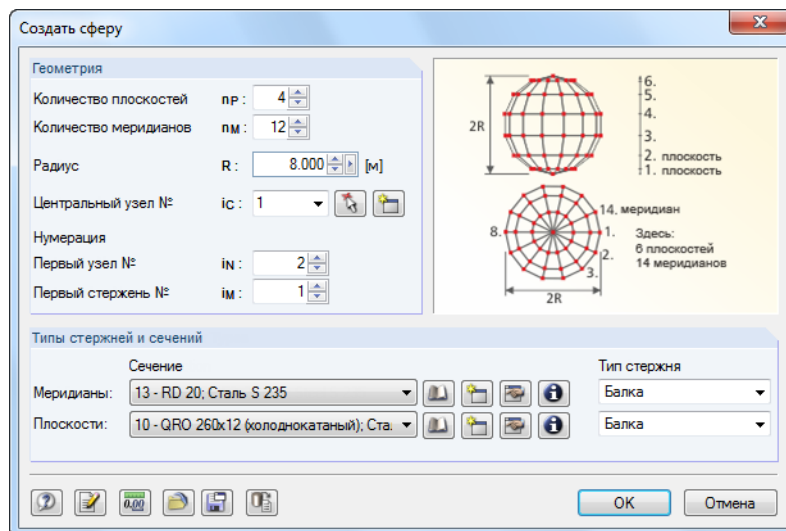


Рисунок 11.172: Диалоговое окно *Создать сферу*

Чем больше *Количество плоскостей* и *меридианов*, тем более круглая форма сферы будет создана. Полигональные линии представляют сферическую форму, в которой каждый элемент представляет сегмент.

Укрепление в ячейках

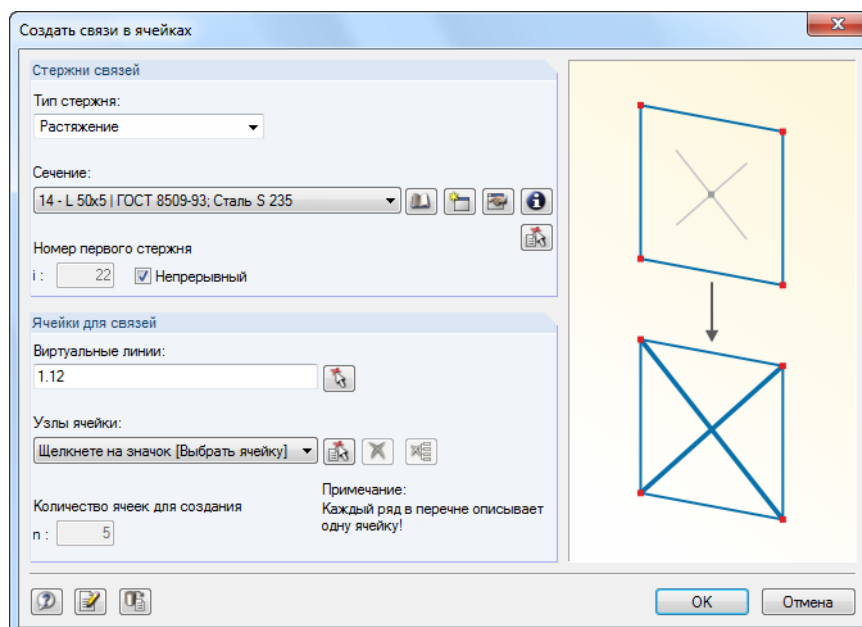


Рисунок 11.173: Диалоговое окно *Создать связи в ячейках*



Ячейки определяются четырьмя угловыми узлами, заключенными элементами по всем сторонам и размещенными в одной плоскости. В диалоговом окне генератора укажите *Элемента связи* и *Ячейки для связи*. Можно также использовать [^] функцию для выбора их в рабочем окне, нажав на перекрещивающиеся ячейки.



Кроме того, *Виртуальные линии* позволяют закрыть ячейки таким образом, чтобы анкеры могли быть созданы, например, между опорами стен.

11.7.2.2 Поверхности

Сводчатая верхушка в соответствии с DIN 28 011 или DIN 28 013

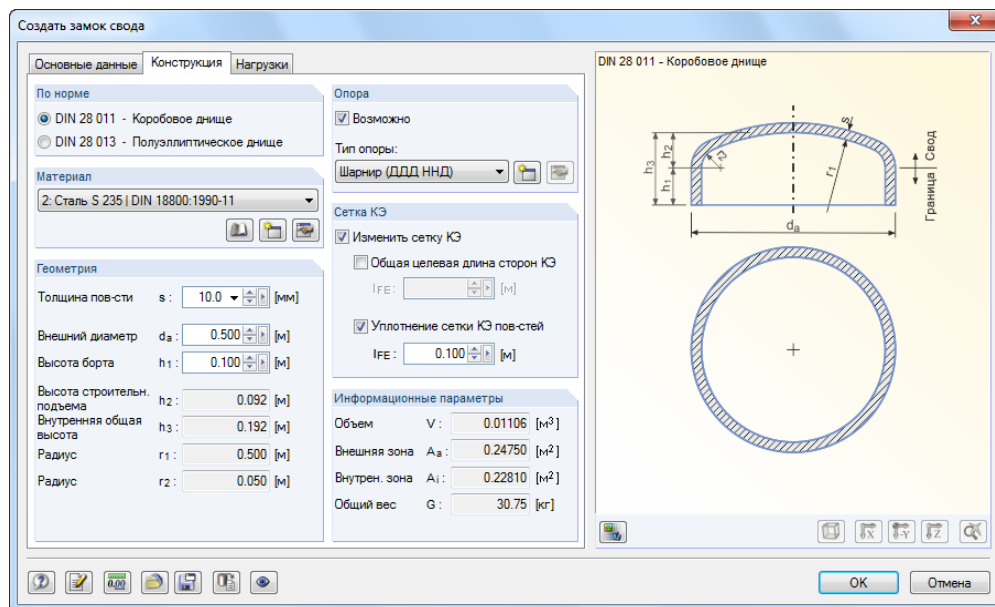


Рисунок 11.174: Диалоговое окно *Создать замок свода*, таблица *Конструкция*

Для создания сводчатой верхушки, программа RFEM предлагает Вам нормативные варианты *Коробовой верхушки* и *Полуэллипсоидальной верхушки*. После того, как опорная точка для размещения верхушки установлена на вкладке *Общие данные*, можно определить параметры материала и генератора для толщины поверхности, наружного диаметра и высоты границы во вкладке диалога *Конструкция*. Кроме того, можно указать избыточное давление, как поверхностную нагрузку для генерации во вкладке диалога *Нагрузки*.

Цилиндрическая крыша

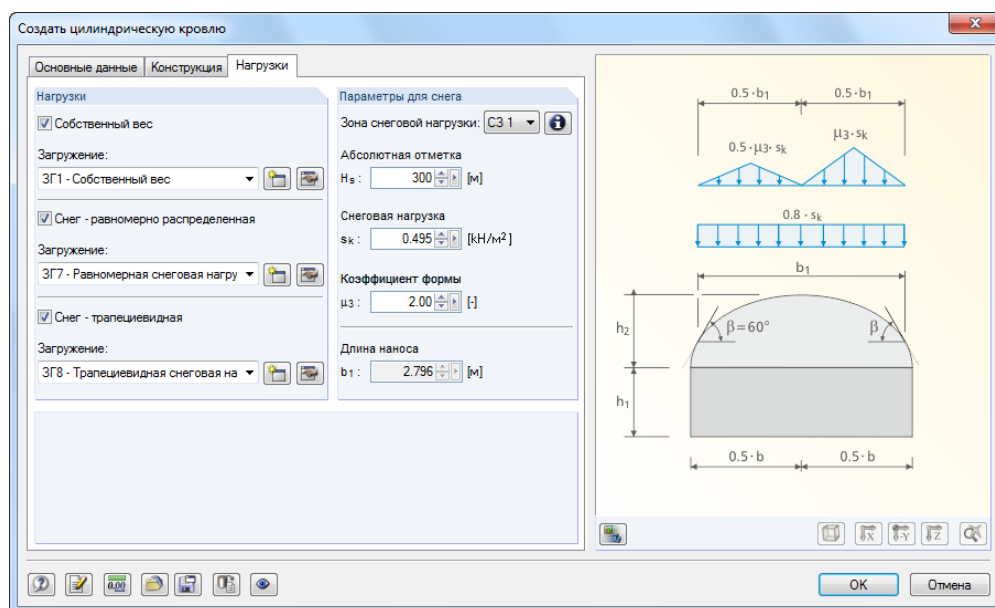


Рисунок 11.175: Диалоговое окно *Создать цилиндрическую кровлю*, таблица *Нагрузки*

Определите параметры цилиндрической крыши в диалоговых вкладках *Основа* и *Конструкция*. Во вкладке *Нагрузки*, введите необходимые данные для создания загрузений от снеговой нагрузки.

Куполообразная крыша

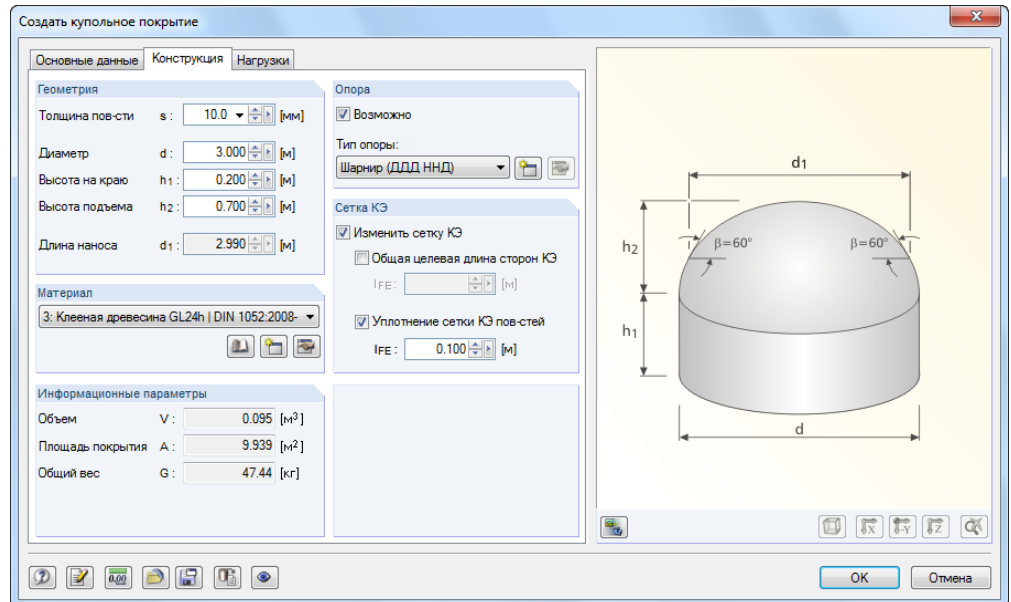


Рисунок 11.176: Диалоговое окно *Создание куполообразной крыши*, вкладка *Конструкция*

Определите параметры куполообразной крыши в диалоговых вкладках *Основа* и *Конструкция*. Во вкладке *Нагрузки*, введите необходимые данные для создания загрузений от снеговой нагрузки.

Поверхности из ячеек

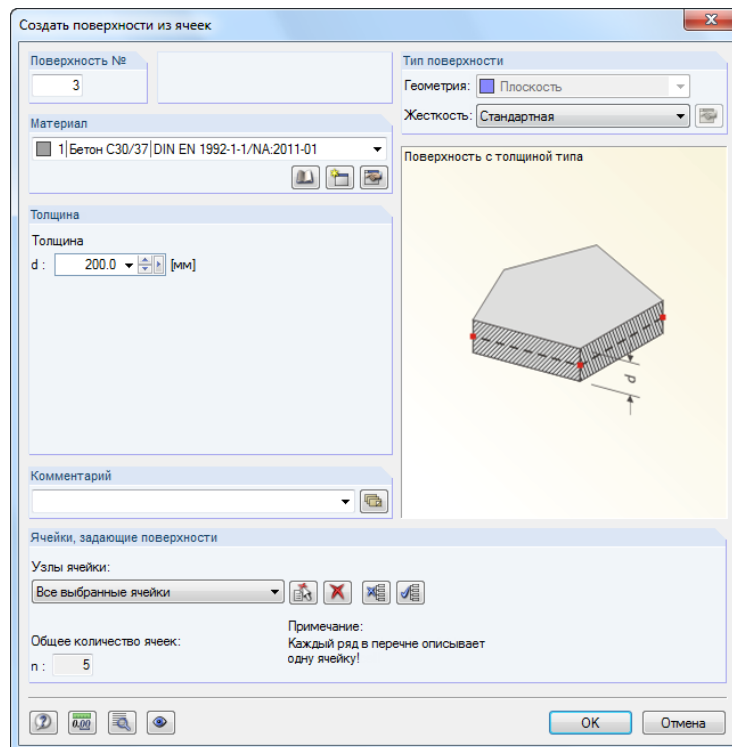


Рисунок 11.177: Диалоговое окно *Создать поверхности из ячеек*



Ячейки состоят как минимум из трех угловых узлов. Они заключены линиями или элементами на всех сторонах и размещены в одной плоскости. Чтобы заполнить ячейки с поверхностями, определите *Материал* и *Толщину* поверхности в первую очередь. Затем выделите ячейки в графическом виде с помощью [↶] функции, нажав крестик ячейки в рабочем окне.

11.8 Генераторы нагрузки

Вторая группа генераторов позволяет применять элементы и нагрузки на площадь: с одной стороны, можно преобразовать нагрузки на площадь (например, снег, ветер), действующие на конструктивную систему в элемент и поверхностные нагрузки. С другой стороны, можно конвертировать свободные нагрузки на линии и покрывающие нагрузки от мороза в нагрузки элементов.

Чтобы открыть диалоговые окна для генерирования элементов и поверхностных нагрузок,

выберите **Создать нагрузки** в **Инструменты** меню.

11.8.1 Общие характеристики

Настройки для генерирования нагрузки



Многие диалоговые окна генератора предлагают вам кнопку [Настройки] (см. Рисунок Рисунок 11.184, страница 567), которая открывает диалоговое окно *Настройки для создания нагрузки*, используемые для управления допусками для интеграции узлов в плоскости нагрузки и для исправления сгенерированных нагрузок.

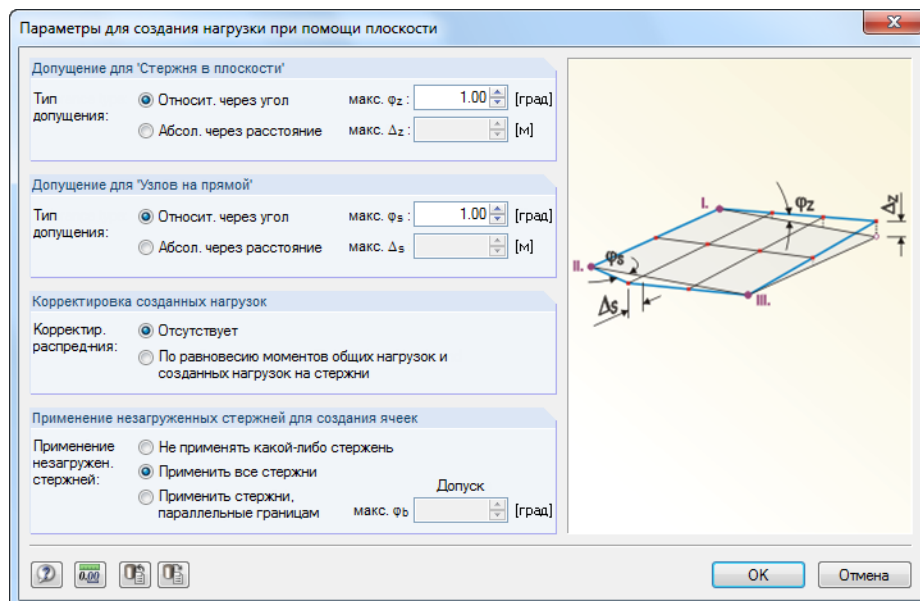


Рисунок 11.178: Диалоговое окно *Параметры для создания нагрузки через плоскость*

Технические характеристики в диалоговых окнах настроек действительны для всех генераторов нагрузки элементов. *Допуск* определяет условия, при которых элементы или узлы считаются принадлежащими к плоскости или линии. Настройки можно вводить с помощью угла или расстояния. Если узлы лежат в заданных предельных величинах, программа RFEM распознает ячейки и генерирует нагрузки.

Раздел диалога *Корректировка созданных нагрузок* позволяет сравнивать имеющиеся нагрузки на площади с определёнными нагрузками элементов. Контрольные суммы, отображаемые в диалоговых окнах, появляющихся после создания нагрузки и перед

окончательным превращением в нагрузки элементов, будут выполнены (см. Рисунок 11.188, страница 570). В случае незначительных различий, вы должны сделать коррекцию распределения в соответствии с *моментом равновесия*. При этом:

$$\int_{L_{\text{cell}}} (q_{\text{member}} + q_{\text{correct}}) dL = \int_{S_{\text{cell}}} q dS \quad \text{Баланс сил}$$

$$\int_{L_{\text{cell}}} (q_{\text{member}} + q_{\text{correct}}) r dL = \int_{S_{\text{cell}}} q r dS \quad \text{Момент равновесия}$$

где $r = (x, y)$

Расстояние до центра тяжести ячейки

При исправлении сгенерированных нагрузок с помощью *момента равновесия*, момент формируется из нагрузок на площадь в центре тяжести, а затем сравнивается с моментом от нагрузок элементов в центре тяжести. Для упрощения, можно себе представить коррекцию момент как пересчет опорных сил. Данная опорная сила будет применяться в качестве нагрузки на линии к элементу. Воспользуйтесь данной возможностью коррекции для создания нагрузок, например, трапециевидных нагрузок элементов от переменных нагрузках на площадь.

Настройки в диалоговом разделе *Использование незагруженных элементов для создания ячейки* в первую очередь касается элементов, которые лежат в наклонном положении в рамках модели. В ходе генерации нагрузки, общая площадь загрузки будет определяться в первую очередь. Затем программа RFEM рассматривает элементы, которые охватывают ячейки. Далее, ячейки вычитаются из общей площади. При исключении элемента из нагрузки (опция *Удалить влияние от* элементов, см. ниже), программа RFEM перенесет свою нагрузку на остальные элементы плоскости или ячейки.

Теперь, три варианта описаны на примере конструкции платформы. Мы хотим применить только нагрузки от движения к элементам, работающим в направлении X. Как и Y-параллельные элементы, склонные элементы исключены из приложения нагрузки, но в зависимости от установки, они влияют на создание нагрузок элементов.

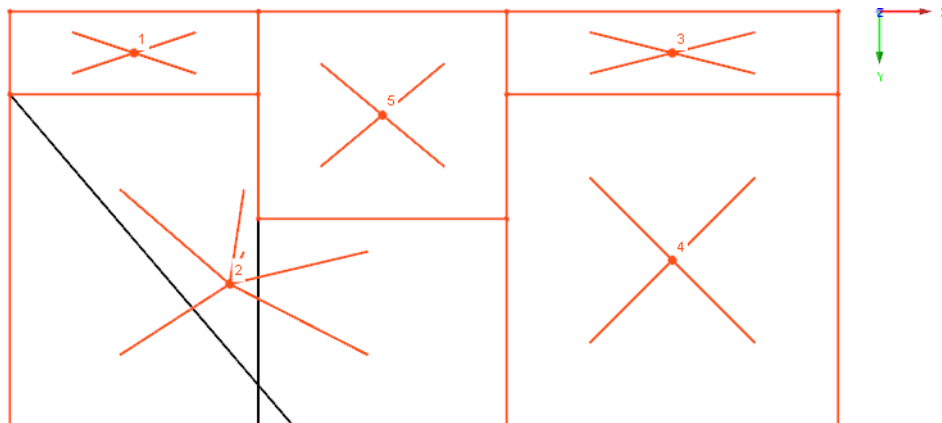


Рисунок 11.179: Конструкция платформы с ячейками для создания нагрузки

- *Не используйте какой-либо элемент*: Нагрузка применяется равномерно на краевые элементы и промежуточные элементы. С помощью этой установки все исключенные элементы игнорируются, а это значит, применяются для внутреннего распределения нагрузки. После расчёта площади ячейки, нагрузка распределяется на разрешенные элементы ячейки.

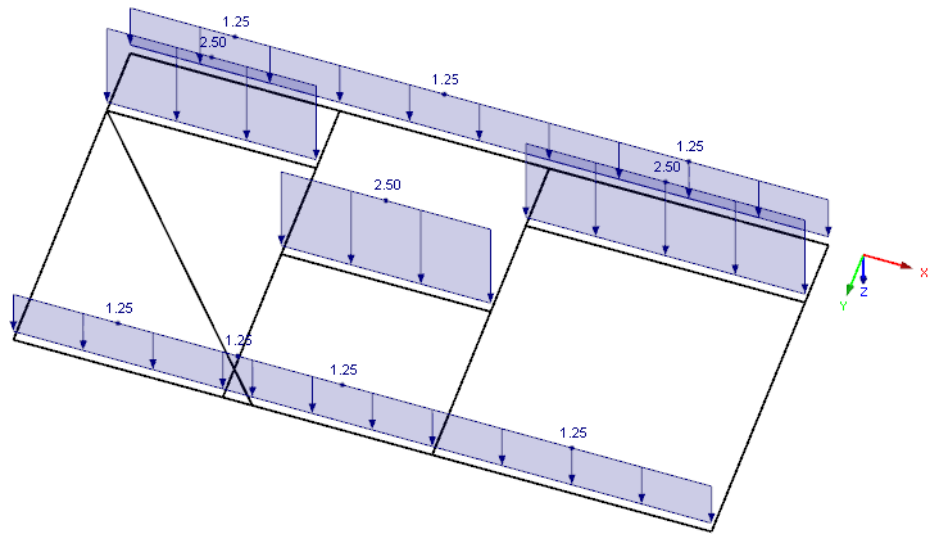


Рисунок 11.180: Результат для Не применять какой-либо элемент

- **Используйте все элементы:** Все незагруженные элементы исключаются для генерации нагрузки. Существует еще одна небольшая проблема в распределении нагрузки из-за большой, генерируемой ячейки 2.

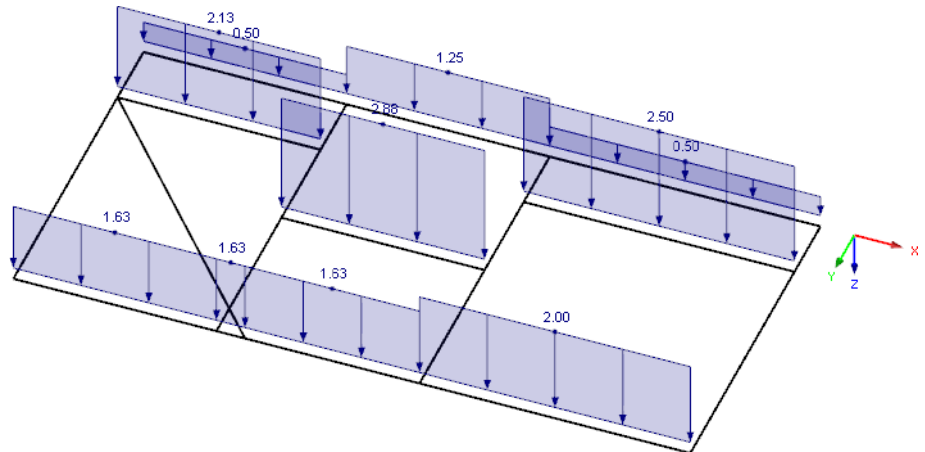


Рисунок 11.181: Результат для Применить все элементы

- **Используйте элементы параллельно границе:** Таким образом, можно исключить элементы, лежащие в наклонном положении. Если предельный угол между элементами ϕ_b ограничивается 40.55° в диалоговом окне *Параметры* (см. Рисунок Рисунок 11.178, страница 563), то нагрузка будет генерироваться, как ожидалось.

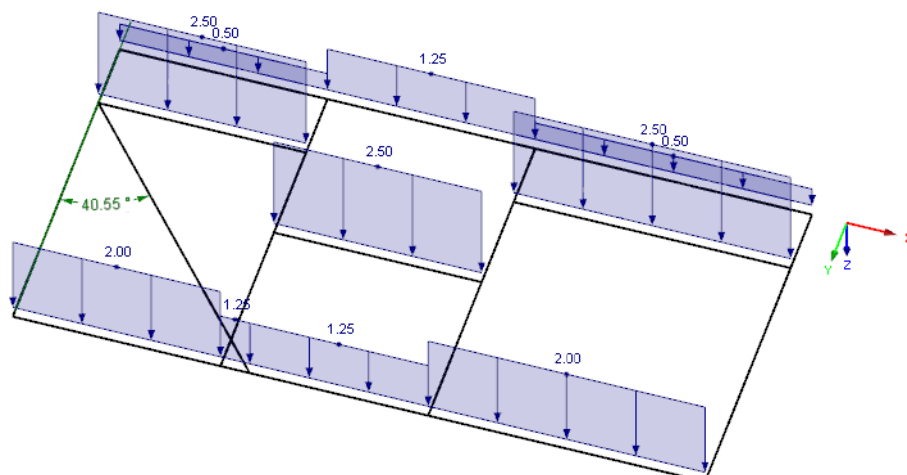


Рисунок 11.182: Результат для Применить элементы параллельно границе

Дополнительное редактирование сгенерированных нагрузок

После подтверждения диалогового окна генератора вы найдете сгенерированные нагрузки, передаваемые для таблицы нагрузки 3.14. Дополнительная запись *Сгенерированные нагрузки* появляется в навигаторе *Данные* (см. Рисунок 6.52, страница 270). Параметры генератора не будут потеряны, поскольку оригинальные диалоговые окна остаются доступными как объекты ввода для изменений. Чтобы открыть исходное диалоговое окно снова, дважды щелкните одну из записей в навигаторе. Можно также дважды щелкнуть сгенерированную нагрузку в рабочем окне. Появится исходное диалоговое окно, в котором можно настроить параметры.

Но если вы хотите изучить сгенерированные нагрузки как изолированные объекты нагрузки, вы должны освободить нагрузки из общей концепции и разделить их на их компоненты. Доступ к этой функции можно получить в контекстном меню нагрузки, которое можно открыть, щелкнув правой кнопкой мыши на сгенерированную нагрузку. Выберите *Отделить сгенерированную нагрузку* в контекстном меню, чтобы создать отдельные нагрузки (см. Рисунок ниже).

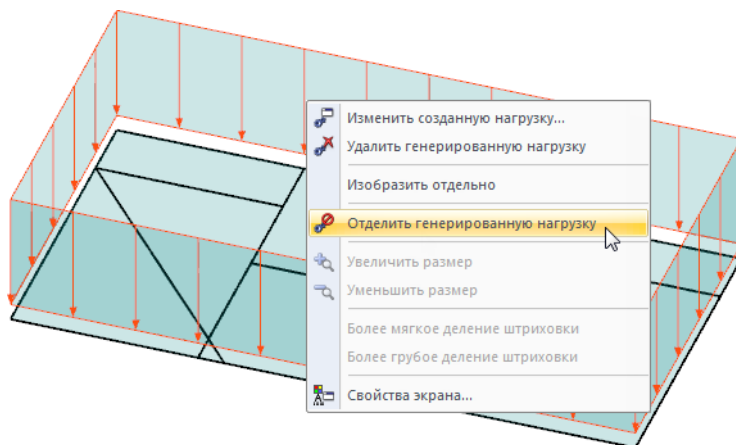


Рисунок 11.183: Контекстное меню сгенерированной нагрузки

Можно также использовать контекстное меню сгенерированной нагрузки в *Данные* навигаторе.

11.8.2 Нагрузка на стержни/линии из нагрузки на площадь



11.8.2.1 Генерирование нагрузки из нагрузки на площадь с помощью плоскости

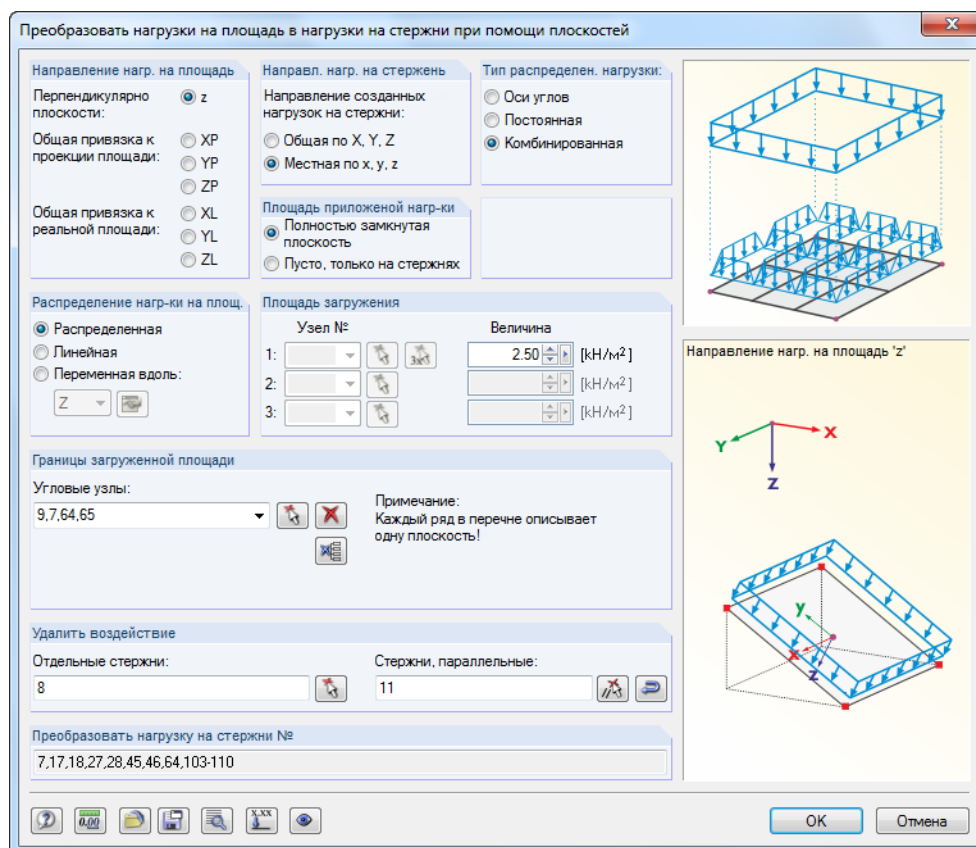


Рисунок 11.184: Диалоговое окно *Преобразовать нагрузки на площадь в нагрузки на элемент с помощью плоскостей*

Направление нагрузки на площадь

Решите, действует ли нагрузка перпендикулярно плоскости или глобально связана с реальной площадью или площадью проекции. Диалоговая графика в правом углу иллюстрирует выбранное направление нагрузки.

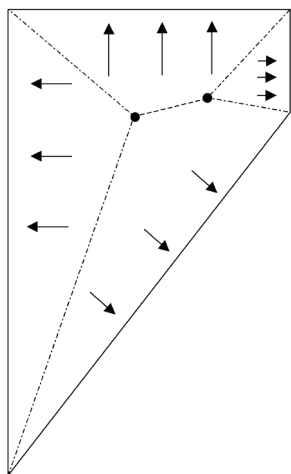
Направление нагрузки на стержне

Сгенерированные нагрузки на элемент могут быть установлены как глобальные или локальные нагрузки (см. раздел 6.2, страница 238). Разница особенно важна для нелинейных расчётов.

Площадь приложения нагрузки

У вас есть два варианта выбора. Выберите *Целая замкнутая плоскость*, когда поверхность существует в плоскости нагрузки между элементами (например, стена или поверхность крыши), не представленными в модели RFEM. В этом случае, программа RFEM преобразует область нагрузки, которая действует по всей плоскости, элементам. Но если конструкция состоит только из элементов (например, решетки башни), выберите опцию *Пусто, только на стержнях*. Затем, программа RFEM изменяет только эффективную площадь или площадь проекции, которая предоставляется сечениями элементов как "поверхность приложения нагрузки". Нагрузка будет применяться с учетом направления элементов.

Тип распределения нагрузки



Вы сами решаете, как компоненты нагрузки на площадь будут назначены элементам. Выберите *Оси углов* для полигонов, которые не имеют угол, больше развернутого. Точки пересечения биссекторной линий будут подключены таким образом, что области применения создаются, как показано на рисунке слева. Таким образом, можно распределить нагрузку на площадь четко элементам без неоднозначности.

Метод оси угла не применяется для плоскостей с углами, больше развернутых, или для полигонов. В таких случаях, установите тип распределения нагрузки на *Постоянная*. В дополнение к угловым биссектрисам, программа RFEM также определяет центр тяжести плоскости. Если точки пересечения биссекторной линий лежат в передней части центра тяжести, будут созданы треугольные площади применения. Если они лежат за центром тяжести, линия, которая параллельна элементу, будет обращена через центр тяжести, образуя область применения с обеими угловыми биссектрисами.

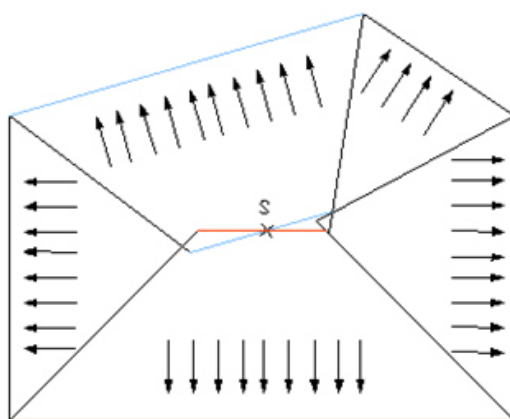


Рисунок 11.185: Тип распределения нагрузки *Постоянная*

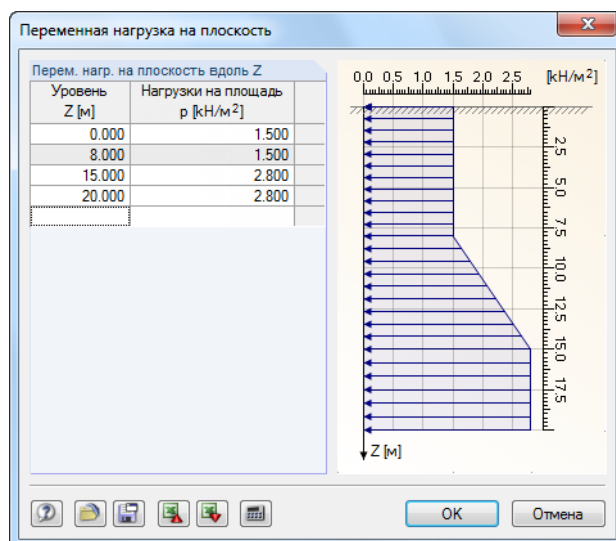
Использование этого метода приводит к тому, что площади либо не учтены или применяются дважды. Отсутствующая или оставшаяся сумма будет умножена на постоянную, так что сумма площади и нагрузок элементов равна.

Опция *Комбинированный* определяет областей применения треугольников, четырехугольников и многоугольников в соответствии с методом угловых осей, где это возможно. Если метод не может быть использован, программа RFEM автоматически переключается на распределение постоянной нагрузки. Таким образом, комбинированный метод устанавливается по умолчанию; программа RFEM автоматически выберет подходящий способ.

Распределение нагрузки на площадь



Нагрузка может действовать на области как *Равномерная* или *Линейная* переменная нагрузка. Кроме того, можно определить площадь нагрузок, действующих свободно *Переменных в направлении* глобальной оси (например, ветровая нагрузка, зависящая от высоты). Используйте кнопку [Редактировать], чтобы открыть диалоговое окно, в котором можно определить параметры нагрузки как функции уровней высоты.

Рисунок 11.186: Диалоговое окно *Переменная нагрузка на плоскость*

В левом столбце таблицы введите глобальные координаты *Уровня*. Настройте соответствующие значения *Области нагрузки* справа. Изображение представляет текущее состояние ввода данных.



Когда свободно переменные нагрузки установлены, вы должны выбрать коррекцию распределения в соответствии с моментом равновесия в диалоговом окне *Параметры* (см. Рисунок 11.178, страница 563). В противном случае, будут генерироваться постоянные нагрузки элементов.



Величина нагрузки на площадь

Когда нагрузка действует равномерно по площади, введите значение нагрузки в доступном поле ввода. Для линейно переменных нагрузок укажите три номера узлов с соответствующими нагрузками. Можно также использовать [^] функцию, чтобы выбрать узлы в графическом виде в рабочем окне.



Ограничение плоскости нагрузки поверхности

Граница устанавливается угловыми узлами плоскости. Используйте [^] функцию и нажмите на соответствующие узлы один за другим в рабочем окне. Плоскость будет отмечена в выборе цветом. Полностью введенная плоскость будет обозначена голубым цветом. Для определения плоскости требуются, по крайней мере, три узла. Область не должна быть заключена линиями или элементами на всех сторонах.

Можно определить различные плоскости, которые потом появляются в списке *Угловые узлы*.



Если диалоговое окно открыто неоднократно, последние введенные плоскости могут быть предварительно установлены в списке *Угловые узлы*. Чтобы избежать присвоения двойных нагрузок непреднамеренно этим плоскостям, рекомендуется очистить список в этом случае с помощью кнопки [Удалить все плоскости нагрузки на площадь].



Удалить влияние стержней

В разделе диалога *Удалить воздействие*, можно исключить элементы из приложения нагрузки (например, прогоны или соединения). Выбор осуществляется от элемента к элементу, с помощью ввода шаблона элемента, который параллелен элементам без нагрузок. Опять же, рекомендуется использовать [^] функцию для графического выбора.



Нажмите кнопку [Настройки], показанную на рисунке слева, чтобы открыть Диалоговое окно *Настройки для создания нагрузки* (см. Рисунок 11.178, страница 563). Затем, можно

регулировать допуск для интеграции узлов в плоскости нагрузки или исправить сгенерированные нагрузки.



Используйте кнопку [Связать поправочные коэффициенты нагрузок] для масштабирования нагрузки для отдельных элементов. Таким образом, можно рассмотреть, например, эффекты непрерывности обшивки крыши на краю стропил в целях получения снижения нагрузок стержней. Откроется следующее диалоговое окно.

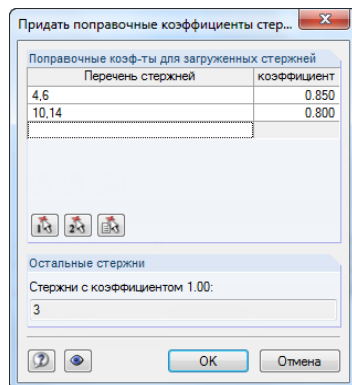


Рисунок 11.187: Диалоговое окно *Придать поправочные коэффициенты стержням*



Используйте [^] кнопки для выбора элементов в рабочем окне. Затем, можно масштабировать их с помощью *Коэффициента*.

Нажмите [OK], чтобы начать генерацию нагрузок стержней. Появится вид с информацией о ячейках и нагрузках.

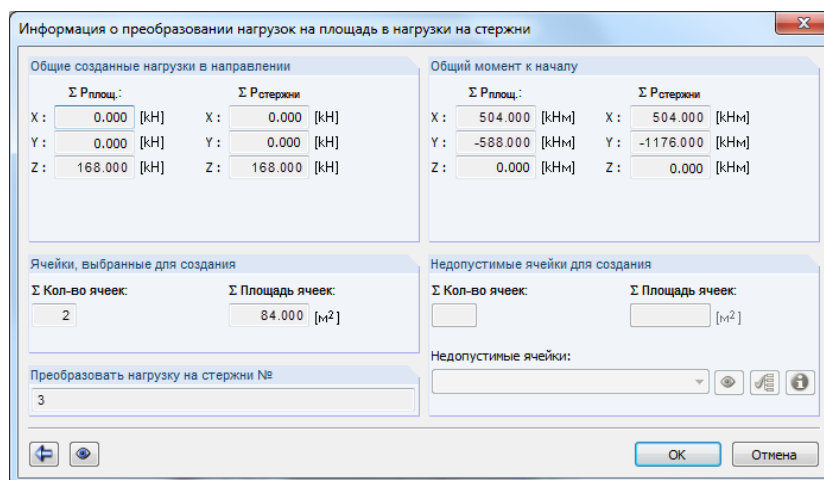


Рисунок 11.188: Диалоговое окно *Инфо о конверсии области нагрузки на нагрузки элементов*



Если в списке перечислены недопустимые ячейки, программа RFEM не сможет назначить нагрузки без двусмысленности. Используйте кнопку [Показать актуальную недопустимую ячейку], чтобы выделить ячейку в графике. Чтобы показать список причин, из-за которых ячейки недействительны, нажмите кнопку [Инфо]. Часто удаленные границы ячейки (это означает краевые элементы, исключенные из приложения нагрузки) или пересекающихся элементы, которые не соединены, несут ответственность за неисправности, возникшие при преобразовании нагрузки.



В разделе диалога *Общий момент к началу*, определённые нагрузки элемента сравниваются с примененными нагрузками на площадь. В случае возникновения разногласий, можно использовать кнопку [Назад], чтобы открыть начальное диалоговое окно, в котором можно изменить параметры. Технические характеристики могут быть скорректиро-

ваны в диалоговом окне *Настройки для создания нагрузки* (см. Рисунок 11.178, страница 563), доступ к которым можно получить с помощью кнопки [Настройки].

Кнопки в левом нижнем углу информационного окна имеют следующие функции:



Кнопка	Описание
	Диалоговое окно <i>Преобразовать нагрузки на площадь в нагрузки на элемент</i> открывается снова для настройки параметров генерирования нагрузки.
	Программа RFEM показывает рабочее окно, где можно изменить вид (режим просмотра). Чтобы вернуться в окно <i>Инфо</i> , щелкните правой кнопкой мыши в рабочем окне или используйте клавишу [Esc].

Таблица 11.15: Кнопки в информационном окне для преобразованных нагрузок элементов

11.8.2.2 Генерирование нагрузки из нагрузки на площадь с помощью ячеек

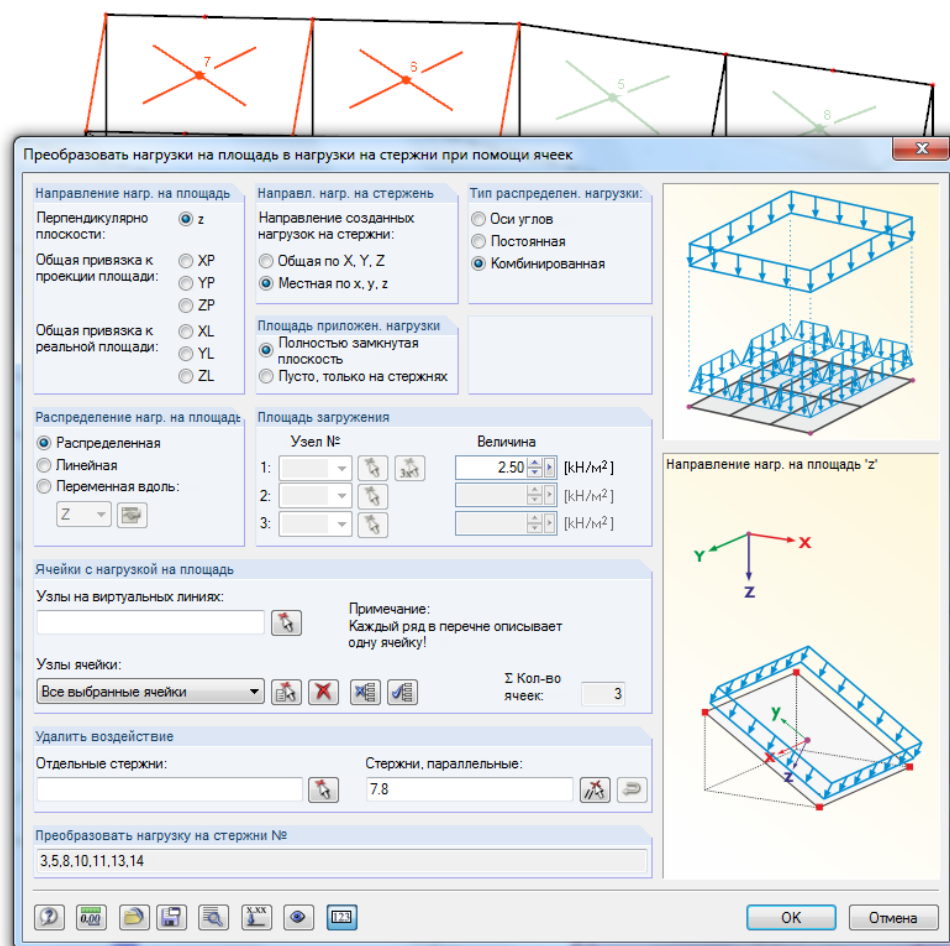


Рисунок 11.189: Диалоговое окно *Преобразовать нагрузки на площадь в нагрузки на элемент с помощью ячеек*

Это диалоговое окно аналогично диалоговому окну *Преобразовать нагрузки на площадь в нагрузки на элемент с помощью ячеек*, описанному на странице 567. Программа RFEM уже проверяет существование клеток в модели при открытии диалогового окна. Доступные ячейки представлены пересечениями ячеек. Ячейки представляют собой области, определённые тремя или более угловыми узлами, заключёнными элементами по всем сторонам и размещёнными в одной плоскости.



Генератор нагрузки через ячейки не может быть использован для ветровых нагрузок, например, на стене зала с колоннами: Программа RFEM не признает никаких ячеек, потому между опорами отсутствуют элементы. В таком случае, можно создать *Виртуальные линии*, нажав на начальный и конечный узел с помощью [↖] функции. Таким образом, ячейки закрыты искусственно и могут быть узнаны генератором.



Узлы *ячейки* можно выбрать с помощью [↖] один за другим в изображении. После генерации появляется вид с информацией о ячейках и нагрузках.



Нажмите кнопку [Настройки], показанную на рисунке слева, чтобы открыть Диалоговое окно *Настройки для создания нагрузки* (см. Рисунок 11.178, страница 563). Затем, можно регулировать допуск для интеграции узлов в плоскости нагрузки или исправить сгенерированные нагрузки.

11.8.2.3 Генерирование нагрузки из нагрузок на площадь на отверстиях

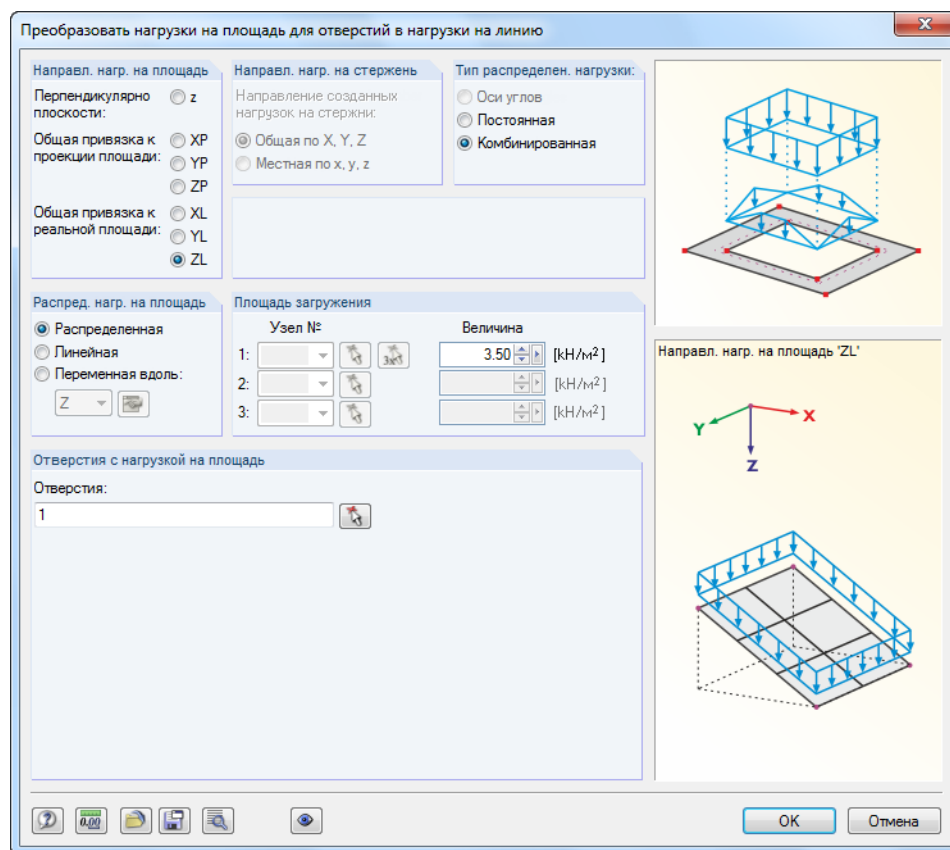


Рисунок 11.190: Диалоговое окно *Преобразовать нагрузки на площадь на отверстиях в нагрузки на линию*

Данное диалоговое окно напоминает диалоговое окно *Преобразовать нагрузки на площадь в нагрузки на элемент с помощью плоскостей*, описанное на странице 567. В верхних разделах диалога, можно определить различные параметры нагрузки.



В поле ввода раздела диалога *Отверстия с нагрузкой на площадь*, введите номера отверстий. Можно также выбрать их с помощью [↖] функции в рабочем окне.

Нажмите [OK]. Появится вид с информацией о созданных нагрузках. Затем нажмите кнопку [OK] для создания нагрузок на линии по краям отверстия (отверстий).

11.8.3 Прочие нагрузки

11.8.3.1 Генерирование нагрузки из произвольной нагрузки на линии

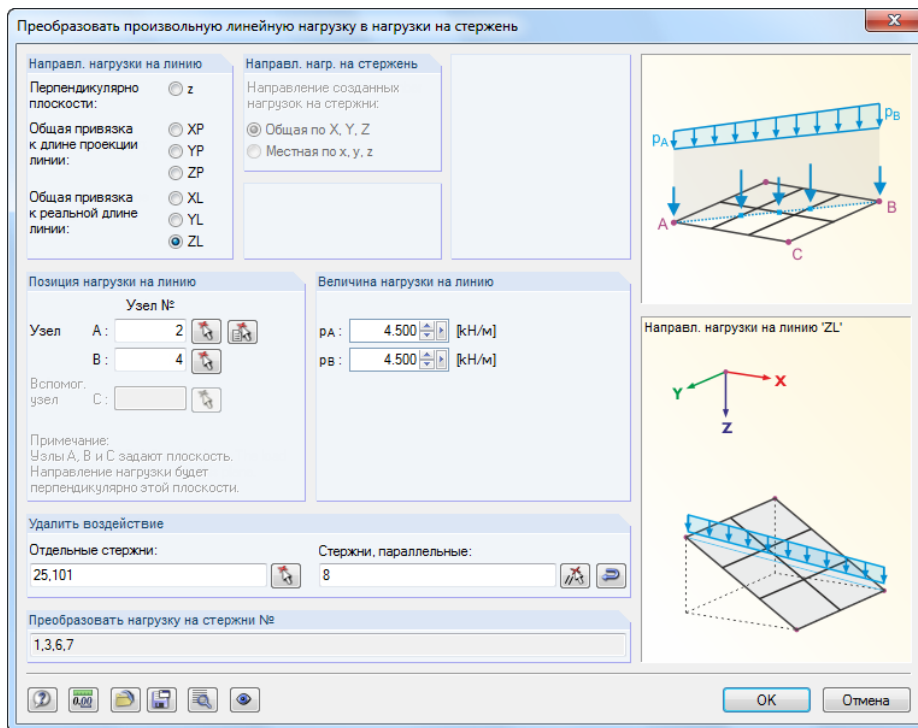


Рисунок 11.191: Диалоговое окно *Преобразовать произвольно распределённую нагрузку на линии в нагрузки на элемент*

Используйте генератор определения свободно распределенных нагрузок на линии для чистых моделей элементов, таких как балок ростверков для пропорционального распределения нагрузок элементам.

Правильное назначение нагрузки требует спецификации для *Направление нагрузки на линию* и *Направление нагрузки на элемент*, где это применимо. Данные диалоговые разделы, а также опция *Удалить воздействие от* описаны для функции "Нагрузки элементов от области нагрузок через плоскость" на странице 567.

Величины *нагрузки на линии* могут быть определены постоянно или линейно. Позиция *нагрузки на линию* может быть определена в графическом виде с помощью функции [^], нажав на начальный и конечный узел. Если нагрузка на линии направлена перпендикулярно плоскости, дополнительно введите вспомогательный узел C.

Нажмите кнопку [Настройки], показанную на рисунке слева, чтобы открыть Диалоговое окно *Настройки для создания нагрузки* (см. Рисунок 11.178, страница 563).





11.8.3.2 Генерирование нагрузки из нагрузки оболочки сечения

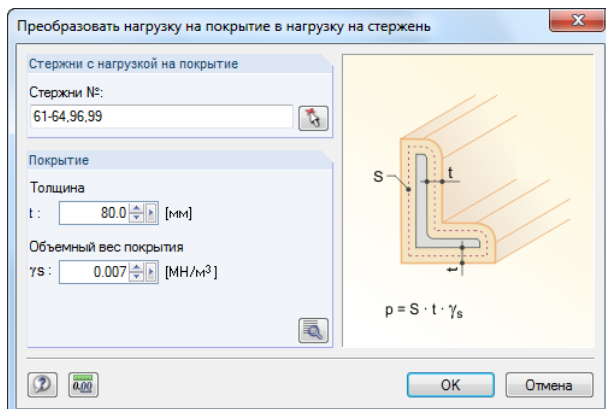


Рисунок 11.192: Диалоговое окно Преобразовать нагрузку на покрытие в нагрузку на стержень



Стержни с загруженным покрытием можно ввести непосредственно или определить в графическом виде с помощью [↶]. Покрытие должно быть определено толщиной и удельным весом.



Используйте кнопку [Info], показанную слева, чтобы проверить области покрытия A_s выбранных сечений элементов, которые должны применяться для определения нагрузки льда. Области связаны с осевыми линиями нагрузки льда, как показано на изображении диалога (Рисунок 11.192). Таким образом, нагрузки будут определяться правильно даже у малых сечений с множественными краями.



11.8.3.3 Нагрузка от движения

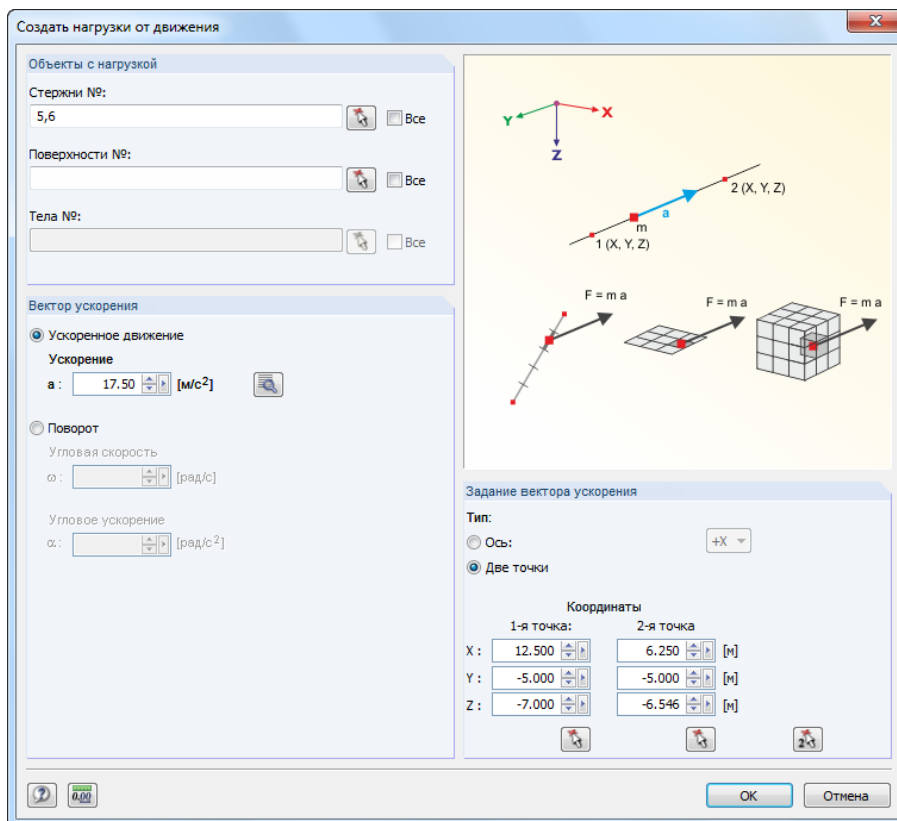


Рисунок 11.193: Диалоговое окно Создать нагрузки от движений

Генератор создает нагрузки в результате ускорения или вращения, которые действуют на конкретные объекты модели. Масса определяется из собственного веса.



В разделе диалога *Объекты с нагрузкой*, введите номера соответствующих элементов, поверхностей или тел. Можно выбрать их также в графическом виде с помощью [^] функции.



Определите *Вектор ускорения* как ускорение или Вращение (угловая скорость ω , угловое ускорение α). Используйте кнопку [Открыть], показанную слева, чтобы определить ускорение от Скоростей, которые доступны на двух точках.



В диалоговом разделе *Определение вектора ускорения*, вы решите, если вектор связан с глобальной осью или определяется двумя точками. Вектор может быть определен в графическом виде с помощью [^] кнопок.

Нажмите [OK] для создания нагрузок для установленного текущего нагружения.

11.8.4 Снеговые нагрузки

11.8.4.1 Плоская / односкатная крыша

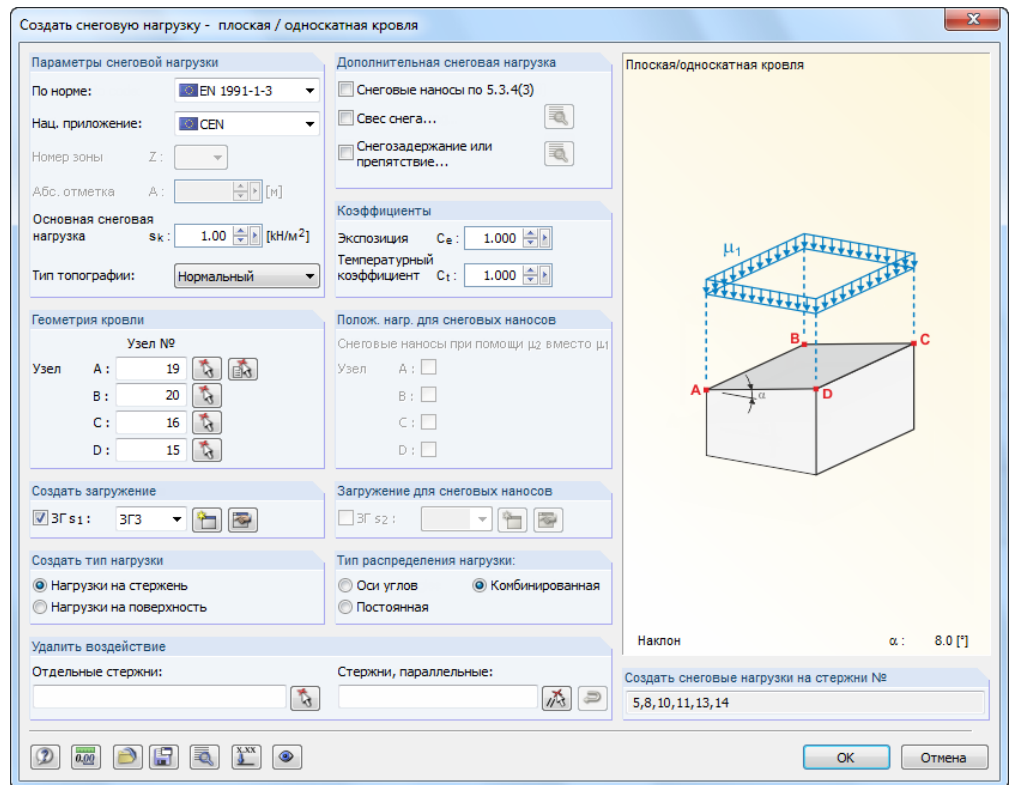


Рисунок 11.194: Диалоговое окно *Создать Снеговые нагрузки - Плоская/односкатная крыша*

Плоские и односкатные крыши управляются вместе в одном диалоговом окне. Коэффициенты формы для плоских крыш или крыш с односторонним наклоном учитываются в соответствии с EN 1991-1-3 и DIN 1055-5.

Во-первых, определите норма и, где, если необходимо, национальное приложение в диалоговом разделе *Параметры снеговой нагрузки*. Настройка управляет полями ввода для доступа.



Используйте кнопку [Info], чтобы открыть карту, в которой можно в графическом виде выбрать область снеговой нагрузки Z. В зависимости от ваших спецификаций, программа

RFEM определяет характерное значение нагрузки s_k на земле, с учетом абсолютной отметки высоты A (см. уровень).

Используйте три флажка в диалоговом разделе *Дополнительные снеговые нагрузки*, чтобы решить, если будут учтены другие снеговые нагрузки:

- Скопления снега из-за сугробов
- Свес снега на карнизах
- Снеговая нагрузка на снегозащите



Используйте [Редактировать] кнопки, чтобы определить параметры для свеса снега и снегозадержателя.

При необходимости, можно настроить коэффициент экспозиции C_e (EN 1991-1-3, таблица 5.1), а также «3»С«4»е«5» Тепловой коэффициент C_t (EN 1991-1-3, п. 5.2 (8)) в разделе диалога *Коэффициенты*.



Определите *Геометрию крыши* с помощью угловых узлов крыши от A до D в соответствии с изображением диалога. Можно также использовать [^] функцию, чтобы определить его в графическом виде в рабочем окне. Плоскость будет отмечена в выборе цветом. Для определения плоскости требуются, по крайней мере, три узла. Область не должна быть заключена линиями или элементами на всех сторонах.

Положение *нагрузки для снеговых наносов* может быть определено краевыми узлами области крыши.



В разделах диалога *Создать загрузку* и *Загрузка для снеговых наносов*, вы определяете номера загрузок для создания нагрузки. Загрузки от снеговой нагрузки могут быть созданы с помощью кнопки [Новый]. Если поверхности доступны в модели, можно использовать опции в диалоговом разделе *Создать тип нагрузки*, чтобы решить, будут ли создаваться нагрузки элементов или поверхностные нагрузки.

Диалоговые разделы *Тип распределения нагрузки* и *Удалить воздействие от* описаны для функции генератора "Нагрузки элементов области нагрузок через плоскость" на странице 568.



Нажмите кнопку [Настройки], показанную на рисунке слева, чтобы открыть Диалоговое окно *Настройки для создания нагрузки* (см. Рисунок 11.178, страница 563).



Используйте кнопку [Связать поправочные коэффициенты нагрузок] для масштабирования нагрузки для отдельных элементов. Спецификации могут быть введены в отдельном диалоговом окне (см. Рисунок 11.187, страница 570).



После подтверждения диалогового окна генератора с помощью [OK], программа RFEM показывает вам результаты возникновения нагрузки для всех загрузок в виде. Таким образом, действующие нагрузки на площади можно сравнить с преобразованными нагрузками. Перед передачей нагрузок в программу RFEM, можно нажать кнопку [Назад], чтобы открыть исходное диалоговое окно, в котором можно изменить параметры нагрузок.

11.8.4.2 Двускатная крыша

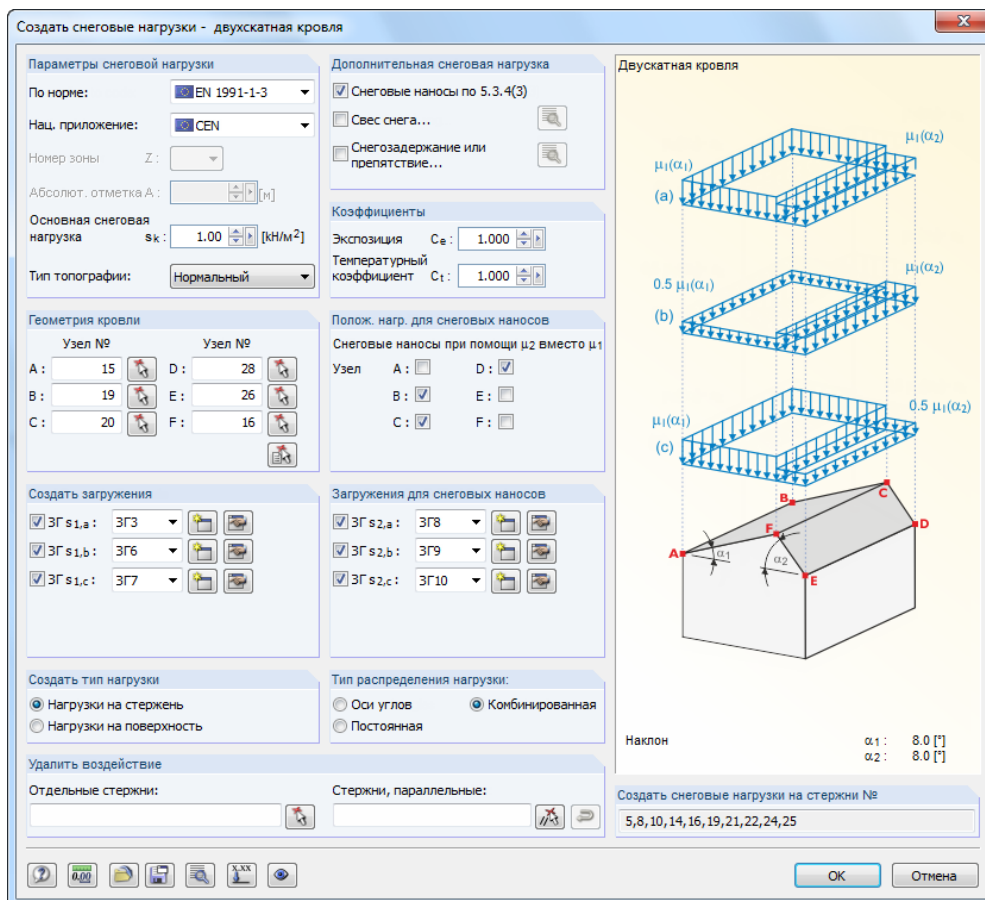


Рисунок 11.195: Диалоговое окно *Создать Снеговые нагрузки - Двускатная крыша*

Во-первых, определите норма и, где если необходимо, национальное приложение в диалоговом разделе *Параметры снеговой нагрузки*. Настройка управляет полями ввода для доступа.



Задайте параметры, как описано в предыдущей главе. Геометрия *кровли* двускатной крыши определяется по угловым узлам крыши от А до F в соответствии с изображением диалога. Можно также использовать [↵] функцию, чтобы определить узлы в графическом виде в рабочем окне.



В разделах диалога *Создать загрузки* и *Загрузки для снеговых наносов*, вы определяете номера загрузений для создания нагрузки. Альтернативные загрузки будут созданы когда дополнительные снеговые нагрузки (например, DIN 1055-5, рисунок 4) или коэффициенты формы (например, EN 1991-1-3, рисунок 5.3) учитываются. Соответствующие загрузки от снеговых нагрузок могут быть созданы с помощью кнопки [Новый].

11.8.5 Ветровая нагрузка

11.8.5.1 Вертикальные стены

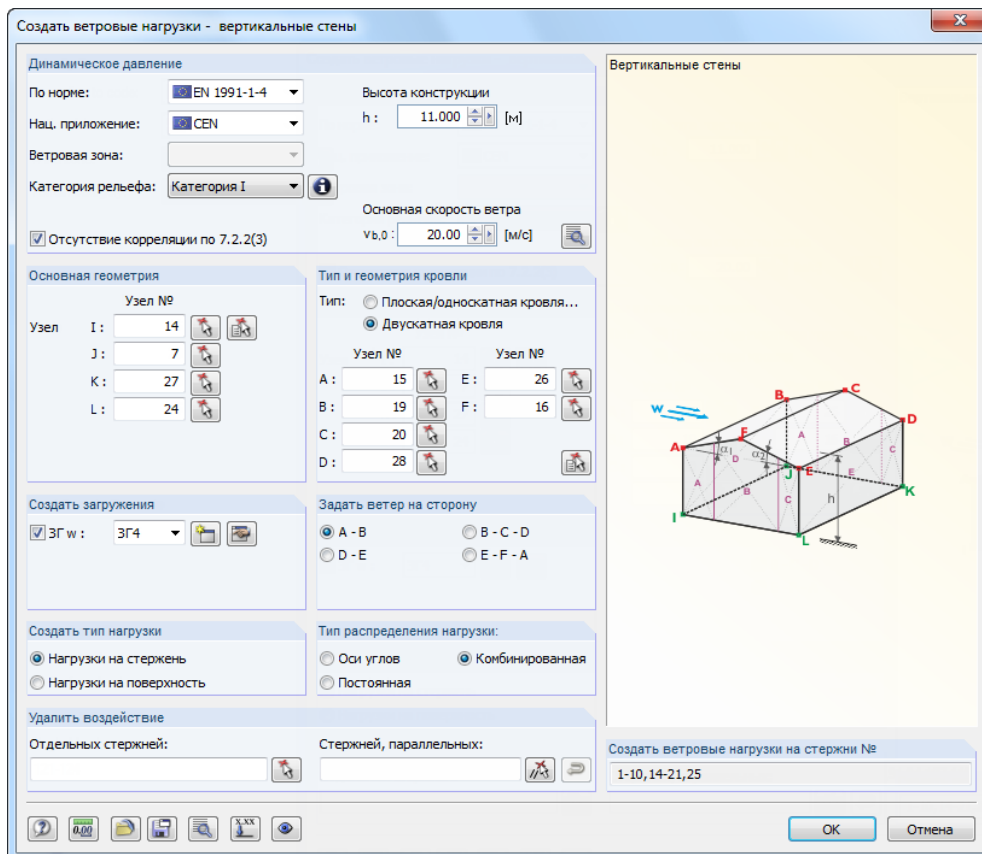


Рисунок 11.196: Диалоговое окно *Создать ветровые нагрузки - вертикальные стены* (геометрия крыши: *Двускатная крыша*)

Во-первых, определите норму и, где это применимо, национальное приложение в диалоговом разделе *Динамическое давление*. Настройка управляет полями ввода для доступа.



Ветровую область и категорию местности можно выбрать в графическом виде на карте, которая открывается с помощью кнопки [Инфо]. Высота конструкции h не берется автоматически из модели, а должна быть указан. В зависимости от ваших настроек, программа RFEM определяет основное значение основной скорости ветра $v_{b,0}$.



Нажмите кнопку [Редактировать] показанную слева, чтобы получить доступ к большему количеству коэффициентов, используемых для определения ветровых нагрузок.

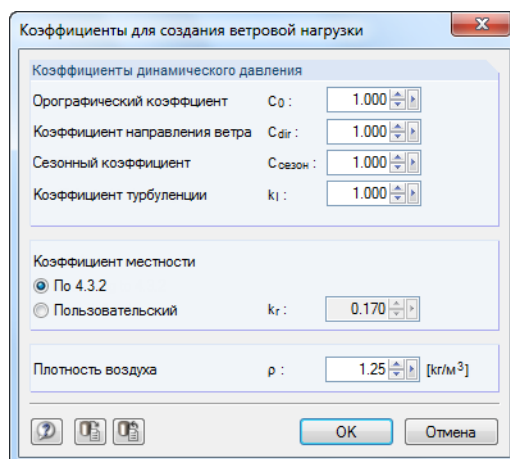


Рисунок 11.197: Диалоговое окно Коэффициенты для генерирования ветровой нагрузки



Стены определены Геометрией основания (узлы I до L для основной площади, снизу) и Типом крыши и геометрией (узлы A до D или F для плоскостей крыши, вверх). В случае навесов крыши, укажите верхние узлы стен, а не узлы крыши. Как показано в диалоговой графике, ветровые нагрузки могут быть созданы для строительных объектов, которые со всех сторон закрыты с помощью четырехугольной площади основания. Пожалуйста, обратите внимание при вводе геометрии, что начальные узлы I и A должны лежать друг на друге. Кроме того, направление нажимаемого узла должно быть согласовано при определении основания и площади крыши. Можно также использовать [F] кнопки, чтобы определить основание и геометрию крыши в графическом виде.



В разделе диалога Создать загрузку введите номер загрузки для создания нагрузки. С помощью кнопки [Новый] можно создать загрузку от ветровой нагрузки.



Направление ветра определяется в диалоговом разделе Задать ветер на сторону. Ветер действует перпендикулярно указанной линии.

Если поверхности доступны в модели, можно использовать опции в диалоговом разделе Создать тип нагрузки, чтобы решить, будут ли создаваться нагрузки элементов или поверхностные нагрузки.

Диалоговые разделы Тип распределения нагрузки и Удалить воздействие от описаны для функции генератора "Нагрузки элементов области нагрузок через плоскость" на странице 568.

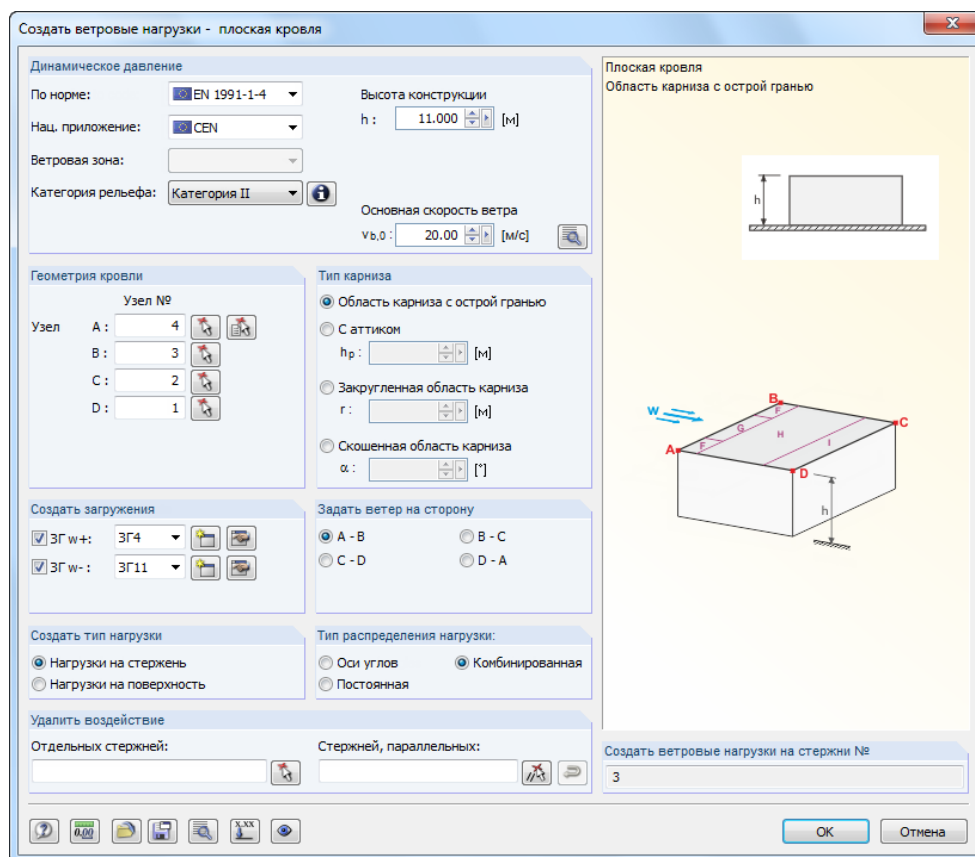


Нажмите кнопку [Настройки], показанную на рисунке слева, чтобы открыть Диалоговое окно Настройки для создания нагрузки (см. Рисунок 11.178, страница 563).



После подтверждения диалогового окна генератора с помощью [OK], программа RFEM показывает вам результаты возникновения нагрузки в виде. Таким образом, действующие нагрузки на площади можно сравнить с преобразованными нагрузками. Перед передачей нагрузок в программу RFEM, можно нажать кнопку [Назад], чтобы открыть исходное диалоговое окно, в котором можно изменить параметры нагрузок.

11.8.5.2 Плоская крыша

Рисунок 11.198: Диалоговое окно *Создать ветровую нагрузку - Плоская крыша*

RFEM считает крышу плоской, если наклон крыши $\alpha < 5^\circ$.

Во-первых, определите норма и, где это применимо, национальное приложение в диалоговом разделе *Динамическое давление*. Настройка управляет полями ввода для доступа.

Задайте параметры, как описано в предыдущей главе. Раздел диалога *Тип карниза* связан синхронизируется с графиками диалога справа, иллюстрирующими отдельные настройки.



Как описано, например, в EN 1991-1-4, таблице 7.2, у плоской крыши во внимание требуется принять несколько загрузок. В разделе диалога *Создать загрузки*, для создания нагрузки укажите номера загрузок. Нагрузки сжатия создаются в случае нагрузки *НГ w+*. Всасывающие нагрузки генерируются в *НГ w-*. Соответствующие случаи нагрузки могут быть созданы с помощью кнопки [Новый].

После подтверждения диалогового окна генератора с помощью [OK], программа RFEM показывает вам результаты возникновения нагрузки для всех загрузок в вид (см. Рисунок 11.201, страница 583). Диалоговые вкладки представляют собой важный параметр проверки, потому что у каждого нагружения можно увидеть внешний коэффициент давления $C_{pe,10}$ и внешнее давление w_e , отображаемое по зонам.

11.8.5.3 Односкатная крыша

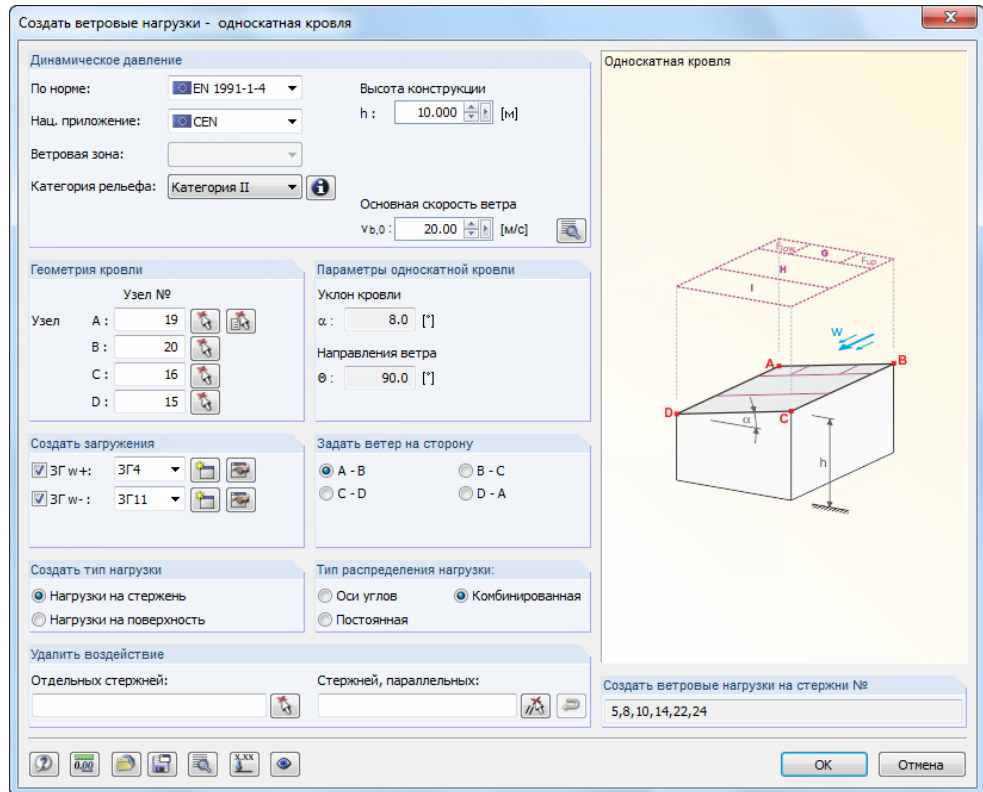


Рисунок 11.199: Диалоговое окно *Создать ветровые нагрузки - Односкатная крыша*

Во-первых, определите норма и, где это применимо, национальное приложение в диалоговом разделе *Динамическое давление*. Настройка управляет полями ввода для доступа.

Задайте параметры, как описано в главе 11.8.5.1. Параметра *односкатных крыш* определяются автоматически по геометрии крыши и стороне, на которую дует ветер.

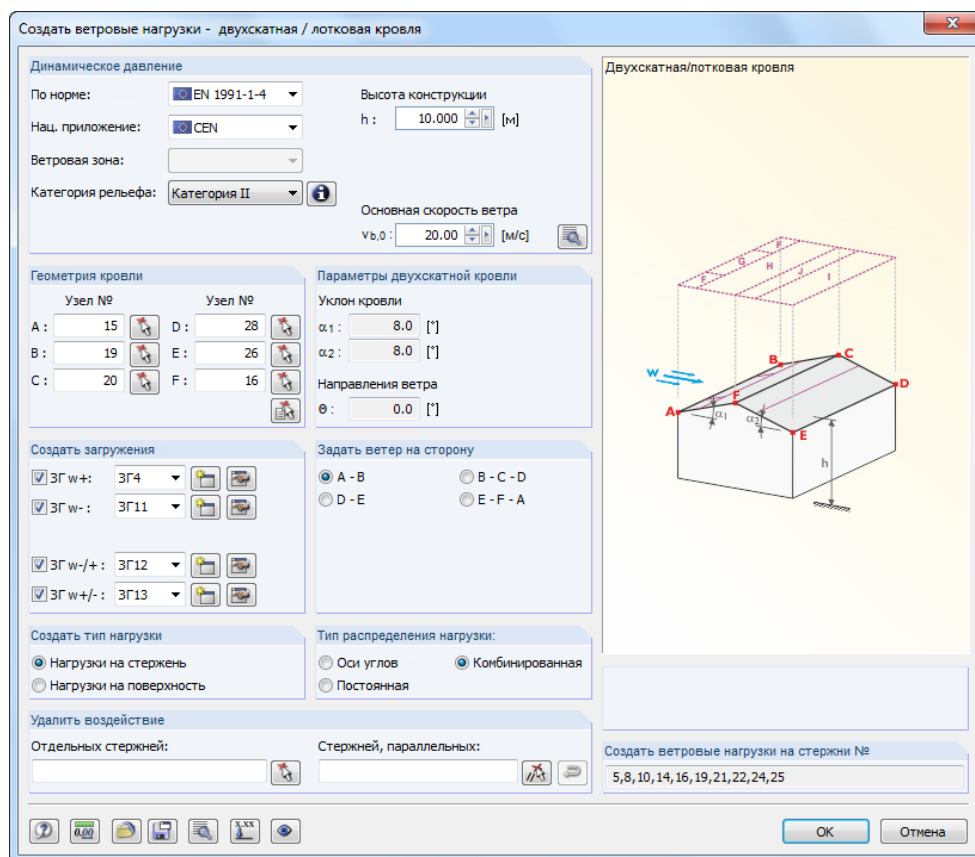


Как описано, например, в EN 1991-1-4, таблице 7.3а, у односкатной крыши во внимание требуется принять несколько загрузжений. В разделе диалога *Создать загрузжения*, для создания нагрузки укажите номера загрузжений. Нагрузки сжатия создаются в случае нагрузки *НГ w+*. Всасывающие нагрузки генерируются в *НГ w-*. Соответствующие случаи нагрузки могут быть созданы с помощью кнопки [Новый].



Используйте кнопку [Связать поправочные коэффициенты нагрузок] для масштабирования нагрузки для отдельных элементов. Таким образом, можно рассмотреть, например, эффекты непрерывности обшивки крыши на краю стропил в целях получения снижения нагрузок стержней. Спецификации могут быть введены в отдельном диалоговом окне (см. Рисунок 11.187, страница 570).

11.8.5.4 Двухскатная/лотковая крыша

Рисунок 11.200: Диалоговое окно *Создать ветровую нагрузку - Двухскатная/лотковая крыша*

Во-первых, определите норма и, где это применимо, национальное приложение в диалоговом разделе *Динамическое давление*. Настройка управляет полями ввода для доступа.

Задайте параметры, как описано в главе 11.8.5.1 on страница 578. Параметра *Двухскатной крыши* определяются автоматически по геометрии крыши и стороне, на которой дует ветер.



Как описано, например, в EN 1991-1-4, таблице 7.4а, у двухскатной крыши во внимание требуется принять несколько загрузжений. В разделе диалога *Создать загрузжения*, для создания нагрузки укажите номера загрузжений. Нагрузки сжатия создаются в случае нагрузки *HG w+*. Всасывающие нагрузки генерируются в *HG w-*. Сочетания (сжатие на одной стороне крыши и всасывание на другой стороне) определяются как *ЗГ w-/+* и *ЗГ w+/-*. Соответствующие случаи нагрузки могут быть созданы с помощью кнопки [Новый].

После подтверждения диалогового окна генератора с помощью [OK], программа RFEM показывает вам результаты возникновения нагрузки для всех загрузжений в вид. Диалоговые вкладки представляют собой важный параметр проверки, потому что у каждого загрузжения можно увидеть внешний коэффициент давления $c_{pe,10}$ и внешнее давление $w_{e,r}$, отображаемое по зонам.

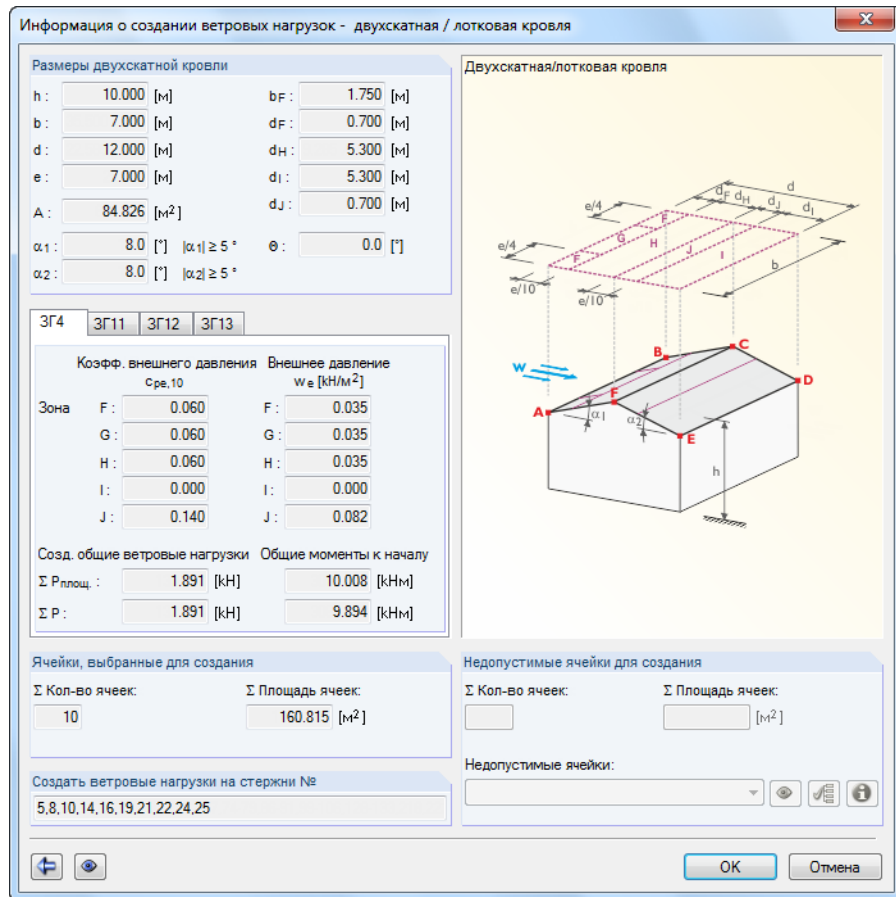


Рисунок 11.201: Диалоговое окно *Информация о создании ветровых нагрузок - Двухскатная/лотковая крыша*



Перед передачей нагрузок в программу RFEM, можно нажать кнопку [Назад], чтобы открыть исходное диалоговое окно, в котором можно изменить параметры нагрузок.

11.8.5.5 Вертикальные стены с кровлей

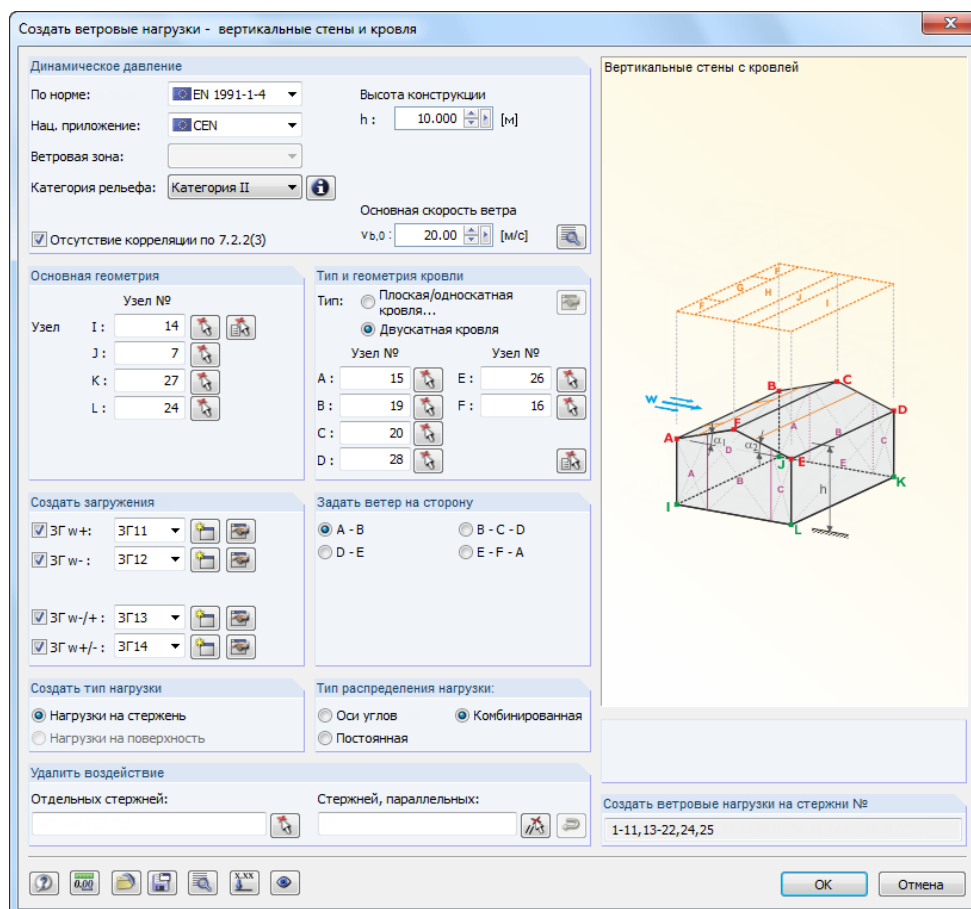


Рисунок 11.202: Диалоговое окно *Создать ветровую нагрузку - Вертикальные стены с кровлей* (геометрия крыши: Двускатная крыша)

Во-первых, определите норма и, где это применимо, национальное приложение в диалоговом разделе *Динамическое давление*. Настройка управляет полями ввода для доступа.

Задайте параметры, как описано в главе 11.8.5.1 on страница 578.



Как описано, например, в EN 1991-1-4, таблице 7.4a, у двускатной крыши во внимание требуется принять несколько загрузений.. В разделе диалога *Создать загрузки*, для создания нагрузки укажите номера загрузений. Нагрузки сжатия создаются в случае нагрузки *НГ w+*. Всасывающие нагрузки генерируются в *НГ w-*. Сочетания (сжатие на одной стороне крыши и всасывание на другой стороне) определяются как *ЗГ w-/+* и *ЗГ w+/-*. Соответствующие случаи нагрузки могут быть созданы с помощью кнопки [Новый].



Используйте кнопку [Связать поправочные коэффициенты нагрузок] для масштабирования нагрузки для отдельных элементов. Спецификации могут быть введены в отдельном диалоговом окне (см. Рисунок 11.187, страница 570).

После подтверждения диалогового окна генератора с помощью [OK], программа RFEM показывает вам результаты возникновения нагрузки для всех загрузений в вид (см. Рисунок 11.201, страница 583). Диалоговые вкладки представляют собой важный параметр проверки, потому что у каждого загрузения можно увидеть внешний коэффициент давления $C_{pe,10}$ и внешнее давление w_e , отображаемое по зонам.

12. Управление файлами

В данном разделе описывается организация данных в менеджере проектов и использование так называемых блоков для часто повторяющихся частей модели. Далее представлены встроенные в программу RFEM интерфейсы для импорта и экспорта данных.

12.1 Менеджер проектов

В большинстве случаев при статическом расчете конструкции проект разделен на несколько моделей. Внутренний программный *Менеджер проектов* помогает пользователю организовать данные из Dlubal приложений. Менеджер проектов можно использовать для управления моделями из программы RFEM, которые сохранены не только на твердом диске, но и на сетевом диске. (см. раздел 12.3, страница 606).

Менеджер проектов может использоваться в качестве автономной программы в фоновом режиме, пока вы будете работать в программе RFEM.



Чтобы открыть Менеджер проектов, выберите **Проект-менеджер** в меню **Файл**, или используйте соответствующую кнопку на панели инструментов.

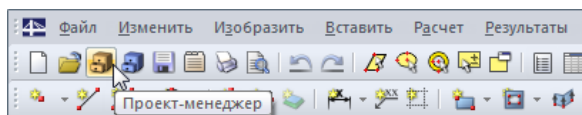


Рисунок 12.1: Кнопка *Менеджер проектов* на панели инструментов



Менеджер проектов также доступен из диалогового окна каждой модели *Основные данные*.

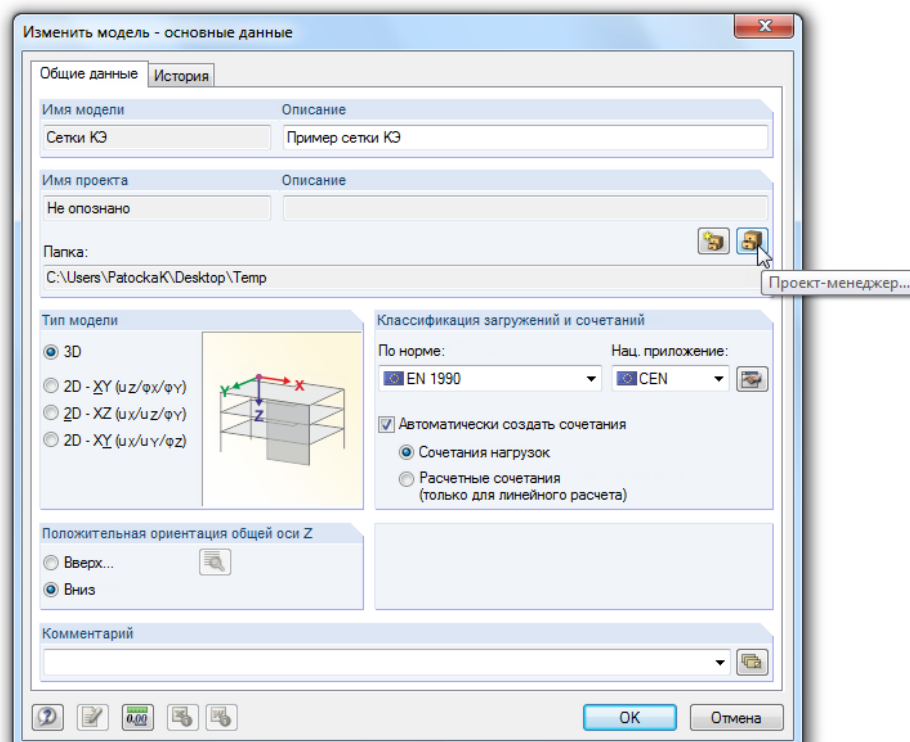


Рисунок 12.2: Кнопка *Менеджер проектов* в диалоговом окне *Основные данные*

После открытия менеджера проектов появится окно, разделенное на несколько частей. У данного окна диалога имеется собственное главное меню и панель инструментов.

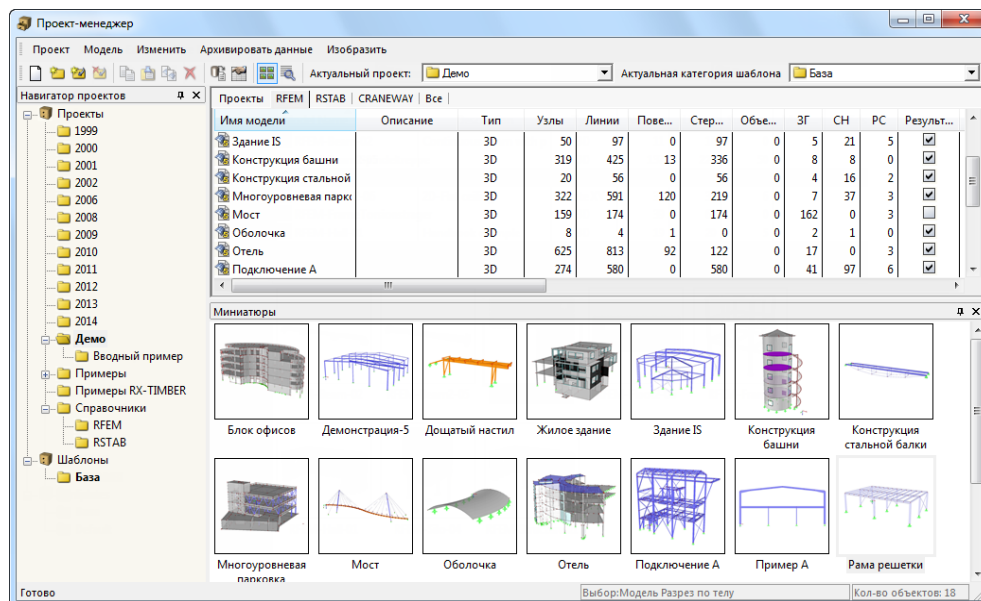


Рисунок 12.3: Менеджер проектов

Навигатор проекта

Слева отображается навигатор со перечнем всех имеющихся проектов в виде древовидной структуры. Текущий проект выделен в цвете. Чтобы выбрать другой проект в качестве текущего, нужно дважды щелкнуть на данный проект или выбрать его из перечня *Текущий проект* на панели инструментов. С правой стороны в таблице перечислены все модели, которые содержит выбранный проект.

Таблица моделей

Модели расположены в различных вкладках, которые отсортированы по приложениям компании Dlubal. Вкладка *RFEM* перечисляет все модели RFEM выбранного проекта. Кроме *названия модели* и *описания* здесь также содержится важная информация о данных папки, включая данные о пользователе, который создал и в последний раз редактировал модель.



Для отображения требуемых столбцов, выберите **Настройка столбцов** в главном меню. **Отобразить** или используйте соответствующую кнопку на панели инструментов (см. страницу 595).

Подробности

В данной части окна отображается вся имеющаяся информация о модели, которая была выбрана в разделе выше.

Предварительный просмотр

Выбранная модель отображается в окне предварительного просмотра. Размер окна предварительного просмотра можно регулировать путем перемещения верхнего края окна.

Пиктограммы

В нижней части менеджера проектов отображаются модели данного проекта в графическом виде. Рисунки синхронизируются с таблицей.

Используйте флажки, чтобы минимизировать отдельные части окна. Они будут отображены в качестве вкладок в нижней строке панели инструментов.

Подробности



12.1.1 Работа с проектом

Создание нового проекта

Новый проект можно создать

- с помощью выбора пункта **Новый** в меню **Проект** менеджера проектов
- с помощью щелчка на кнопку [Новый проект] на панели инструментов.

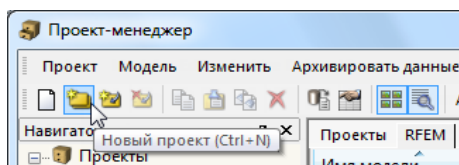


Рисунок 12.4: Кнопка *Новый проект*

Откроется диалоговое окно *Создать новый проект*, в котором требуется задать *Название* проекта и *папку*, в которой будут сохранены модели. Используйте кнопку [Вид], показанную слева, чтобы установить каталог. Также пользователь может добавить краткое *описание* проекта. Оно будет показано в заголовке протокола результатов, у него нет другого назначения.

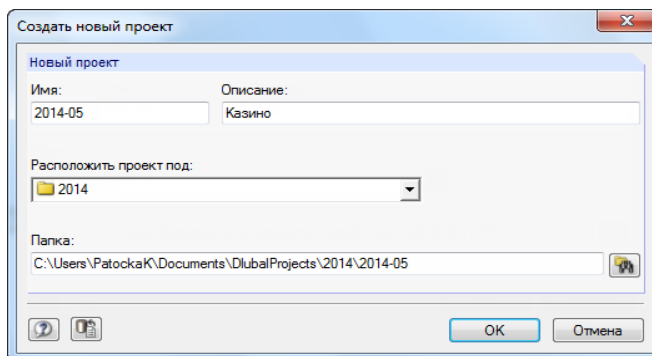


Рисунок 12.5: Диалоговое окно *Создать новый проект*

Также возможно создавать подпроекты в менеджере проектов с помощью выбора проекта из списка *Поместить проект под*. Новый проект будет отображаться в навигаторе в качестве подпроекта. В обратном случае необходимо выбрать в списке предшествующий пункт *Проекты*. Затем проект будет отображен в навигаторе как основной пункт.

После щелчка на [OK], жестком или сетевом диске будет создана новая папка с именем проекта.

Подключение существующей папки

Присоединить папку, которая уже содержит несколько моделей в программе RFEM, в виде проекта, можно

- с помощью выбора пункта **Присоединить папку** из главного меню **Проект** менеджера проектов
- с помощью кнопки [Подключить существующую папку] на панели инструментов.

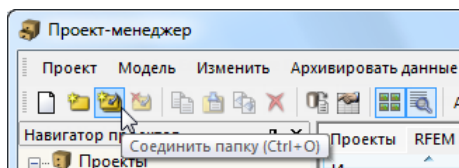
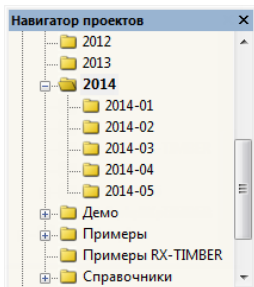


Рисунок 12.6: Кнопка *Подключить папку*

Не имеет значения находится ли папка на жестком или сетевом диске.



Проект будет перенесен во внутренний менеджер проектов, но далее останется на своем месте - аналогично созданию ярлыка на рабочем столе. Информация сохраняется в ASCII файле **PRO.DLP** в папке **ProMan** (см. раздел 12.1.4.3, страница 597).



Откроется диалоговое окно, аналогичное диалоговому окну на Рисунок 12.5. Введите *название* и *описание* проекта, и используя кнопку [Просмотреть] установите путь к соответствующей *папке*. Если здесь находится определенный проект, то подключаемая папка должна содержаться в каталоге этого проекта. Папка будет рассмотрена как подпроект. Но если вы хотите, чтобы папка действовала в качестве независимого проекта, то выберите в списке *Поместить проект под* предшествующий по уровню пункт *Проекты*.

Функция *Присоединить папку, включая все вложенные папки* позволяет одновременно включить в менеджер проектов все папки из определенного каталога.

В менеджер проектов данным образом можно включить также папки из программных версий RFEM1 и RFEM2.

Отключение папки



Включение папки в менеджер проектов отменяется с помощью

- выбора пункта **Отключить** в меню **Проект** менеджера проектов (проект должен быть предварительно выбран),
- щелчка на кнопку [Отключить проект] на панели инструментов
- контекстного меню проекта в навигаторе.

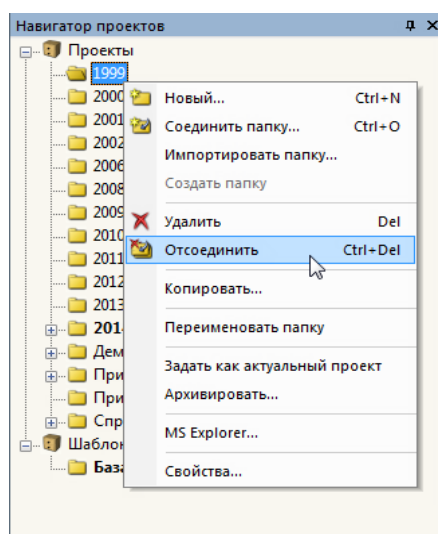


Рисунок 12.7: Контекстное меню проекта



Проект будет удален из внутренней системы менеджера проектов, а папка без изменений будет сохранена на жестком диске.

Удаление проекта



Чтобы удалить проект,

- выберите **Удалить** в **Проект** меню менеджера проектов (проект должен быть предварительно выбран),
- нажмите кнопку [Удалить] в панели инструментов
- введите команду **Удалить** в контекстном меню проекта в навигаторе (см. Рисунок выше).

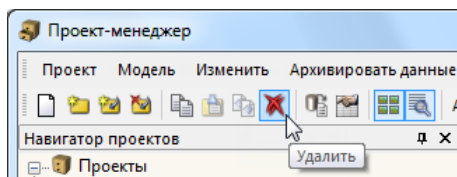


Рисунок 12.8: Кнопка *Удалить*

Папка, включая ее содержимое, будет полностью удалена с жесткого диска.

Если в папке содержатся также файлы из других программ, то будут удалены только файлы, созданные в приложениях компании Dlubal. Сама папка будет сохранена.



Проекты, которые были удалены по случайности, можно восстановить из главного меню с помощью выбора пункта **Восстановить из корзины Dlubal** в меню **Редактировать**.

Функции корзины Dlubal описаны в разделе 12.1.4.2 на странице 596.

При удалении файлов на сетевом диске, в отличие от нормальной для ОС Windows процедуры, когда данных безвозвратно потеряны, удаляемые файлы будут скопированы с сетевого диска в корзину Dlubal на жестком диске. Таким образом, можно при необходимости восстановить файлы на соответствующем компьютере. Если вы не хотите, чтобы файлы были скопированы в корзину, рекомендуется проект отключить (см. выше). Затем, можно удалить данные с сетевого диска вручную.

Копирование проекта

Для копирования проекта,

- выберите пункт **Копировать** в меню **Проект** (проект должен быть предварительно выбран)
- введите команду **Копировать** в контекстном меню проекта в навигаторе (см.Рисунок 12.7).

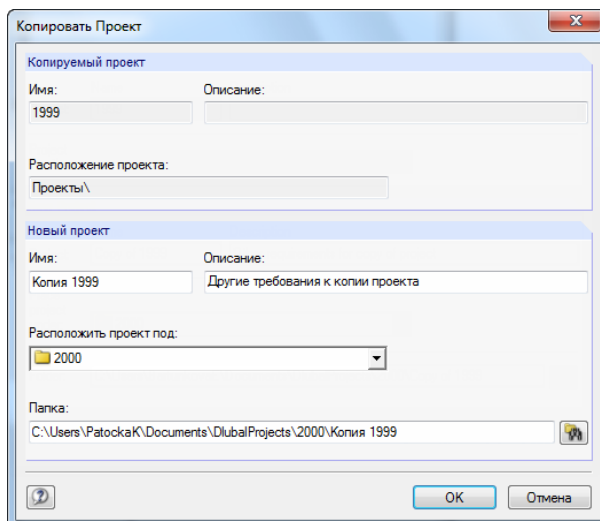


Рисунок 12.9: Диалоговое окно *Копировать проект*

В диалоговом окне введите *название*, *описание* и местоположение нового проекта в менеджере проектов и определите *папку*, которая будет создана при копировании.

Кроме того, можно копировать проект с помощью Windows-Explorer. Новую папку можно впоследствии интегрировать во внутреннюю систему в виде связанной папки (см. Рисунок 12.6, страница 587).

Переименование проекта / редактирование описания проекта

Чтобы дополнительно изменить название и описание проекта,

- выберите **Свойства** в меню **Проект** менеджера проектов (проект должен быть предварительно выбран)
- выберите пункт **Свойства** в контекстном меню проекта в навигаторе (см. Рисунок 12.7).

Откроется диалоговое окно *Свойства проекта*, в котором можно редактировать *название* и *описание* проекта. В поле *папка* также отображается место расположения проекта на диске.

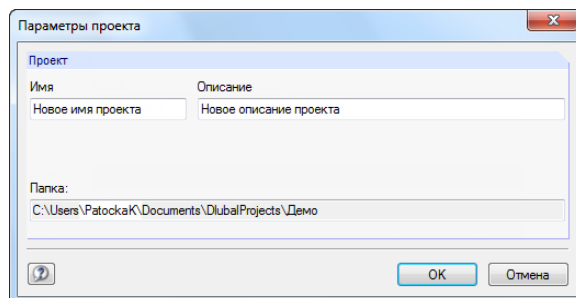


Рисунок 12.10: Диалоговое окно *Свойства проекта*

Импорт папки проекта

После смены компьютера данная функция позволяет восстановить полное дерево каталогов менеджера проектов, без необходимости копирования файлов PRO.DLP (см. раздел 12.3, страница 606). Все проекты, включенные в папку, будут переведены в менеджер проектов (что означает, что данная папка должна содержать проекты, а не модели). Проекты, таким образом, нет необходимости подключать по отдельности.

Чтобы открыть диалоговое окно для импорта папки проекта,

выберите **Импортировать папку** в меню **Проект** менеджера проектов.

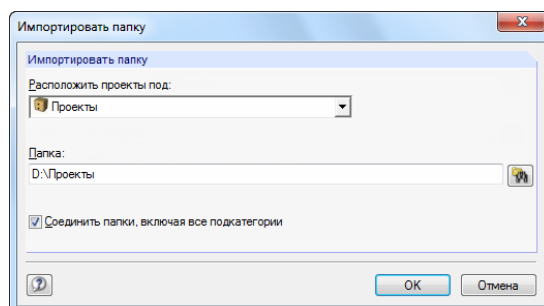


Рисунок 12.11: Диалоговое окно *Импорт папки*



В списке *Поместить проекты под* определить способ, с помощью которого папка проекта будет интегрирована в менеджер проектов. Если требуется, чтобы в менеджере проектов папки рассматривались как отдельные проекты, выберите вышестоящий пункт перечня *Проекты*. Используйте кнопку [Вид] для установки каталога для импортированной папки.

Функция *Присоединить папки, включая все вложенные папки* позволяет интегрировать все вложенные папки в менеджер проектов.

12.1.2 Работа с моделью

Открытие модели

Чтобы открыть модель из менеджера проектов,

- дважды щелкните на название модели или ее миниатюрное изображение,
- выберите **Открыть** в меню **Модель** менеджера проектов (модель должна быть предварительно выбрана)
- используйте контекстное меню данной модели.

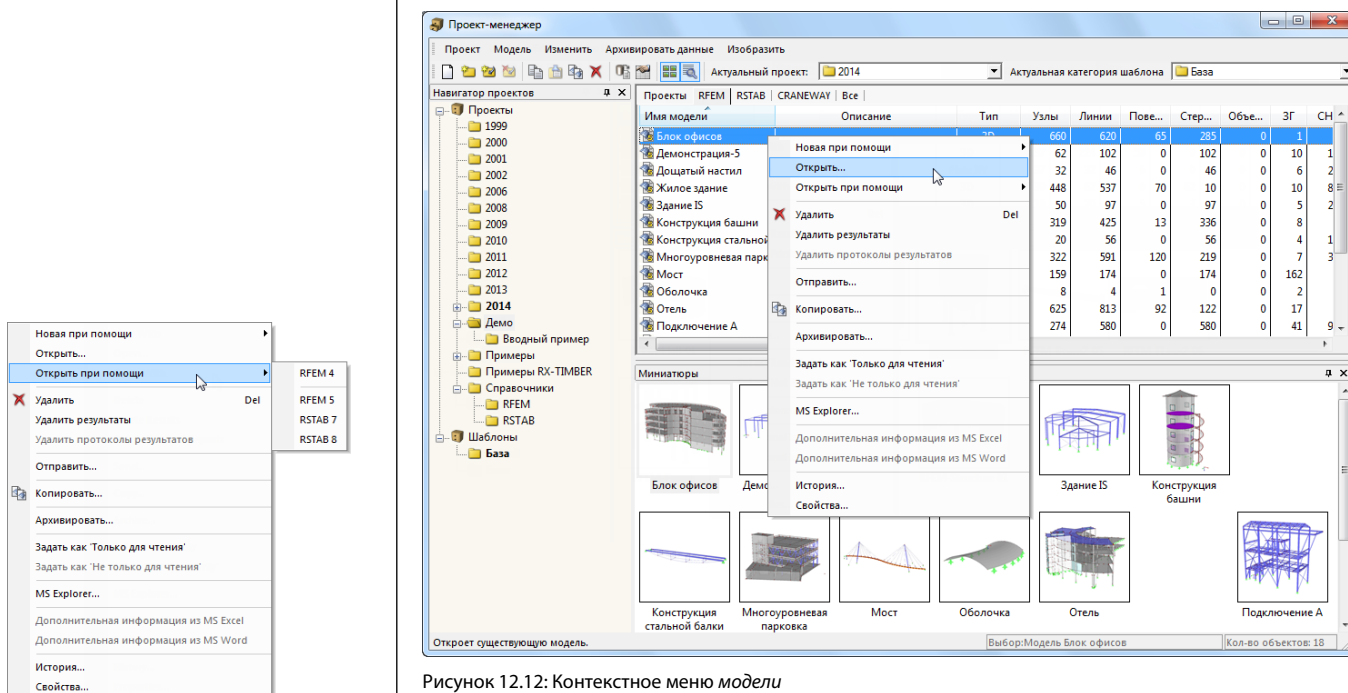


Рисунок 12.12: Контекстное меню модели

Используйте функцию контекстного меню модели *Открыть с помощью* (см. слева), чтобы выбрать конкретное приложение компании Dlubal, в котором будет открыта модель.

Можно открывать файлы из RСТАБЛИЦА непосредственно в программе RFEM.

Копирование / перенос модели

Чтобы скопировать модель в другой проект,

- выберите **Копировать** в меню **Модель** менеджера проектов (модель должна быть предварительно выбрана),
- используйте команду **Копировать** в контекстном меню модели (см. рисунок выше)
- используйте функцию для перемещения, удерживая нажатой клавишу [Ctrl].

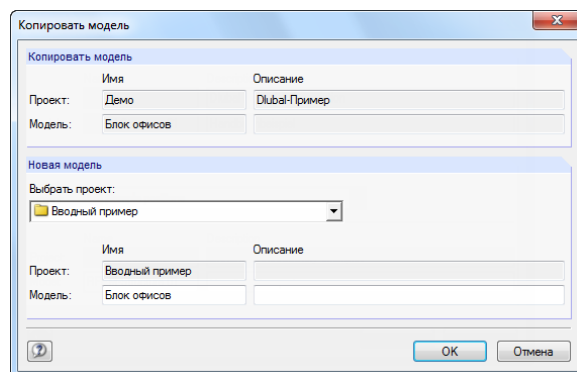


Рисунок 12.13: Диалоговое окно Копировать модель

Откроется диалоговое окно *Копировать модель*, в котором укажите данный проект и введите *название* копии модели и ее *описание*.

Просто щелкнув на модель и удерживая нажатой клавишу мыши, можно перенести модель в другую папку.

Переименование модели

Переименовать модель можно аналогично как в случае с проектом с помощью,

- выбора **Свойства** в меню **Модель** менеджера проектов (модель должна быть предварительно выбрана)
- выбора пункта **Свойства** в контекстном меню модели (см. Рисунок 12.12).

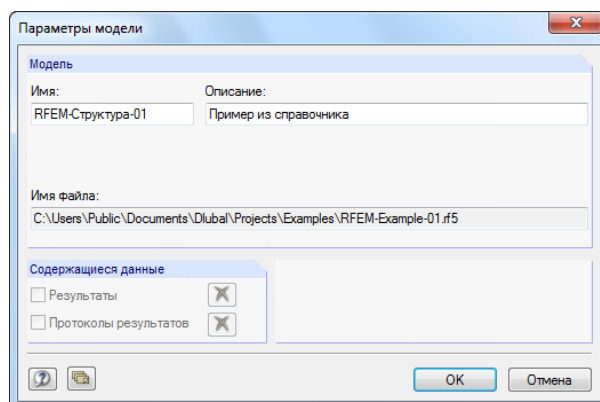


Рисунок 12.14: Диалоговое окно *Свойства модели*

В выше отображенном диалоговом окне *Свойства модели*, можно изменить *название* и *описание* модели. В поле *Название папки* также обозначен каталог, в котором сохранена модель.



Если модель содержит другие данные, такие как результаты или протоколы результатов, то с помощью кнопки [Удалить] можно удалить их из блока данных.



Удаление модели

Чтобы удалить модель,

- выберите **Удалить** в меню **Модель** в менеджере проектов (модель должна быть предварительно выбрана)
- нажмите на кнопку [Удалить] на панели инструментов
- используйте команду **Удалить** в контекстном меню модели (см. Рисунок 12.12).

При необходимости можно удалить только *результаты* или *протоколы результатов* модели. В данном случае вводимые данные остаются без изменений.



Модели, которые были случайно удалены, можно восстановить из главного меню с помощью

выбора команды **Восстановить из корзины** в меню **Редактировать**

Функция корзины описана в разделе 12.1.4.2 на странице 596.

Просмотр истории

Процесс обработки модели конструкции можно просмотреть с помощью

- выбора **Отобразить историю** в меню **Модель** в менеджере проектов (модель должна быть предварительно выбрана)
- функции **История** в контекстном меню модели (см. Рисунок 12.12).

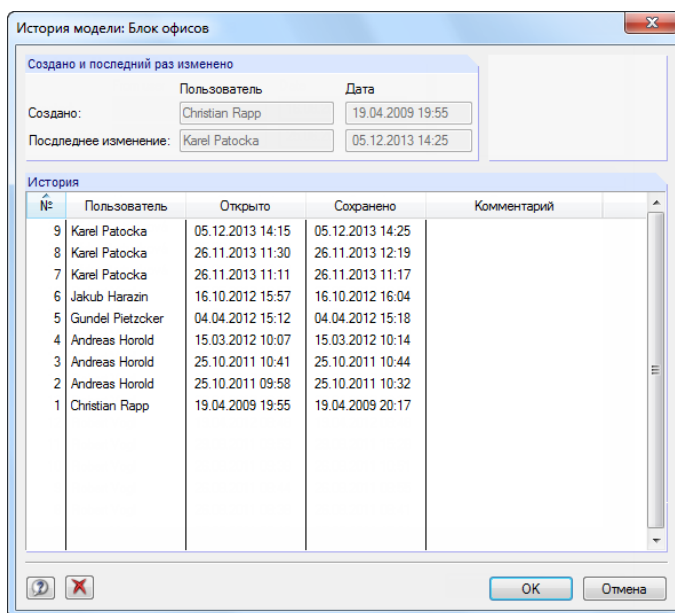


Рисунок 12.15: Информационное окно *История модели*

Открывается диалоговое окно с информацией о пользователях, которые создавали, открывали или редактировали модель, включая время, когда были проведены отдельные действия.

Комментарии отображаются в колонке *Комментарий*. Комментарии перейдут из общих данных модели из вкладки *История*. Таким образом, можно удобно отобразить состояние обработки каждой модели (см. раздел 12.2.2, стр. 605).

12.1.3 Архивирование данных

Архивирование данных

Выбранные модели или даже целую папку проекта можно сохранить в сжатом архивном файле. Оригинальные модели сохраняются.

Чтобы начать архивацию,

- выберите **Архивировать** в меню **Архивировать данные** в менеджере проектов (модель или проект должны быть предварительно выбраны)
- используйте контекстное меню проекта (см. Рисунок 12.7) или модели (см. Рисунок 12.12).

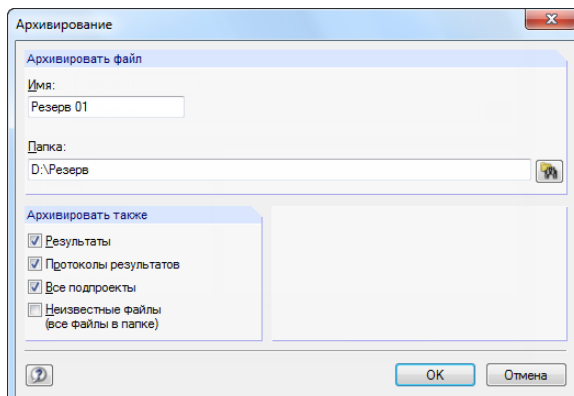


Рисунок 12.16: Диалоговое окно *Архивирование*

Перед запуском архивирования, требуется уточнить, если будут архивированы результаты и протоколы результатов. Можно выбрать и возможное архивирование всех вложенных проектов и папок из других программ, которые хранятся в папке.

После ввода *названия и папки* для архивного файла и после щелчка на кнопку [OK] будет создан соответствующий файл в формате ZIP.

Разархивирование

Чтобы извлечь данные из архива,

выберите **Извлечь проект из архива** в меню **Архивировать данные** в менеджере проектов.

Появляется нормальное для Windows диалоговое окно *Открыть*, в котором можно выбрать ZIP файл резервной копии. После щелчка на [OK] отображается его содержание.

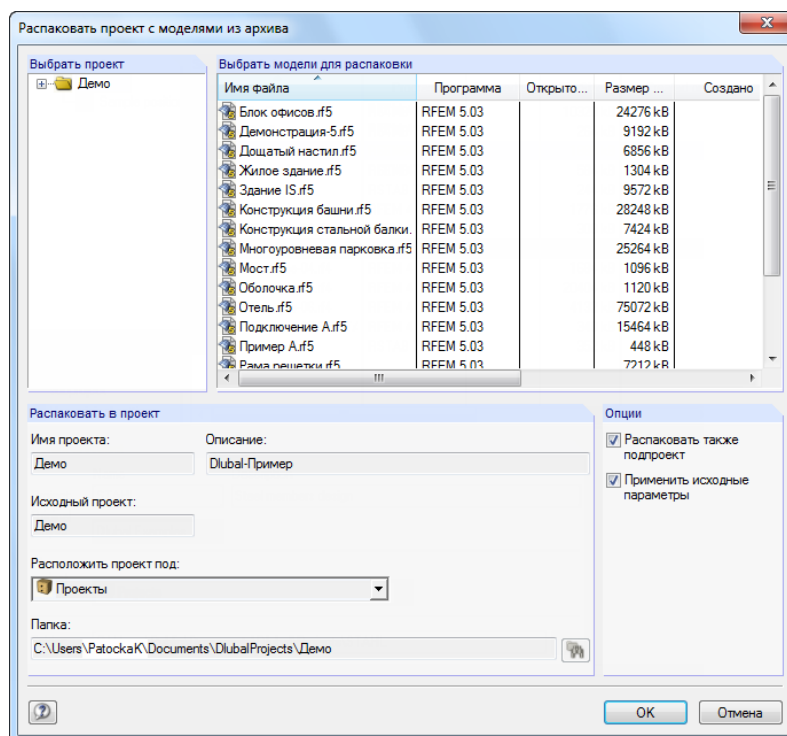


Рисунок 12.17: Диалоговое окно *Извлечь проект с моделями из архива*



В диалоговом разделе *Выбрать модели для разархивирования*, выберите модели для восстановления. Их можно распаковать в текущий или с первоначальный проект. Можно выбрать и какой-либо другой проект из перечня, или папку с помощью кнопки [Просмотреть].

12.1.4 Настройки

12.1.4.1 Вид

Пиктограммы и отображение деталей

Часть экрана под таблицей со списком моделей пользователь может редактировать. Можно включить два дополнительных окна независимо друг от друга.

Чтобы настроить параметры изображения,

выберите **Отобразить предварительный просмотр всех моделей** в меню **Отобразить** или

выберите **Информация о текущих моделях** в меню менеджера проектов **Отобразить**

или используйте соответствующие кнопки на панели инструментов.



Кнопка	Функция
	Отображение миниатюрных рисунков всех моделей в данном проекте
	Отображение подробных данных о текущей модели и ее рисунок

Таблица 12.1: Кнопки настройки отображения

Порядок моделей

Расположение моделей в таблице можно редактировать. Также как и в других приложениях ОС Windows можно, с помощью щелчка на названия столбцов, упорядочить модели по возрастанию или по убыванию. Далее можно выбрать пункт **Упорядочить модели** в меню **Отобразить**.

Редактирование столбцов

Пользователь может сам установить расположение столбцов с помощью

- выбора **Настройка столбцов** в меню **Отобразить** менеджера проектов
- кнопки [Редактировать расположение столбцов] на панели инструментов.

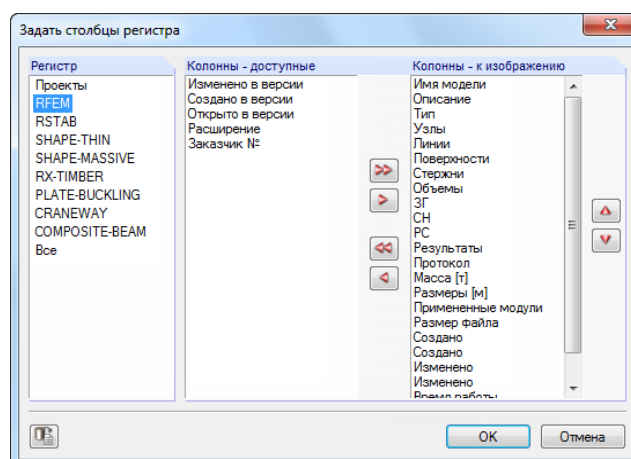


Рисунок 12.18: Диалоговое окно *Расположение столбцов в таблице*



Откроется диалоговое окно, в котором с левой стороны сначала установим, в какой вкладке будут редактироваться столбцы. (Например, RFEM). Теперь можно выбрать отдельные пункты из перечня *Столбцы - Доступные*, чтобы перенести их в списке *Отобразить столбцы*. Для выбора пунктов, используйте кнопки со стрелками [▶]. Также можно их

выбрать с помощью двойного щелчка. С помощью кнопки [◀] можно, наоборот, некоторые или все столбцы опять удалить из перечня.

Порядок столбцов в таблице можно редактировать кнопками [▲] и [▼], с помощью которых можно перенести данный вверх или вниз.

Для оптимизации ширины столбцов в таблице моделей выберите **Упорядочить автоматически** в меню **Отобразить** менеджера проектов. Также можно использовать соответствующую кнопку на панели инструментов.

12.1.4.2 Корзина

Чтобы обновить удалённые проекты и модели,

выберите **Восстановить из корзины** в меню **Редактировать** менеджера проектов.

Появится диалоговое окно, в котором удаленные модели упорядочены по проектам.

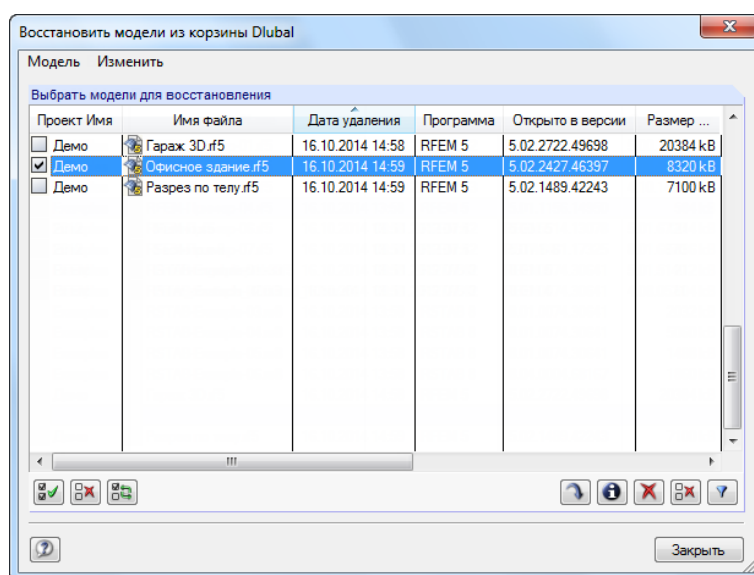


Рисунок 12.19: Диалоговое окно *Восстановление модели из корзины Dlubal*

Модели для восстановления могут быть выбраны с помощью мыши. С помощью кнопки [Выбрать все] можно выбрать все пункты сразу. Нажмите кнопку [Восстановить выбранные модели из корзины], чтобы вставить удаленные модели в исходные папки проекта.

Чтобы удалить объекты, хранящиеся в Корзине Dlubal,

выберите **Очистить корзину Dlubal** в меню **Редактировать** менеджера проектов.

Перед полным удалением пунктов из корзины, будет отображен проверочный запрос.

Для настройки параметров корзины Dlubal,

выберите **Настройки для корзины Dlubal** в меню **Редактировать** менеджера проектов.

Появится диалоговое окно, в котором требуется ввести папку для корзины и дополнительно определяется возможность предупреждения в случае недостатка места на диске.

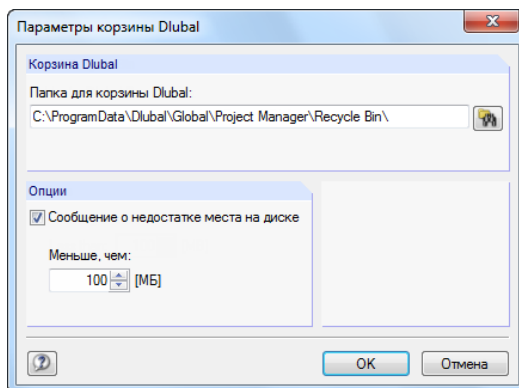


Рисунок 12.20: Диалоговое окно *Настройки* для корзины *Dlupal*

12.1.4.3 Папки

Каталоги для папок из менеджера проектов (и каталоги блоков) можно проверить в диалоговом окне *Настройки*. Чтобы открыть данное диалоговое окно,

Выберите **Возможности программы** в меню **Редактировать** менеджера проектов.

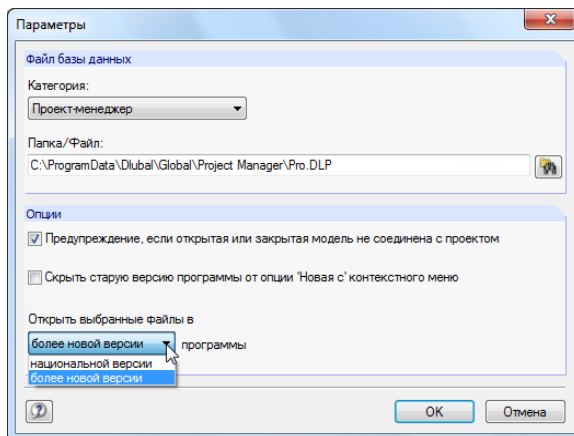


Рисунок 12.21: Диалоговое окно *Настройки*



Отдел *Категория* управляет настройками отдельно для каталогов папок менеджера проектов и для каталога блоков. Папка и имя файла изображаются в поле ввода ниже, в котором их можно при необходимости редактировать. Информация о проектах в менеджере проектов хранится в файле **PRO.DLP**, который обычно находится в папке *C:\ProgramData\Dlupal\PROMAN* (Windows 7) или *C:\Documents and Settings\All Users\Application Data\Dlupal\PROMAN* (Windows XP). С помощью кнопки [Просматривать] можно установить другой каталог для файла.

Благодаря возможности сетевой синхронизации менеджера проектов, управление файлами может происходить на центральном месте: менеджер проектов работает на каждом местном компьютере, но используется центральный файл *PRO.DLP* на сервере (см. раздел 12.3, стр.606).

В разделе диалога *Возможности* доступны общие настройки для обработки файлов программы RFEM: как правило, на экране появится сообщение при открытии файлов из Explorer, электронной почты и т.д., если соответствующая папка не интегрирована в менеджере проектов. Данное сообщение можно отключить. Кроме того, можно установить версию программы, в которой будут созданы или открыты данные файлы.

12.2 Создание новой модели



Чтобы создать новую модель,

- выберите **Новый** в меню программы RFEM **Файл**,
- нажмите кнопку на панели инструментов [Новая модель]
- выберите пункт **Новые с помощью** в меню **Модель** менеджера проекта, а потом выберите **RFEM 5**.

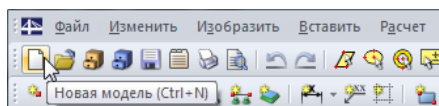


Рисунок 12.22: Кнопка *Новая модель*

Откроется диалоговое окно *Новая модель - Основные данные*, которое состоит из двух частей.

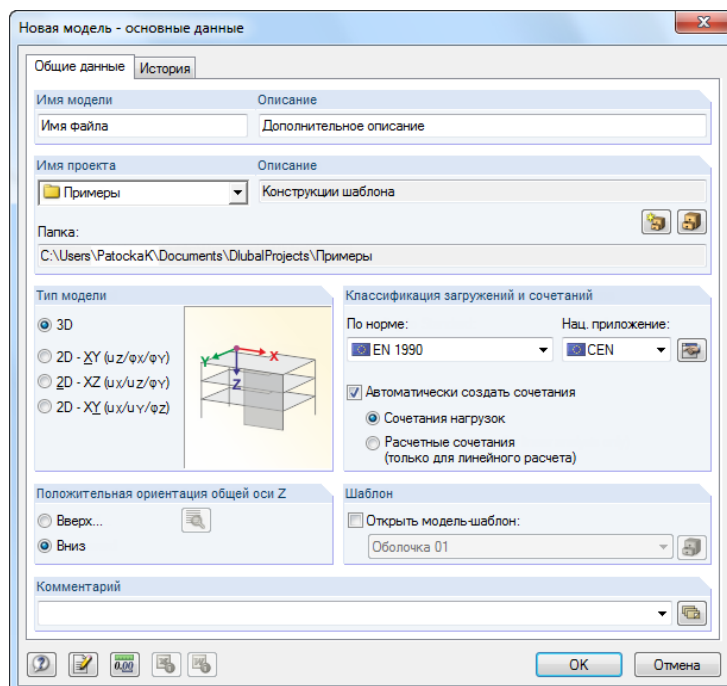


Рисунок 12.23: Диалоговое окно *Новая модель - Основные данные*, вкладка *Основные*

При дальнейшей необходимости редактирования основных данных модели,

- выберите **Данные модели** в меню **Редактировать**, а потом выберите **Основные данные**
- используйте *Основные данные* в контекстном меню данной модели в навигаторе.

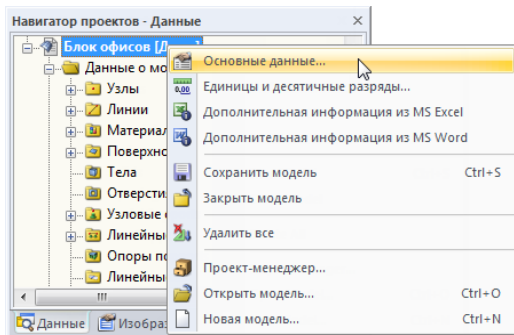


Рисунок 12.24: Контекстное меню модели

12.2.1 Вкладка Основные

В первой вкладке (см. Рисунок 12.23) вводятся основные параметры модели.

Название / описание

В поле *Название модели* введите обозначение, которое одновременно будет использоваться и как название файла. В поле *Описание* можно ввести подробное описание модели. Оно отображается в протоколе результатов, но, как и описание проекта, не имеет в дальнейшем никакого значения.

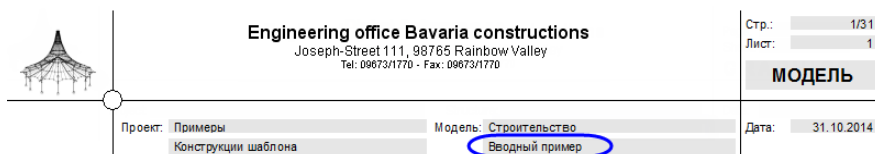


Рисунок 12.25: Описание модели в протоколе результатов

Название проекта / описание

В списке *Название проекта* можно выбрать папку, в которой будет сохранена модель. Всегда предварительно установлен текущий проект. Текущий проект можно изменить в менеджере проектов (см. раздел 12.1, стр. 585), который можно открыть в непосредственно данном разделе диалога с помощью щелчка на кнопку справа.

Для информации далее приводится *описание* проекта и каталог в поле *Папка*.

Тип модели

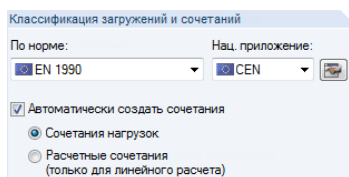
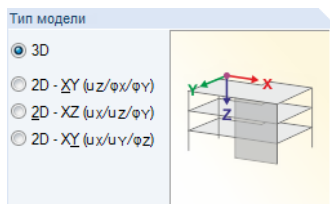
В общих данных модели требуется определить тип модели: пространственная или плоская. В случае плоских моделей, у которых количество координат и степеней свободы ниже, следственно вводится меньшее количество вводных данных.

Тип *2D - XY* используется для плоских поверхностных конструкций, как плиты с нагрузкой перпендикулярной к плоскости поверхности. Типы модели *2D - XZ* и *2D - XY* могут быть использованы в случае стен и оболочек при условии, что нагрузка действует только в направлении плоскости поверхности. У плоских стержневых конструкций рекомендуется использовать тип *2D - XZ* потому что учитываются моменты только около сильных осей стержней.

Изменить тип модели можно и впоследствии. Но нужно учитывать, что изменение может вести к потере данных. (например, изменение 3D модели на 2D стену).

Классификация загружений и сочетаний нагрузок

Нагрузки, которые действуют на конструкцию, формируются в загружения. Загружениями могут быть, например, собственный вес, снег или полезная нагрузка.



Отдельные нормы определяют правила комбинирования нагрузок. Поэтому очень важно определить нагрузки в определенные категории воздействий (см. главу 5.1, стр. 185). Таким образом, при создании сочетаний нагрузок и расчетных сочетаний программа RFEM может автоматически присвоить нагрузкам правильные частичные коэффициенты и коэффициенты сочетания.

В соответствии с нормой

Список *В соответствии с нормой* содержит множество правил и норм, в которых установлены правила надежности, эксплуатации и устойчивости несущих конструкций. Норма, которая будет выбрана, будет в программе RFEM определяющим фактором для создания сочетаний нагрузок и расчетных сочетаний. Данная спецификация особенно важна для автоматического создания сочетаний в программе RFEM (см. раздел 5.2, страница 188 в разделе 5.4, страница 204).

Если выбрать *Нулевой*, сочетание не будет создано автоматически, что отвечает обычной ситуации в программе RFEM 4. Создавать нагрузки в сочетании в таком случае требуется вручную (см. раздел 5.5.1, страница 209 и раздел 5.6.1, страница 217).

Если норма будет впоследствии изменена, требуется нагрузки снова классифицировать и сочетания исправить. Появится соответствующее предупреждение.

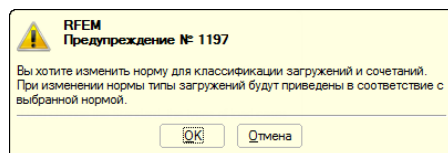
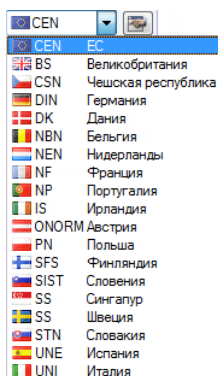


Рисунок 12.26: Предупреждение при изменении нормы

Национальные приложения

Когда выбрана норма *EN 1990*, появится дополнительный список: несмотря на то, что правила комбинирования устанавливает Европейский норматив, отдельные государства могут сами редактировать частичные коэффициенты и коэффициенты сочетаний.

В списке находятся национальные приложения разных государств. Если выбрать *CEN*, то будут применяться коэффициенты, рекомендованные Европейской комиссией.

После щелчка на кнопку [Редактировать настройки норм...] можно частичные коэффициенты и коэффициенты сочетаний, настроенные в соответствии с текущей нормой, дополнительно проверить, и в случае нормы, установленной пользователем, и редактировать.

Откроется диалоговое окно *Коэффициенты*, в котором коэффициенты организованы в нескольких вкладках. В первой вкладке представлены *частичные коэффициенты γ* для расчетных ситуаций при оценке "статического равновесия" и "надежности".



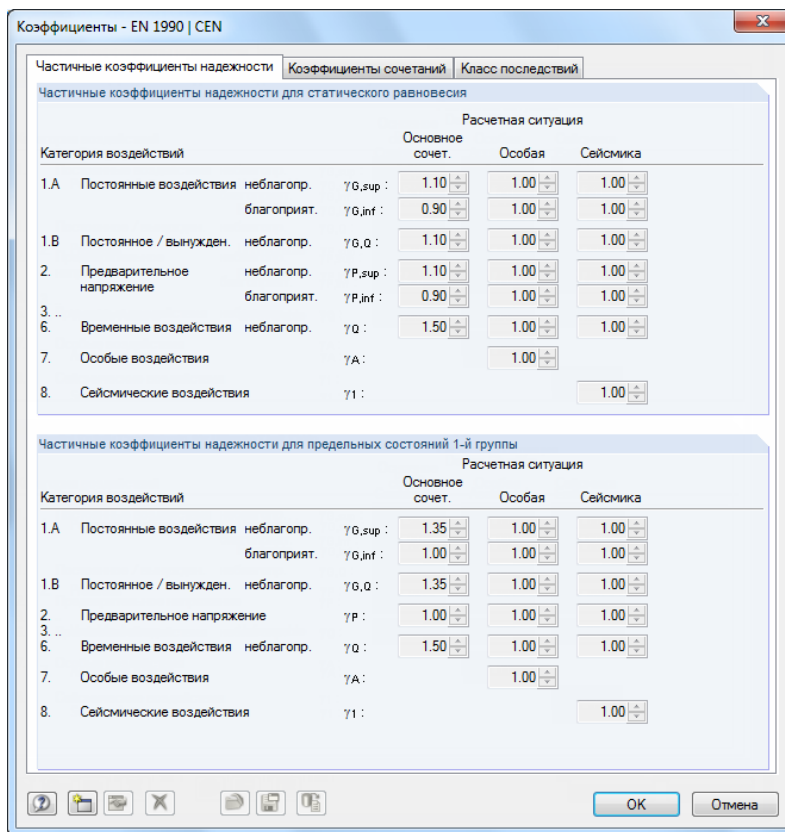


Рисунок 12.27: Диалоговое окно Коэффициенты, вкладка Частичные коэффициенты надежности

Во вкладке Коэффициенты сочетания (см. Рисунок 5.24, стр. 206) устанавливаются значения коэффициентов ψ и ξ . Во вкладке Класс назначения, которая доступна в случае выбора нормы EN 1990, можно самим определить величину коэффициента K_{FI} .

Автоматически создавать комбинации

Флажок не выполнен по умолчанию, переключатель с двумя вариантами ниже потом не доступен. Таким образом, необходимые сочетания нагрузок и расчетные сочетания в таком случае должны быть созданы вручную, как в программе RFEM 4 (см. раздел 5.5.1, стр. 209 и раздел 5.6.1, стр. 217). С учетом установленной нормы, загрузки при их формировании в сочетания, автоматически назначаются частичные коэффициенты и коэффициенты сочетания.

Пользователь может создавать сочетания полностью автоматически. При обозначении данной опции, кроме остальных вкладок в диалоговом окне Редактировать загрузки и сочетания будут отображены также дополнительные пункты в навигаторе Данные и далее таблицы от 2.2 до 2.4. Генерирование сочетаний подробно описано в разделе 5.2, страница 188, в разделе 5.4, страница 204.



Автоматическое совмещение нагрузок в сочетания основано на принципе дополнительного модуля RF-SHMBI. Дополнительную информацию к данной теме можно найти также в руководстве к выше uvedenному дополнительному модулю, которое можно скачать на сайте www.dlubal.com в разделе Скачать.

В сочетании можно автоматически сочетать нагрузки или результаты. Разница между двумя возможными типами сочетаний описывается в разделе 5.5 на странице 208 и 5.6 на странице 217.

Положительная направление глобальной оси Z

В данном разделе устанавливается направление глобальной оси Z. В САПР приложениях, Z-ось направлена, как правило, вверх. В программах, используемых для статического

Положительная ориентация общей оси Z

Вверх...

Вниз

анализа, она, как правило, направлена вниз. Эта данная каким-либо образом не влияет на расчёт.

Если Z-ось направлена *вверх* и в основных данных загрузки собственный вес был указан с коэффициентом 1.0 в направлении Z, то собственный вес действует в направлении вверх. Но если требуется, чтобы собственный вес действовал вниз, то в этом случае коэффициент собственного веса должен быть изменен на -1.0.



Если глобальная Z-ось направлена вверх, можно после щелчка на кнопку [Выбрать направление местной оси z...] установить у поверхностей и стержней в горизонтальном направлении направление глобальной оси z. Откроется диалоговое окно *Направление местной Z-оси*.

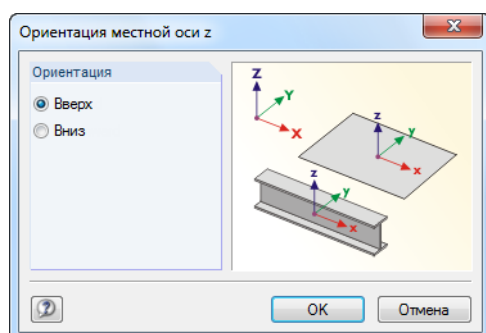


Рисунок 12.28: Диалоговое окно *Направление местной Z-оси*

Местная z-ось может быть направлена *вверх* или *вниз*, таким образом можно, например, правильно определить фундамент поверхности или слой арматуры.

крепления пластин соответствующим образом. Потом, ответьте на запрос (см. Рисунок 12.29), появляющегося при закрытии диалогового окна *Общие данные* при помощи *Нет*.



В программе RFEM5 можно направление оси Z впоследствии изменить. При этом имеется возможность изменить координаты и глобальную нагрузку так, чтобы изображение модели осталось неизменным. При изменении направления оси в программе появляется следующий запрос:

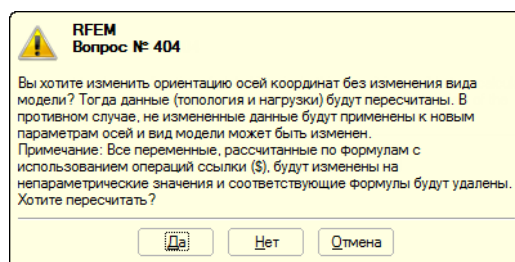


Рисунок 12.29: запрос при дополнительном изменении направления оси z

Шаблон

Модель можно создать по шаблону, который был сохранен из другой модели с помощью команды **Сохранить как шаблон** в меню **Файл**.

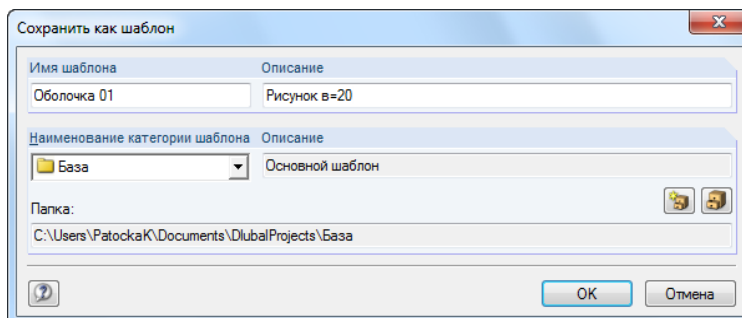
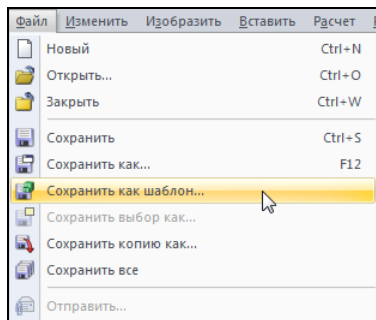


Рисунок 12.30: Диалоговое окно *Сохранить как шаблон*

Как правило, шаблоны хранятся в папке Dlubal для моделей примеров *Основа*. Открыть их Можно также из менеджера проектов из пункта навигатора *Исходные* в меню *Шаблоны* (см. Рисунок 12.3, страница 586).

После отметки соответствующего флажка в диалоговом окне *Модель - Общие данные*, можно выбрать из перечня требуемый *Шаблон*.

С помощью щелчка на слева отображенную кнопку можно открыть вид с рисунками примерами конструкций, которые облегчают выбор шаблона.

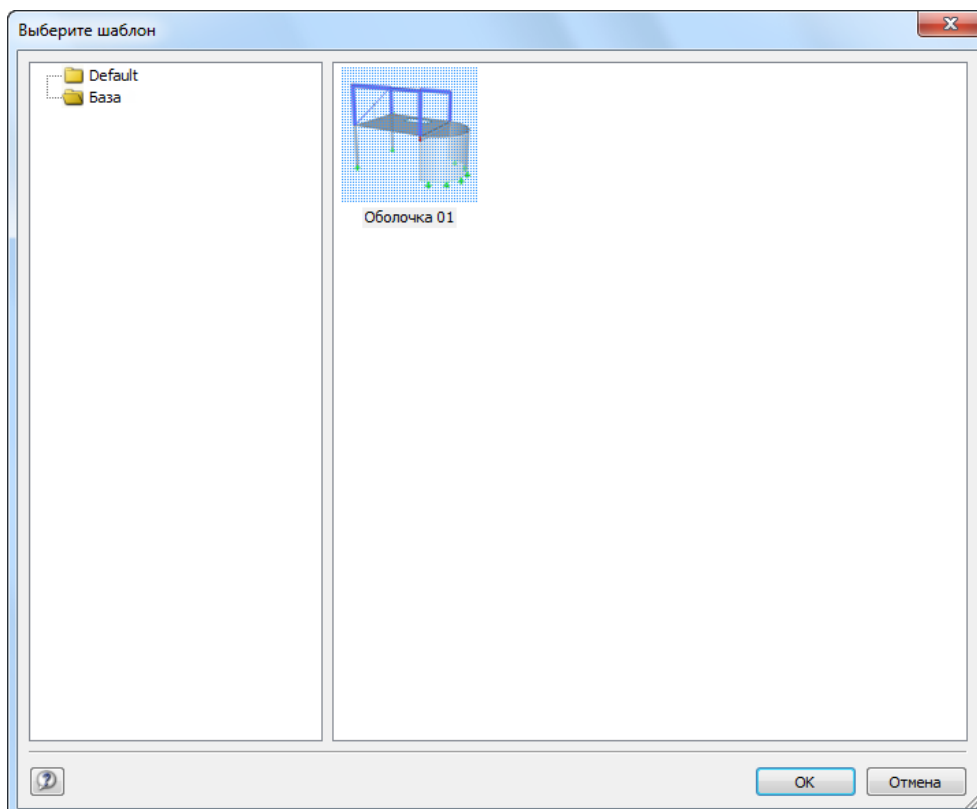
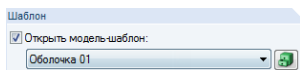


Рисунок 12.31: Диалоговое окно *Выбрать шаблон*

Комментарий

Для пополнения основных данных можно в данное поле ввести собственную краткую заметку или выбрать комментарий из перечня. Комментарий будет отображен и в протоколе результатов.

У кнопок в диалоговом окне *Новая модель – основные данные* следующие функции:





Кнопка	Наименование	Объяснение
	Комментарий	→ раздел 11.1.4, стр. 453
	Единицы и десятичные разряды	→ раздел 11.1.3, стр. 452
	MS Excel	Возможность для пользователей ввести следующие заметки в файле формата XLS, которой будет сохранен вместе с остальной информацией в файле программы RFEM.
	MS Word	Возможность для пользователей ввести собственные заметки в файле формате DOC, который будет сохранен вместе с остальной информацией в файле программы RFEM.

Таблица 12.2: Кнопки диалогового окна *Новая модель – основные данные*

12.2.2 История

Во второй вкладке *История* диалогового окна *Общие данные* ведется запись процесса обработки модели.

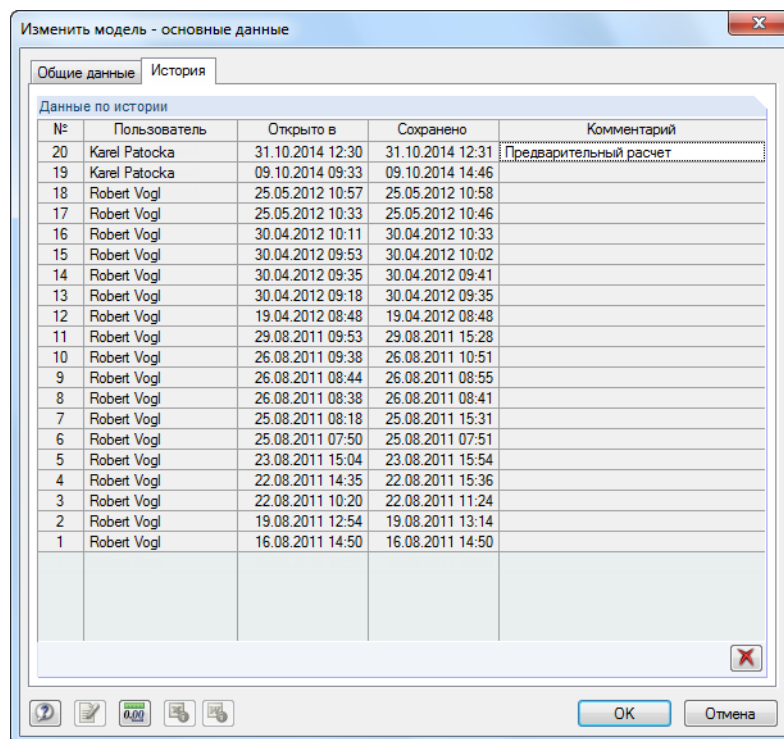


Рисунок 12.32: Диалоговое окно *Редактировать модель - Общие данные*, вкладка *История*

В таблице представлена информация о том, когда пользователь данную модель *открывал* или *сохранял*.

В самой верхней строке таблицы, можно оставить *комментарий*, который будет описывать текущее состояние обработки модели. После следующего сохранения модели данный комментарий станет частью истории. История модели и с комментарием отобразится не только в данной вкладке, но ее можно просматривать и в менеджере проектов (см. Рисунок 12.15, страница 593).



С помощью кнопки [X] можно удалить данные о процессе обработки модели. Таким образом, можно из файла удалить собственную информацию.

12.3 Управление в сети

Когда несколько пользователей работают на одних и тех же проектах, управление моделью может быть организовано менеджером проекта, при условии, что модели конструкции хранятся в папке, которая доступна в сети.

Во-первых, подключите к сетевую папку для внутреннего управления проектами. Описание находится в разделе 12.1.1 на странице 587. Теперь можно получить прямой доступ к моделям в данной папке в менеджере проекта, то есть их можно открывать или копировать, просматривать отдельные фазы обработки конструкции или настроить защиту от перезаписи.

Если другой пользователь уже работает над моделью, которую вы хотите открыть, то появляется предупреждение. В этом случае, можно открыть модель в виде копии.

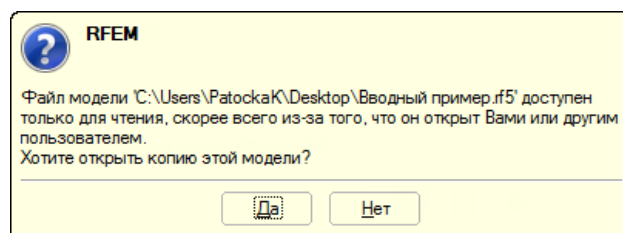


Рисунок 12.33: Запрос при открытии модели, защищенной от перезаписи

Автоматическое сравнение изменений не возможно.



Информация о проектах, зарегистрированных в менеджере проектов, хранится в файле **PRO.DLP**. Это текстовый файл, который по умолчанию находится в папке *C:\Documents and Settings\All Users\Application Data\Dlubal\PROMAN* (Windows XP) или *C:\ProgramData\Dlubal\PROMAN* (Windows 7).

Если вы не хотите присоединять файлы проекта по отдельности, то достаточно скопировать файл PRO.DLP на другой компьютер. Файл можно также редактировать с помощью редактора. Это облегчает импорт всех соответствующих папок проекта во внутреннее управление файлами менеджера проектов, особенно после новых установок. В качестве альтернативы, можно использовать функцию *Импорт папки* (см. раздел 12.1.1, стр. 590).

Перед копированием файла PRO.DLP – аналогично как в случае перед удалением приложений компании Dlubal - рекомендуется сохранить существующий файл.

Менеджер проектов синхронизируется с сетью. Управление файлами может быть организовано в одном месте, и в нем могут участвовать все пользователи. Чтобы настроить сеть,

выберите **Возможности программы** в меню **Редактировать**.

Откроется диалоговое окно, в котором можно определить место для хранения файла PRO.DLP (см. Рисунок 12.21, стр. 597).

Менеджер проектов работает на каждом локальном компьютере, но каждый из них использует файл центрального сервера PRO.DLP. Таким образом, все пользователи могут редактировать проект одновременно. Файл PRO.DLP при этом будет заблокирован от перезаписи только на короткое время и потом снова станет сразу же доступным.

12.4 Менеджер блоков

Менеджер блоков управляет блоками моделей при помощи перекрестного менеджера проекта: Выбранные объекты могут быть сохранены в виде блоков и повторно импортированы в другие модели. Множество типизированных элементов предопределено в *Каталоге* менеджера блоков.



Чтобы открыть Менеджер блоков, выберите **Блок-менеджер** в меню **Файл** в программе RFEM или используйте кнопку на панели инструментов, показанную слева.

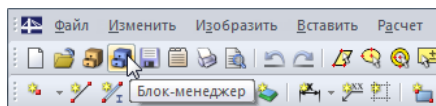


Рисунок 12.34: Кнопка *Блок-менеджер* на панели инструментов

При открытии Блок-менеджера, появляется мульти окно. Как менеджер проекта (см. главу 12.1) он имеет свое собственное меню и панель инструментов.

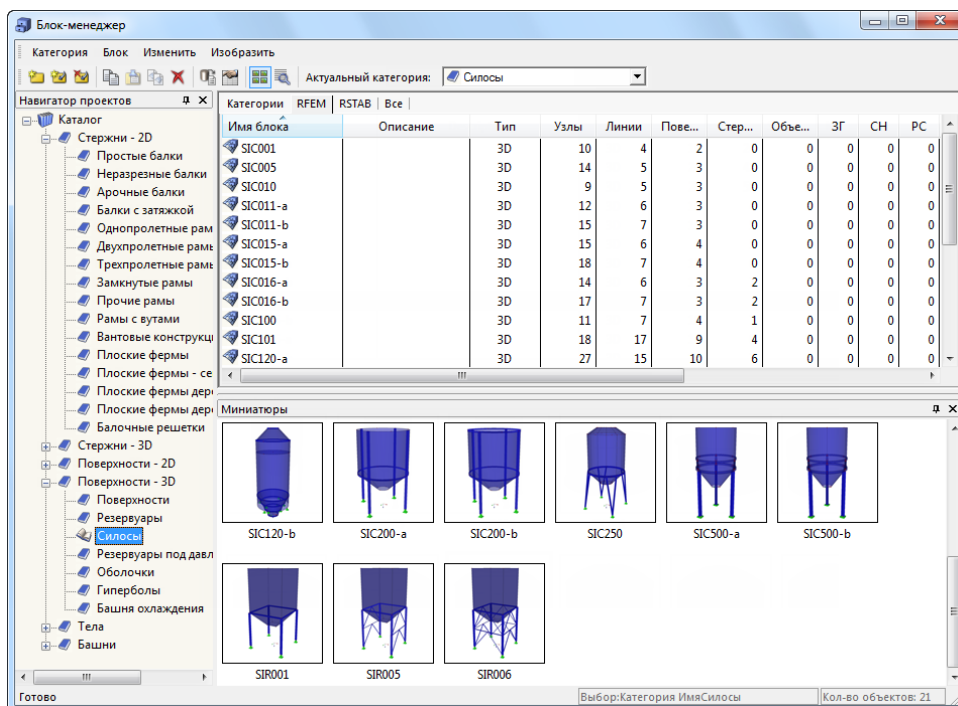


Рисунок 12.35: Менеджер блоков

Навигатор в каталоге блоков

Слева вы видите навигатор с *Каталогом* всех категорий блоков. Текущая категория установлена шрифтом. Чтобы выбрать другую категорию, дважды щелкните на соответствующую запись или используйте список *Текущая категория* в панели инструментов Менеджера. В таблице справа от навигатора перечислены объекты, входящие в выбранную категорию. Для выбора доступны различные блоки для стержневых и поверхностных моделей и тел.

Таблица блоков

Блоки упорядочены друг за другом. Кроме *названия блока* и *описания*, всегда отображается важная информация о данном объекте.



Чтобы настроить изображаемые столбцы, выберите **Задать столбцы регистра** в меню менеджера блока **Изобразить**, или используйте кнопку на панели инструментов, показанную слева (см. главы 12.1.4.1, страница 595).

Подробности

В данной части окна отображается подробная информация о выбранном блоке.


Предварительный просмотр

Выбранный блок отображается в окне предварительного просмотра. Размер окна предварительного просмотра можно регулировать путем перемещения верхнего края окна.

Пиктограммы

Нижняя часть менеджера блоков предлагает вам в графическом виде просмотр блоков, которые содержатся в выбранной категории. Рисунки синхронизированы с таблицей.

Флажки используются для минимализации отдельных частей окна. Они будут отображены в качестве вкладок в нижней строке менеджера каталога блоков.

Подробности 

12.4.1 Создание блока

Для создания нового блока из определённого объекта, сначала выберите соответствующий объект в текущей модели RFEM в рабочем окне. Можно выполнить множественный выбор, если нарисовать окно при помощи кнопки мыши. Также можно щелкнуть на несколько элементов, удерживая нажатой клавишу [Ctrl].

Для создания нового блока,
выберите **Сохранить как блок** в меню **Файл**.

Откроется следующее диалоговое окно:

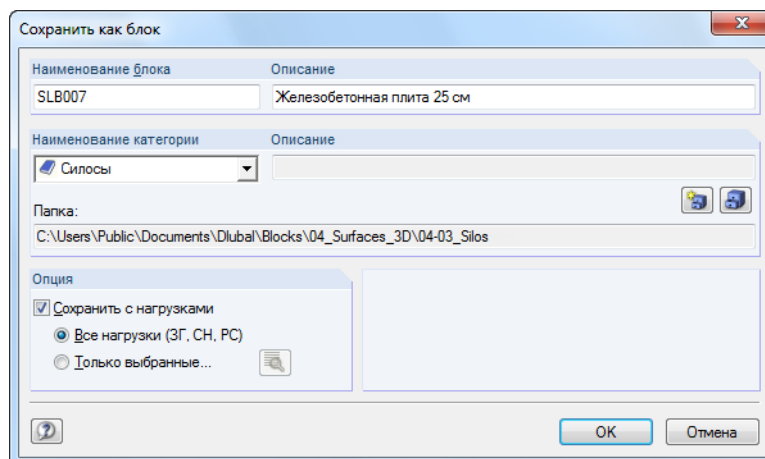


Рисунок 12.36: Диалоговое окно *Сохранить как блок*

Введите *название блока* и *название категории*, в которой будет сохранен блок. Категория может быть выбрана из перечня. К блоку можно ввести и краткое *описание*.

Каталог блока указывается в диалоговом поле *Папка*.

Если у объекта установлены нагрузки, то их можно сохранить вместе с блоком. Кроме того, можно использовать настройки в разделе диалога *Возможности*, чтобы решить, если будут сохранены все нагрузки или только определённые загрузки.



С помощью кнопки [Новая категория] можно создать новую категорию блоков.

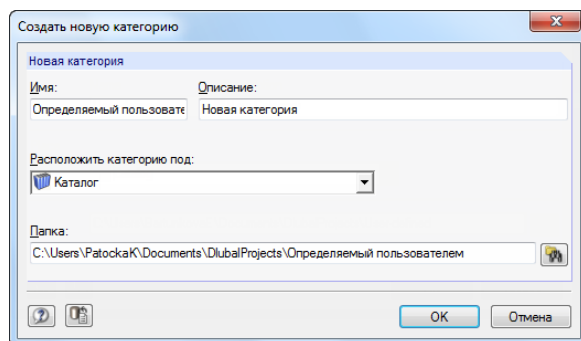


Рисунок 12.37: Диалоговое окно *Создать новую категорию*

Создание блока аналогично созданию нового проекта в менеджере проектов (см. раздел 12.1.1, стр. 587).

12.4.2 Импорт блоков



Чтобы импортировать блок в текущую RFEM модель, откройте Блок-Менеджер (см. Рисунок 12.34, стр. 607). Сначала, выберите категорию в каталоге. Потом можно выбрать соответствующий блок с помощью щелчка мыши во вкладке *RFEM*.

Для запуска процесса импортирования,

- выберите **Вставить блок** в меню **Блок**
- используйте контекстное меню блока.

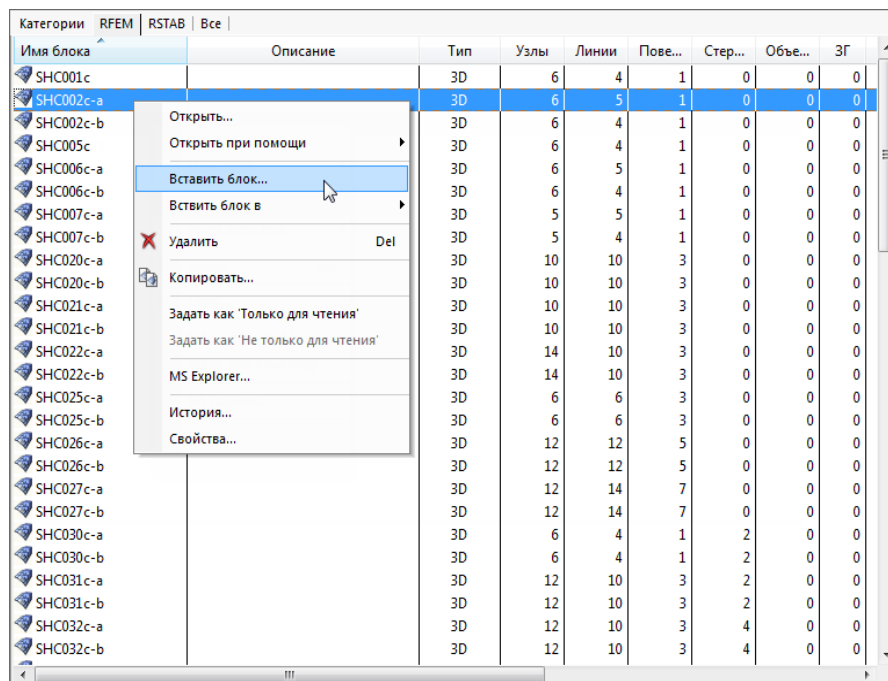


Рисунок 12.38: Контекстное меню блока

Можно также дважды щелкнуть на блок в таблице. Откроется следующее диалоговое окно:

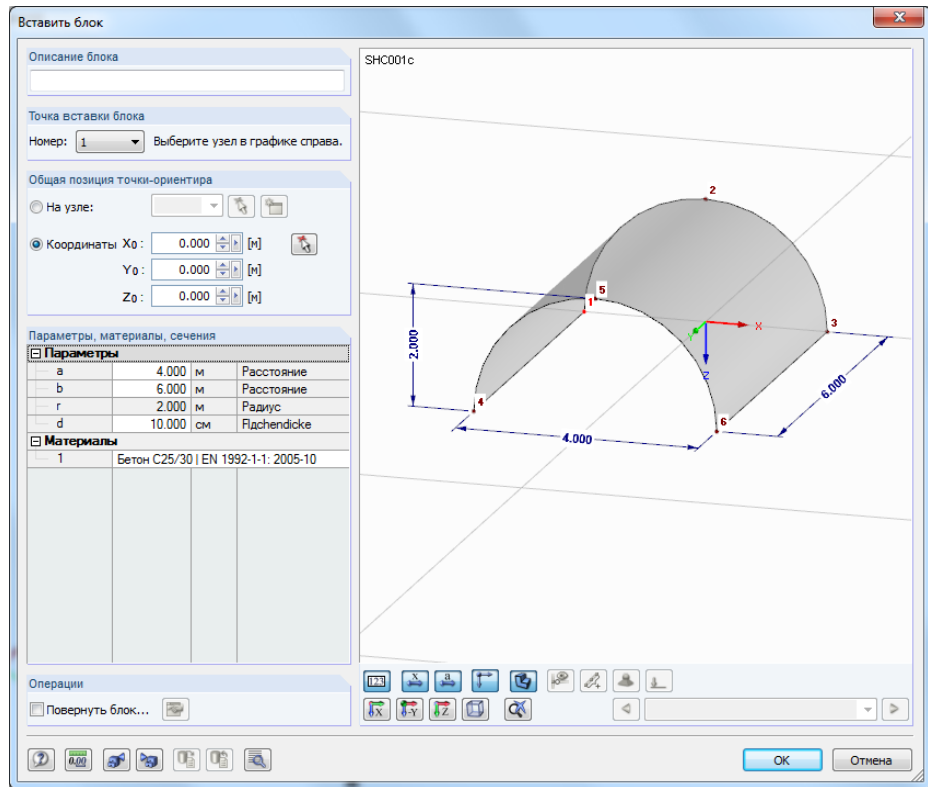


Рисунок 12.39: Диалоговое окно *Вставить блок*



Укажите *Точку вставки блока* ("Точка привязки") и его *глобальное положение* в модели в программе RFEM. Точку можно выбрать также в графическом окне в модели блока или в модели конструкции в программе RFEM.



Геометрические *Параметры* можно редактировать, а также *материалы* и *сечения*. После щелчка в соответствующее поле ввода станут доступны кнопки, которые можно использовать для выбора элементов из перечня или открытия базы данных.

У блоков, которые установил пользователь, можно импортировать и сохраненные нагрузки. *Текущие нагрузки* можно выбрать из перечня.



Щелкните на кнопку [Редактировать настройку подробностей] чтобы установить определённые параметры импорта в отдельном диалоговом окне.

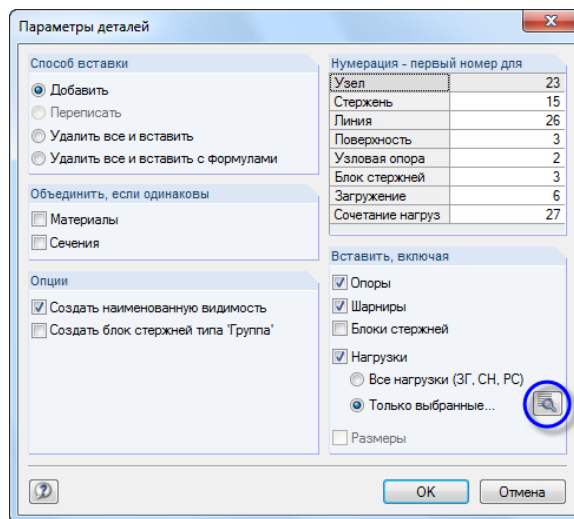


Рисунок 12.40: Диалоговое окно *Настройка подробностей*

С помощью функций диалогового окна *Настройка подробностей* можно определить способ вставки объектов по отношению к первоначальным элементам конструкции. Кроме того, в данном диалоговом окне можно настроить *нумерацию*.



Нажмите на кнопку [Выбрать нагрузки], чтобы открыть новое диалоговое окно, в котором можно выбрать конкретные загрузки, сочетания нагрузки и расчетные сочетания, которые будут импортироваться вместе с блоком.

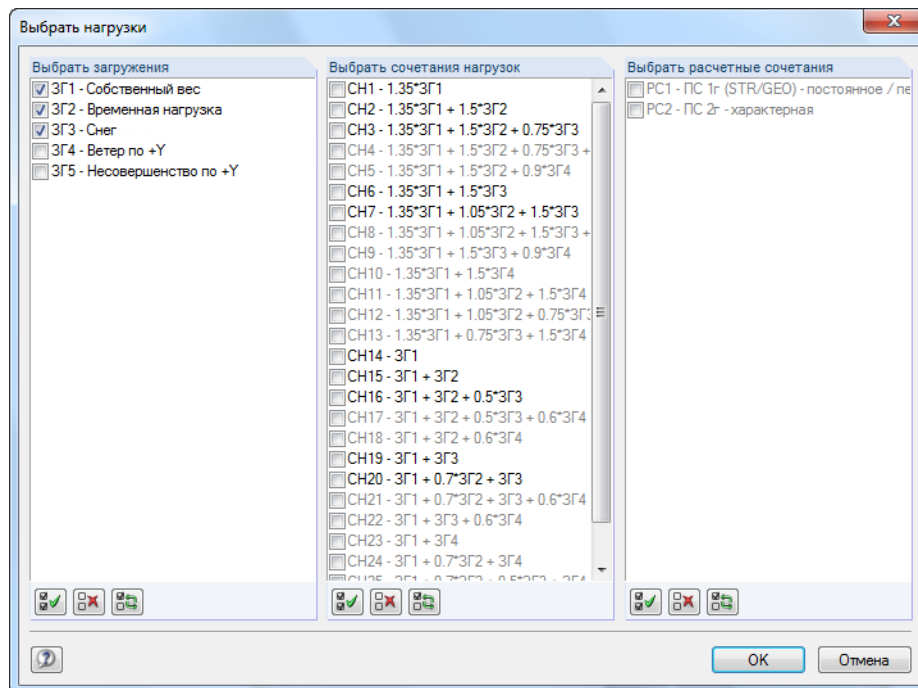


Рисунок 12.41: Диалоговое окно *Выбор нагрузки*

12.4.3 Удаление блока



Для удаления блока,

- выберите **Удалить** в меню **Блок** (блок должен быть заранее выбран)
- нажмите кнопку [Удалить] на панели инструментов
- используйте контекстное меню блока (см. Рисунок 12.38).

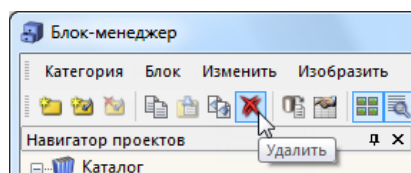


Рисунок 12.42: Кнопка *Удалить*

После проверочного запроса программы, блок будет перенесен в корзину Dlubal.

12.5 Интерфейс

Программа RFEM предлагает вам возможность обмена данными с другими программами. Таким образом, можно использовать, например, шаблоны САПР, созданные в других приложениях, и наоборот, результаты статических расчётов конструкции можно использовать в программах для расчёта и проектирования конструкций.

Экспорт протокола результатов в качестве **RTF** файла или его передача в программу **VCmaster** описан в разделе 10.1.11 на странице 432.

Дополнительно к программе RFEM предлагается программируемый интерфейс, основанный на СНМ технологии (например, Visual Basic). Дополнительный модуль **RF-СНМ** предоставляет пользователю возможность программировать вводные макросы и программ дальнейших действий.

12.5.1 Прямой обмен данных

Программа RFEM предоставляет конечно же интерфейсы для других программ, разработанных компанией DLUBAL. В программу **RFEM 5** можно ввести данные всех предыдущих версий программы **RFEM**. В программе RFEM также можно непосредственно открыть файлы из программы **RСТАБЛИЦА** для расчетов стержневых конструкций и дополнить в них плоские элементы и сплошные тела. Таким же образом, можно в программе RСТАБЛИЦА 8 открывать файлы, созданные в программе RFEM 5.

В программе существует прямая связь к приложениям САПР **Tekla Structures** и **Autodesk AutoCAD** (кроме LT версии). Таким образом, в программе RFEM можно воспользоваться преимуществами BIM (информационное моделирование зданий), в котором происходит прямой обмен моделей данных для процессов цифрового планирования.



Для спуска прямого обмена данных,

выберите **Импорт** или **Экспорт** в меню **Файл**

или используйте кнопки панели инструментов, показанные слева.

Откроется диалоговое окно, показанное на Рисунок 12.43 или Рисунок 12.44 на странице 613, в котором можно выбрать соответствующее приложение САПР в диалоговом разделе *Прямой импорт* или *Прямой экспорт*.

У кнопок на панели инструментов *Экспорт / Импорт* следующие функции:





	Прямой импорт из Tekla Structures
	Прямой экспорт в Tekla Structures
	Прямой импорт из AutoCAD
	Прямой экспорт в AutoCAD

Таблица 12.3: Кнопки панели инструментов *Экспорт / Импорт*

Описания интерфейсов с программами Tekla Structures и Autodesk AutoCAD Revit находятся на www.dlubal.ch/manuals-for-category-interfaces.aspx в разделе *Интерфейс*.

- **RX-Tekla**
- **RX-Revit**

12.5.2 Форматы файлов для обмена данными

Файлы типа *.stp, *.dxf, *.fem, *.asf, *.dat, *.cfe или *.ifc, созданные в других программах, можно в программе RFEM использовать в качестве матрицы. Программа RFEM также предлагает данные в соответствующих форматах, пригодных для других программ.

Чтобы открыть диалоговое окно для импорта файла, выберите **Импорт** в меню **Файл**.

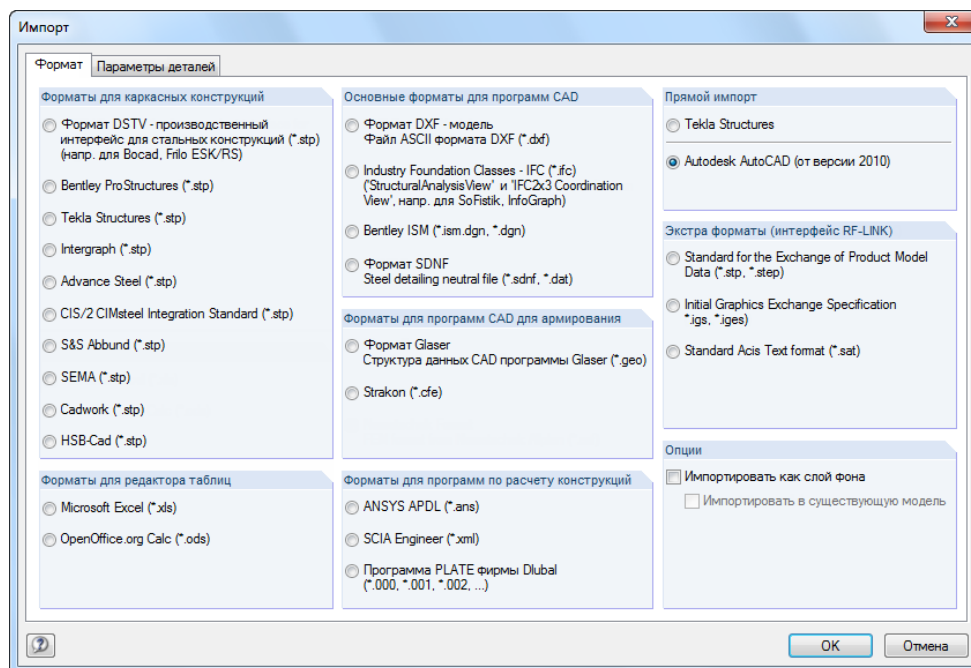


Рисунок 12.43: Диалоговое окно *Импорт*

Когда включена функция *Импорт как неактивный слой*, программа RFEM отображает в рабочем окне только проволочную модель, которую можно использовать для определения узлов, линий и т.д. (см. главы 11.3.10, страница 490).



Для спуска экспорта файла из программы RFEM, выберите **Экспорт** в меню **Файл**.

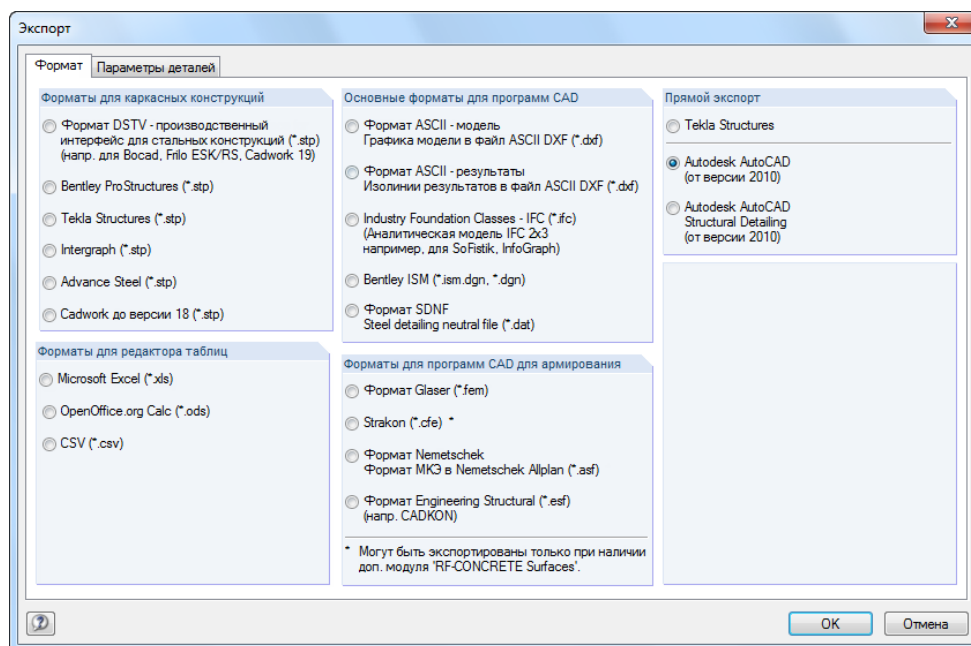


Рисунок 12.44: Диалоговое окно Экспорт

Форматы для стержневых конструкций

DSTV формат *.stp

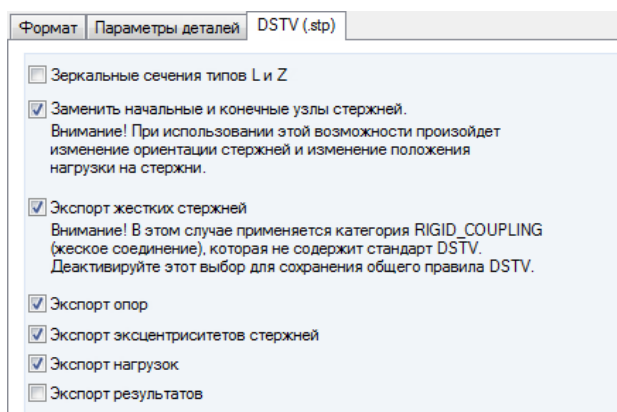
При использовании папок, интерфейсы которых соответствуют DSTV (Немецкая ассоциация стальных конструкций), замена их не ограничивается только стержневыми моделями, а содержит полную информацию о конструкции и нагрузках, которые необходимы для дальнейшей обработки данных. Компания DLUBAL, как и многие другие разработчики программного обеспечения, работает совместно над разработкой данного интерфейса, который предоставляет обмен данными с различными программами, например, *Bentley ProStructure*, *Tekla Structures*, *Intergraph Frameworks*, *Advance Steel*, *CIS/2 CIMSteel* или *Cadwork*. Данные программы можно выбрать непосредственно в диалоговых окнах импорта и экспорта данных.



Интерфейс обрабатывает общие данные статике и данные CAD. Программа RFEM, однако, поддерживает только структурные форматы с конкретными "субъектами" (подробную информацию можно найти в Формате PDF по адресу http://www.dlubal.CHm/download/pss_dstv-E.pdf).

Интерфейса предоставляет данные о узлах, стержнях и сечениях, включая эксцентриситеты стержней и Вращения сечений. Далее, через интерфейс передается информация о узловых опорах, загрузениях, сочетаниях нагрузок и расчётных сочетаниях с загрузениями на узлах, стержнях и с несовершенством. Результаты расчёта могут быть также сохранены в файле обмена.

Дополнительные настройки для обмена данными могут быть определены в вкладке диалога *DSTV (.stp)*.

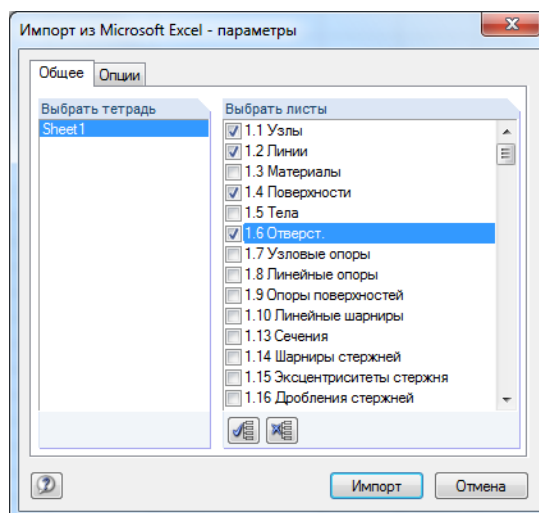
Рисунок 12.45: Диалоговое окно *Экспорт*, таблица *DSTV (.stp)*

Форматы файлов для таблицы

MS Excel формат *.xls

Программа RFEM способна импортировать и создавать таблицы в виде *.XLS файлов. Обмен данными с MS Excel уже был описан в разделе 11.5.6 на странице 529, однако он касался только текущей таблицы в программе RFEM. Ниже описываемая функция позволяет импортировать и экспортировать все данные определенной модели сразу. При этом можно использовать собственные, внешние генераторы данных о конструкции и о нагрузках.

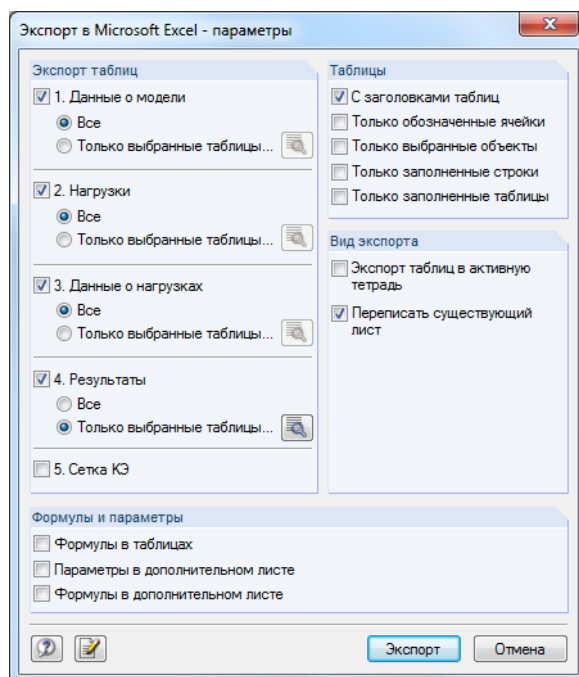
Чтобы **импортировать** файл XLS, в первую очередь, откройте файл в MS Excel. После выбора *Microsoft Excel* в диалоговом окне программы RFEM откроется следующее диалоговое окно (см. Рисунок 12.43).

Рисунок 12.46: Диалоговое окно *Импорт из Microsoft Excel - Настройка*

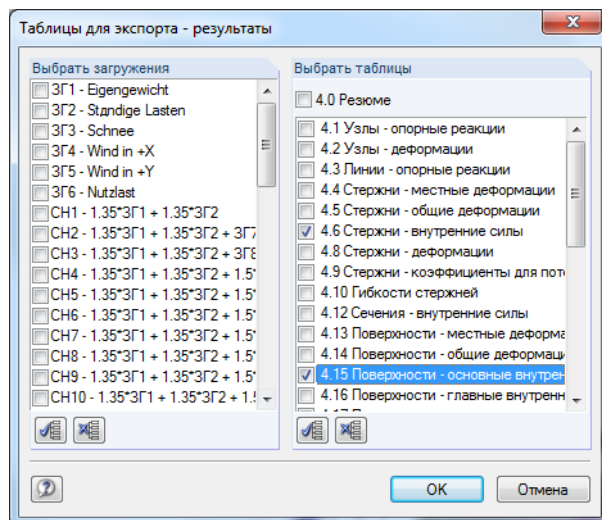
Выберите *Рабочую тетрадь* и *Рабочую таблицу*, которые требуется импортировать. Описания, последовательность и структура рабочих листов должны точно соответствовать данным программы RFEM для правильной записи импортируемых данных в таблице программы RFEM. Если вы не совсем уверены, то для проверки попробуйте сначала создать файл XLS из текущего файла программы RFEM.

Во вкладке *Возможности*, укажите, каким образом будут импортированы рабочие листы - с заголовками или без них, и как будут представлены формулы в листах.

Когда **экспортируете** файл, не нужно открывать программу MS Excel, она запускается автоматически.

Рисунок 12.47: Диалоговое окно *Экспорт в Microsoft Excel - Настройки*

В диалоговом разделе *Экспорт таблиц*, выберите таблицы, которые вы хотите экспортировать. При включенной функции *Только выбранные таблицы*, в программе RFEM есть соответствующую кнопку [Выбор таблиц для экспорта]. Откроется диалоговое окно для подробной настройки.

Рисунок 12.48: Диалоговое окно *Таблицы для экспорта - Результаты*

В диалоговом разделе *Формулы и параметры* в исходном диалоговом окне (Рисунок 12.48), можно определить если в процессе экспорта данных из программы RFEM в программу Excel будут переводится и сохраненные формулы.

OpenOffice формат *.ods

Этот интерфейс доступен только в случае когда установлены *OpenOffice.org Ca3Г* и *RFEM 5 32-битный*.

Функции импорта и экспорта аналогичны функции обмена данных между программами RFEM и Excel, которые были подробно описаны в предыдущей разделе.

Общие форматы файлов для САПР программ

ASCII формат *.dxf

Формат DXF несет в себе только общую информацию об используемых в модели линиях. Программа RFEM способна импортировать стержневую модель, созданную, например, в AutoCAD и создавать DXF файл из текущей модели. При экспорте стержни будут сохранены в отдельном слое в соответствии с сечениями. Узловые опоры, нагрузки и т.д. не переносятся.

Дополнительные настройки для обмена данными можно установить во вкладке диалога *ASCII Формат DXF (*.DXF)*. Рекомендуется проверить параметры, особенно перед импортом.

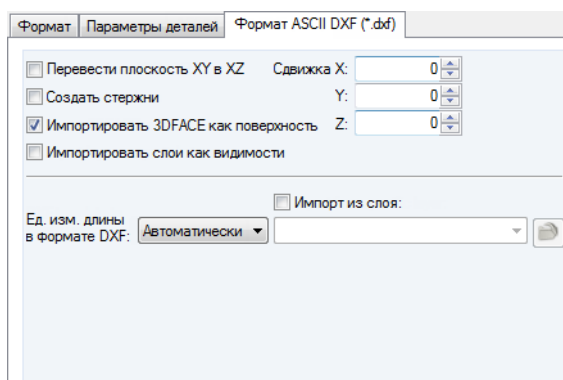


Рисунок 12.49: Диалоговое окно *Импорт*, вкладка *ASCII формат DXF (*.dxf)*

Рекомендуется проверить *единицы длины* у шаблона DXF. Можно ввести *смещение*, чтобы разместить модель DXF на определённом расстоянии от начала координат. Выберите функцию *Импорт 3DFACE как поверхность* для автоматического создания 3D поверхностей из шаблона DXF в качестве поверхности в программе RFEM.

Если требуется импортировать данные из определенного слоя, отметьте соответствующий пункт и щелкните на кнопку [Выбрать DXF файл для определения слоя]. Потом из перечня можно выбрать конкретный слой.

В большинстве программ САПР, в отличие от программы RFEM, Z-ось направлена вверх. Если в другой вкладке *Настройка подробностей* во время импорта установить направление *оси Z* вниз, то величины нагрузки в программе RFEM будут положительными.

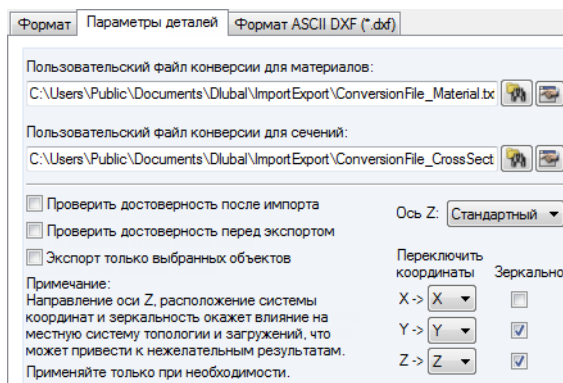


Рисунок 12.50: Диалоговое окно *Импорт*, вкладка *Настройка подробностей*

Экспорт в файл DXF включает в себя нумерацию элементов и описание величин результатов. У описания результатов можно тем не менее экспортировать только одну величину или одну группу величин. Если было задано несколько величин, то экспортироваться будет первая величина и будет отображено соответствующее сообщение.



IAI лого

У экспорта файла в DXF формат также рекомендуется проверить направление *osu Z*.

Формат IFC *.ifc

Формат данных с открытой спецификацией (IFC) представляют собой международный действующий норма для обмена данными при моделировании строительных конструкций. Он был разработан в IAI (Международный Союз по Совместимости данных). IFC структурированы в несколько областей (архитектура, конструкции, статический анализ, электротехника и др.). Программное обеспечение компании DLUBAL обеспечивает поддержку области статического анализа, которые позволяют передачу конструкционных данных, таких как узлы, стержни, опоры, загрузки и нагрузки. IFC до сих пор находятся в стадии разработки.

Описание интерфейса находится на www.buildingsmart.de.

При экспорте модели из программы RFEM в качестве IFC модели, будет создана аналитическая модель версии IFC 2x Издание 3.

Формат Bentley *.ism.dgn, *.dgn

Данные интерфейс позволяет обмениваться данными с САПР продуктами *MicroStation*. С одной стороны можно импортировать данные о модели, а с другой - экспортировать файлы из программы RFEM, используя таким образом возможность взаимодействия двух программ. ISM (Интегрированное моделирование конструкций) предоставляет возможность взаимодействия всех приложений Bentley, например *ProSteel*.

Формат SDNF *.dat

Формат SDNF (*Нейтральный файл деталей стали*) используется для обмена геометрических данных конструкции (узлы, сечения, стержни и т. д) с Приложением INTERGRAPH.

Форматы для программного обеспечения для САПР чертежей

Формат Glaser *.geo, *.fem

Программа RFEM обеспечивает интерфейс с программой *Glaser* через ISB CAD, который позволяет обмен данных о геометрии и армировании конструкции.

Если вы хотите экспортировать результаты армирования из дополнительного модуля RF-CHNCERETE поверхности, то убедитесь, что поверхности определены как плоские и горизонтальные, то есть необходимо их создание в плоскости XY.

Если в диалоговом окне *Экспорт* обозначить данный формат, то будет отображена следующая вкладка *Результаты - Glaser (.fem)*, в которой можно настроить результаты для изображения, которые касаются арматуры.

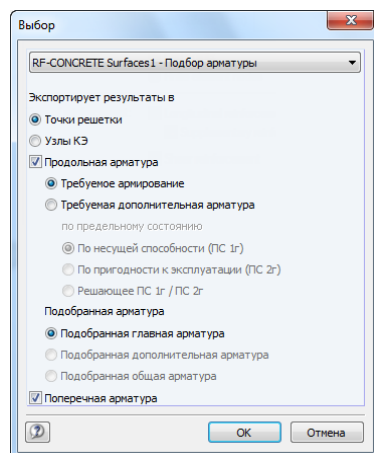


Рисунок 12.51: Диалоговое окно *Экспорт*, вкладка *Результаты - Glaser (.fem)*

В программу GLASER арматура будет переведена в графическом виде в точках сетки, или в узлах сетки КЭ. На основании сохраненных величин можно в дальнейшем разрабатывать чертежи армирования.

Формат Strakon *.cfe

Формат Strakon поддерживает обмен данных о геометрии, таких как, например, поверхности с САПР системы Strakon от производителя программного обеспечения DICAD.

Во вкладке *Результаты* диалогового окна *Экспорт*, можно установить поверхности, у которых будет экспортироваться арматура. (см. Рисунок 12.52).

Формат Nemetschek *.asf

Обмен данными также возможен между программой *Allplan* от компании NEMETSCHKE и программой DLUBAL.

При экспорте результатов армирования дополнительного модуля RF-CHNCRETE поверхности, установленные поверхности могут быть определены в любом положении в пространстве, но должны быть обязательно плоскими. Во время экспорта, программа RFEM создает ASF файл для каждой плоской поверхности. То означает, что если у нас, например, имеется 12 поверхностей, то будет создано 12 файлов, которые можно объединить в 3D-конструкцию в программе Allplan.

Во вкладке *Результаты* диалогового окна *Экспорт*, можно установить поверхности, у которых будет экспортироваться арматура.

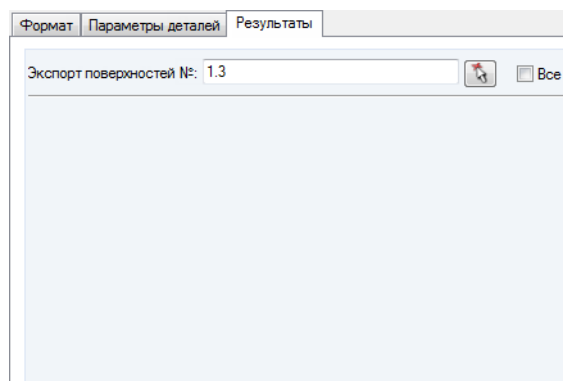


Рисунок 12.52: Диалоговое окно *Экспорт*, вкладка *Результаты*

Формат ESF *.esf

Этот интерфейс был разработан специально для программы CADKON компании Av STUDIO. Можно экспортировать плоские поверхности с постоянной толщиной, включая отверстия и информацию о материалах. Кроме того, можно экспортировать арматуру поверхностей из программы RFEM в формате *.ESF (*Engineering Structural Format*).

Импорт данных в формате *.esf не возможен. Вместо него можно использовать формат DXF.

Форматы файлов для программ конструкционного анализа

Формат Ansys *.ans

С помощью интерфейса программы FE ANSYS можно импортировать данные модели также из программы для конструкционного анализа в формате *.ans. Таким образом, можно использовать данные из этой многофункциональной программы также для анализа в программе RFEM.

Формат Scia *.xml

В программу RFEM Можно также импортировать данные модели из программы конструкционного анализа Scia от компании NEMETSCHKE, если они сохранены в формате *.XML.

Общие форматы Dlubal *.xml, *.ft5

Чтобы сохранить RFEM файлы как XML файлы или шаблоны, выберите **Сохранить как** в меню **Файл**.

В диалоговом окне ОС Windows *Сохранить как*, выберите из перечня соответствующий *тип файла*.

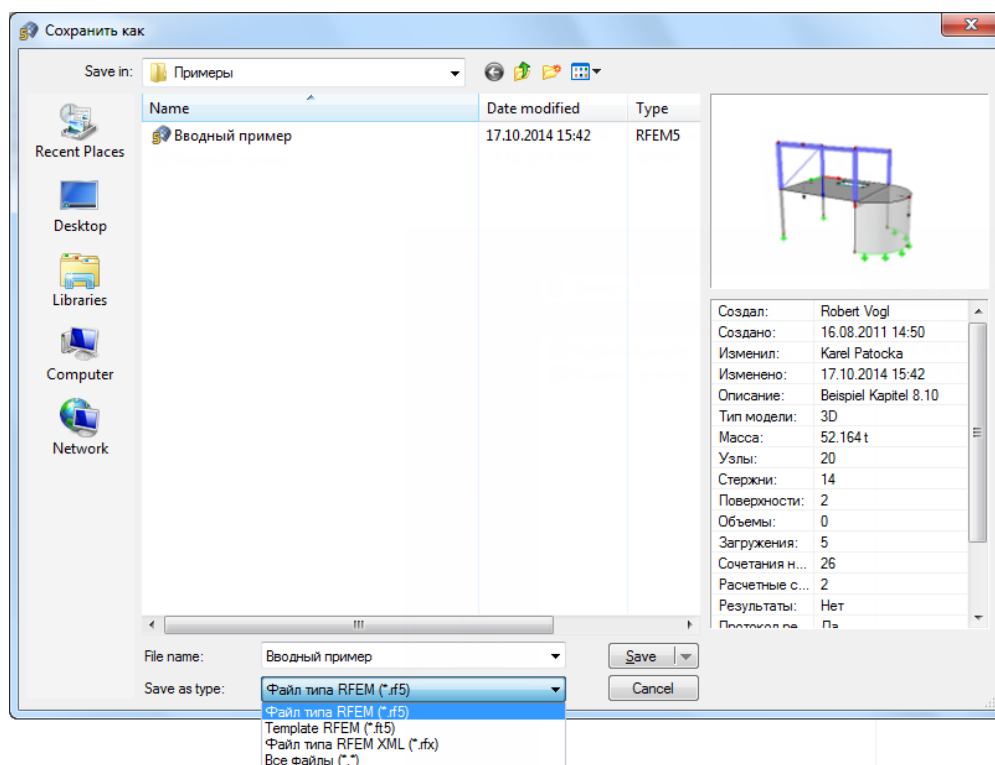


Рисунок 12.53: Диалоговое окно *Сохранить как*

В формате FT5 модель сохраняется в качестве шаблона, который можно при создании нового файла снова открыть. (см. Рисунок 12.23, стр. 598).

При сохранении файла в формате RFX, табличные данные будут преобразованы в XML формат. Остальные данные будут сохранены в двоичном формате. Данные хранятся в сжатом файле, который можно открыть как файл архива ZIP. Таким образом, можно создать файлы для САПР.

12.5.3 RF-LINK для импорта форматов *.step, *.iges, *.sat

С помощью дополнительного модуля RF-LINK (не содержится в пакете программ RFEM) можно импортировать данные в формате STEP, IGES или ACIS. Данные форматы файлов используются, в основном, в машиностроении и позволяют импортировать геометрию моделей в качестве граничных линий и поверхностей.



Чтобы импортировать файлы модели, доступные в одном из форматов, упомянутых выше,

выберите **Импорт** в меню **Файл**.

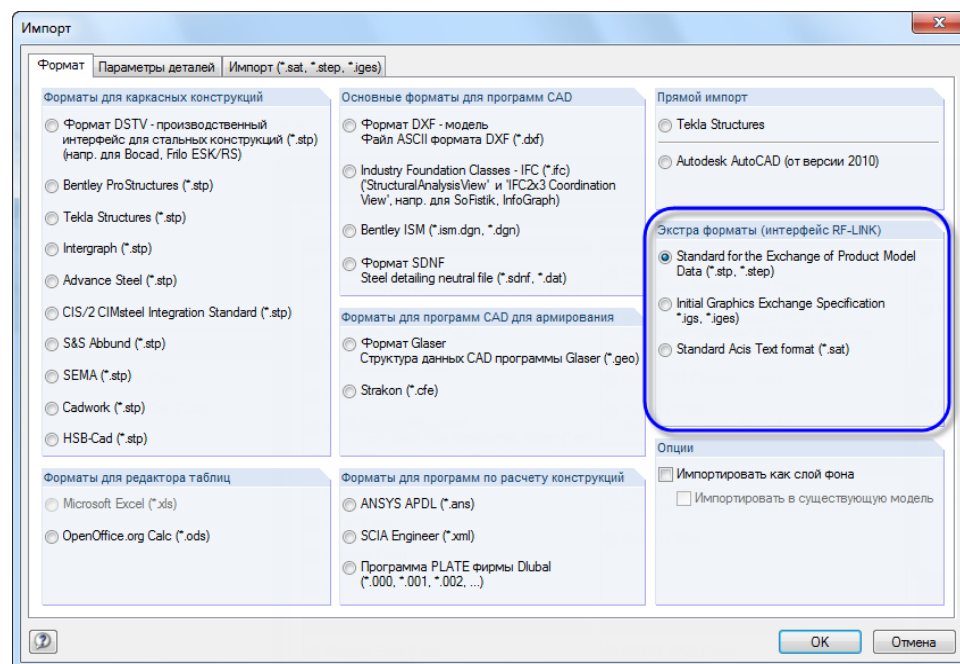


Рисунок 12.54: Диалоговое окно *Импорт*

В диалоговом разделе *Дополнительные форматы* в диалоговом окне *Импорт*, можно определить соответствующий формат файла:

- *Нормальный для обмена данными модели продукта* (*.STP, *.STEP)
- *Начальная Спецификация обмена графики* (*.IGS, *.IGES)
- *Нормальный формат текста Acis* (*.sat)

Данные три возможности доступны только при установленном RF-LINK. Его установка требует отдельного процесса установки.

Во вкладке *Импорт (*.sat, *.step, *.iges)*, можно настроить единицы и процесс обработки линий и поверхностей.

экспорт файлов из программы RFEM в файлы формата STEP, IGES или SAT в настоящее время не возможен.

А Литература

- [1] ZIENKIEWICZ, O. C., CHEUNG, Y.K.: The Finite Element Method in Structural and Continuum Mechanics, McGraw-Hill, New York, London 1967
- [2] KOLÁR, V. et al.: Berechnung von Flächen- und Raumtragwerken nach den Methode der finiten Elemente (tschechisch), SMTL Prag 1972
- [3] KOLÁR, V. et al.: Berechnung von Flächen- und Raumtragwerken nach den Methode der finiten Elemente, Springer, Wien-New York 1975
- [4] KOLÁR, V., NEMEC, I.: Modeling of Soil-Structure Interaction, Elsevier Science Publishers, Amsterdam, co-published with Academica Prague, 1989, second revised edition
- [5] STIGLAT, K. WIPPEL, H.: Massive Platten. In: Betonkalender 1989/I, S. 281 ff, Ernst & Sohn, Berlin 1989
- [6] CZERNY, F.: Tafeln für Rechteckplatten. In: Betonkalender 1990/I, S. 309 ff, Ernst & Sohn, Berlin 1990
- [7] WUNDERLICH, W. et al.: Modellierung und Berechnung von Deckenplatten mit Unterzügen. In: Bauingenieur 69, Heft 10, S. 381-389, Springer-Verlag 1994
- [8] PASTERNAK, P.L.: Grundlagen einer neuen Methode der Berechnung von Fundamenten mittels zwei Bettungskoeffizienten, Gos. Isd. Stroj. i Arch., Moskau 1954 (Russian)
- [9] KOLÁR, V. et al.: Kurs für Statiker von Gründungsbauwerken und Erdkörpern, S. 146 ff, Haus der Technik, Ostrau 1983 (tschechisch)
- [10] TIMOSHENKO, S.P. und WOINOWSKI-KRIEGER, S.: Theory of Plates and Shells, 2. Auflage, McGraw-Hill, New York 1959
- [11] GRASSER, E. und THIELEN, G.: Heft 240 DAfSt, Ernst & Sohn, Berlin-München-Düsseldorf, 1978, 2. überarbeitete Auflage
- [12] GRASSER, E., KORDINA, K., QUAST, U.: Bemessung von Beton- und Stahlbetonbauteilen nach DIN 1045, DAfStb - Heft 220, Ernst & Sohn, Berlin 1979
- [13] KOLÁR, V. - NEMEC, I.: Contact Stress and Settlement in the Structure-Soil Interface. Studie der tschechoslowakischen Akademie der Wissenschaften Nr. 16, Academia Prag 1991, 160 Seiten (englisch)
- [14] PETERSEN, Chr.: Stahlbau, Vieweg & Sohn, Braunschweig-Wiesbaden 1988
- [15] BARTH, C., RUSTLER, W.: Finite Elemente in der Baustatik-Praxis, Bauwerk, Berlin 2010
- [16] NEMEC, I, KOLÁR, V. et al.: Finite Element Analysis of Structures - Principles and Praxis, Aachen 2010
- [17] KOLÁR, V. et al.: Kurs für Statiker von Gründungsbauwerken und Erdkörpern, Haus der Technik, Ostrau, 1983 (tschechisch)
- [18] KOLÁR, V. et al.: Bemessung von zwei- und dreidimensionalen Strukturen mit FEM, Springer-Verlag, New York/Wien, 1975, S. 425 ff. Kapitel 1 (1D-Element) und 6 (Variationsprinzip)
- [19] KOLÁR, V., NEMEC, I.: Finite Element Analysis of Structures. United Nations Development Program, Economic Com. for Europe, Workshop on CAD Techniques, June 1984, Prague-Geneva, Vol. I, 248 pp.
- [20] BERGAN, P. G. : Finite Elements Based on Energy Orthogonal Functions. Int. Journal for Numerical Methods in Engineering, 17 (1981), S. 154-155
- [21] BERGAN, P.G. - NYGARD, M. K.: Finite Elements With Increased Freedom in Choosing Shape Functions. Int. Journal for Num. Meth. in Eng., 20 (1984), p. 643-664, (Free Formulation Concept)

- [22] BERGAN, P.G. - FELIPPA, C. A.: A Triangular Membrane Element With Rotational Degrees of Freedom. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 50 (1985), pp. 25-69
- [23] ZIENKIEWIC, O.C.: *The Finite Element Method in Engineering Science*, Mc Graw - Hill, London 3rd Ed., repr. 1979, 787 pp., Chapter 18 - 19 (Nonlinear Problems)
- [24] DVORKIN, E.N. - BATHE, K.-J.: A continuum mechanics based four-node shell element for nonlinear analysis. In: *Eng. Comput.*, 1984, vol. 1, pp. 77-88.
- [25] BATHE, K.J.: *Finite Element Procedures*, New Jersey, 1996
- [26] BAUMANN, Th.: Zur Frage der Netzbewehrung von Flächentragwerken. In: *Der Bauingenieur* 47 (1972), S. 36 ff, Springer-Verlag, Berlin 1972
- [27] SCHLAICH, J., SCHÄFER, K.: Konstruieren im Stahlbetonbau. In: *Betonkalender 1993, Teil II*, S. 327 ff, Ernst & Sohn, Berlin 1993
- [28] LEONHARDT, F.: *Vorlesungen über Massivbau, Teil 6*, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York 1979
- [29] DIN 1045 (07.88), *Beton und Stahlbeton, Bemessung und Ausführung*, Beuth, Berlin-Wien-Zürich 1988
- [30] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton: *DIN 1045-1 Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton - Teil 1: Bemessung und Konstruktion. Entwurf 12.1998.*
- [31] DIN 18800 (11.90) Teil 1, *Stahlbauten, Bemessung und Konstruktion*, Beuth, Berlin-Wien-Zürich 1992
- [32] DIN 18800 (11.90) Teil 2, *Stahlbauten, Stabilitätsfälle, Knicken von Stäben und Stabwerken*, Beuth, Berlin-Wien-Zürich 1992
- [33] Eurocode 2 Teil 1-1 (06.92), *Planung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken*, Beuth, Berlin-Wien-Zürich 1992
- [34] Eurocode 3 Teil 1-1 (04.93), *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten*, Beuth, Berlin-Wien-Zürich 1993
- [35] KLINGMÜLLER, O. LAWO, M., THIERAUF, G. (1983), *Stabtragwerke, Matrizenmethoden der Statik und Dynamik, Teil 2: Dynamik*, Fr. Vieweg & Sohn, Braunschweig
- [36] KLOTTER, K. (1981), *Technische Schwingungslehre, Bd. 1, Teil A: Lineare Schwingungen, Teil B: Nichtlineare Schwingungen, Bd. 2: Schwinger von mehreren Freiheitsgraden*, Springer, Berlin
- [37] KOLOUSEK, V. (1962), *Dynamik der Baukonstruktionen*, VEB-Verlag f. Bauwesen, Berlin
- [38] KRÄMER, E. (1984), *Maschinendynamik*, Springer, Berlin
- [39] LEHMANN, T. (1979), *Elemente der Mechanik IV: Schwingungen, Variationsprinzipie*, Fr. Vieweg & Sohn, Braunschweig
- [40] LIPINSKI, J. (1972), *Fundamente und Tragkonstruktionen für Maschinen*, Bauverlag, Wiesbaden
- [41] LORENZ, H. (1960), *Grundbau-Dynamik*, Springer, Berlin
- [42] MÜLLER, F. P. (1978), *Baudynamik, Betonkalender 1978*, Ernst & Sohn, Berlin
- [43] NATKE, H. G. (1989), *Baudynamik*, B. G. Teubner, Stuttgart
- [44] NOWACKI, W. (1974), *Baudynamik*, Springer, Berlin
- [45] FLESCH, R. (1993), *Baudynamik, praxisgerecht*, Bauverlag, Wiesbaden-Berlin
- [46] MESKOURIS, K. (1999), *Baudynamik, Modelle Methoden Praxisbeispiele*, Ernst & Sohn, Berlin
- [47] BARES, R. A. (1989), *Tabellen für die Berechnung von Platten und Wänden STNL*, Prag
- [48] ŠEVČÍK, I., *3D Finite Elements with Rotational Degrees of Freedom*, FEM Consulting s.r.o., Brno

В Алфавитный указатель

З	Виды.....	469
	Плоскость, по трем точкам	479
	3D ячейка	570
Б	64-бит	303
А	Администратор проектов.....	14
	Анализ 2-го порядка	300
	Анализ линейный статический	271
	Анализ по теории больших деформаций	300
	Анализ, пост-критический	291
	Архивирование.....	609
Б	База данных материалов.....	74
	База данных материалов, избранное	76
	База данных материалов, полная.....	77
	Балка	152
	Балка, результат.....	155
	Балка, результатная	152
	Балка, фундаментная	170
	Без растяжения	85
	Блок	624, 625
	Блок стержней	20
	Блок стержней	175
	Блок стержней	333
	Блокировка графики.....	434
В	Ввод данных, в графическом виде	231
	Ввод данных, диалоговый	231
	Ввод, в графическом виде	40
	Ввод, диалоговый.....	40
	Величина результатов сетки КЭ.....	387
	Велчины, экстремальные	387
	Вес.....	163
	Вес, собственный.....	189
	Вид	24
	Вид нескольких окон	448
	Вид, пользовательский	411
	Вид, пользовательский	412
	Вид, сгенерированный	413
	Вид, частичный	413
	Виды, частичные	27
	Визуализация.....	382
	Визуализация внутренних сил	382
	Визуализация деформации	382
	Вкладки.....	17
	Внутренние силы на поверхностях.....	383
	Внутренние силы на стержнях	382
	Внутренние силы поверхности.....	343
	Внутренние силы, воспроизведение.....	418
	Внутренние силы, знаки.....	161
	Внутренние силы, многоцветные	418
	Внутренние силы, основные	341
	Внутренние силы, распределение	402
	Воздействие	192
	Воздействие, альтернативное	193
	Воздействие, ведущее.....	203, 209, 220
	Воздействие, категории	189, 193
	Воздействие, характерное	186
	Восстановление	304
	Восстановления, количество	305
	Вращательное движение.....	240
	Вращательное движение.....	250
	Вращение.....	132, 240
	Вращение вынужденное.....	269
	Вращение опор	313
	Вращение опоры.....	315
	Вращения	317
	Вставка графики	435
	Вставка текста.....	435
	Вставка	534
	Вут, форма	162
	Выбор линии	475
	Выбор, альтернативный.....	474
	Выбор, альтернативный.....	474
	Выбор, синхронизированный	25
Г	Газ	92, 94
	Гибкость	332
	Гипербола	58
	Главные оси, направление	364
	Графика, печать	447
	Группа	27, 224

Д

Данные, основные614

Движение, вращательное.....257

Декартова система координат482

Десятичные разряды.....464

Деформации, основные365

Деформация в узлах.....317

Деформация начальная296

Деформация поверхности383

Деформация продольная Axial напряжение..239

Деформация узлов, вынужденная268

Деформация, основная.....363

Деформация, продольная250

Деформация, сдвиг.....131

Деформация, стержень323

Деформация371

Диагональ прямоугольника КЭ.....286

Диаграмма результатов320

Диаграмма, деформация 66, 68, 73

Дискретизация181

Диспетчер конфигураций 38

Длина стержня, истинная243

Длина, истинная.....247

Длина, приведенная 243, 247

Дополнительные модули..... 307, 309

Дополнительный модуль RF-COMBI.....617

Дополнительный модуль RF-LINK.....637

Дополнительный модуль RF-MAT NL.....384

Допуск.....304

Дощатоклеёная балка123

Дриблинг стержня382

Дробление на линии.....183

Дробление сетки КЭ вдоль линий.....286

Дробление, параметры185

Дуга..... 55, 58

Дуга, длина491

Дуга, окружность..... 56

Дуга, отображение.....236

Дуга, отображение.....319

Ж

Жесткость 85, 152, 156, 293

Жесткость мембраны128

Жесткость при изгибе127

Жесткость при кручении127

Жесткость при сдвиге128

Жесткость сдвига301

Жесткость, изменение295, 301

Жесткость, нулевая129

Жесткость, различия131

Жесткость, редукция168

З

Заглавие424

Заголовок протокол результатов430

Заголовок компании.....430, 432

Заголовок окна451

Заголовок проткола результатов432, 448

Загружение186, 510

Загружение, добавление191

Загружение, количество201

Загружение, копирование191

Загружение, номер.....205

Загружения, организация данных234

Заполнение трубы, полное240

Заполнение трубы, частичное240

Защемление.....111

Зеркало.....510

Знаки.....298

Знаки для опорных реакций314, 319

Знаки опорных реакций313

Знаки, правило341

Значение сетки.....336

Значение узла сетки KE.....336

Значения, предельные33

Значения, экстремальные.....300

Значения, экстримальные.....542

И

Изгиб пластин, теория303

Изгиб, предварительный.....250

Изгиб, теория.....303

Изгибающий момент354

Измельчение расчётной сетки КЭ181

Изолинии383

Изоповерхности383

Изотропный.....65, 85, 92

Изъятие534

Импорт.....628, 629

Интерфейс.....16

Интерфейс COM.....628

Интерфейсы.....628

История608, 621

Источник освещения.....	473	Коэффициент уменьшающий.....	209
Итерация.....	299	Коэффициент, уменьшающий.....	215, 305
К		Коэффициенты.....	215
Кабель.....	152, 154	Кривая.....	60
Кабель, на блоках.....	154	Кривая траектории.....	61
Кабель, элемент кабеля.....	290	Кривизна.....	240, 274
Касательная.....	55	Критерий.....	224
Качество печати.....	452	Критерий активности.....	274
Клавиши, функциональные.....	36	Критерии.....	384
Кладка, изотропная.....	74	Круг.....	80, 99
Классификация.....	615	Кручение.....	243
Кнопка.....	18	Кручение, центр кручения.....	243
Кнопка раскрытия списка.....	18	Крыша, двускатная.....	600
Кнопка списка.....	80	Крыша, односкатная.....	600
Кнопки по умолчанию.....	35	Курсор привязки объекта.....	483
Колонна.....	102	КЭ, требуемая длина.....	181, 185
Колонна, параметры.....	103	Л	
Кольцо.....	80	Ламинат.....	85
Комментарий.....	621	Лед, нагрузка.....	589
Компания Dicad.....	635	Линейные опорные реакции.....	318
Компания Nemetschek.....	635	Линии перекрывающиеся.....	280
Компонент.....	85, 179	Линии пересекающиеся.....	280
Компонент поверхности.....	179	Линии, граничные.....	80, 86, 99
Конечные элементы (КЭ).....	282, 284	Линии, параллельные.....	553
Конический.....	121, 128, 159	Линии, соединение.....	520
Константа, почвенная.....	117, 169	Линия.....	51
Конструкция деформированная.....	294	Линия влияния.....	240
Контакт, перпендикулярный к поверхности.....	96	Линия на поверхности.....	62
Контрольная сумма.....	315	Линия, Вращение.....	54
Контрольная сумма.....	319	Линия, истинная длина.....	261
Конфигурация.....	38	Линия, ломаная.....	53
Корзина.....	608, 612	Линия, направление.....	520
Корзина Dlubal.....	612	Линия, направление.....	52
Коэффициент.....	209, 616	Линия, номер.....	51
Коэффициент масштабирования.....	34, 383	Линия, пересечение.....	178
Коэффициент нагрузки.....	293	Линия, положение.....	53
Коэффициент надежности, частичный.....	64, 186, 209, 215	Линия, тип.....	52
Коэффициент ослабления жесткости.....	124, 127	Лист, трапецидальный.....	126
Коэффициент полезной длины.....	163	Логотип компании.....	432
Коэффициент Пуассона.....	64	Логотип.....	432
Коэффициент сочетания.....	209, 215	М	
Коэффициент стержня.....	275	Масса, удельная.....	64
Коэффициент температурного расширения.....	64	Масштабирование.....	383
Коэффициент трения.....	106	Материал.....	63, 92, 125
		Материал, гибридный.....	129

Материал, нелинейное поведение..... 65

Материал, обозначение 63

Материал, эталонный 130

Матрица жесткости 125

Матрица жесткости, преобразованная 127

Мембрана 86, 284

Менеджер блоков 623

Менеджер проектов 601

Менеджер протокола результатов 422

Меню, контекстное 17, 37, 423

Метод расчета 290

Метод, Бах 361, 371, 375, 377

Метод, итерационный 302

Метод, Мизес 67, 68, 358, 368, 375, 377

Метод, Ньютон-РАФ сон 292

Метод, Ньютон-Рафсон 292

Метод, Пикар 292, 301

Метод, прямой 302

Метод, Ранкин 360, 370, 375, 377

Метод, Треска 359, 369, 375, 377

Механизм кинематический 294

Многоугольник 80

Многоцветные внутренние силы 382

Множественная печать 449

Модель материала, термо-упругая 73

Модель эквивалентная 297

Модель, копирование 607

Модель, материал 65

Модель, открытие 607, 613

Модель, переименование 608

Модель, повторное генерирование 281

Модель, создание 614

Модель, тип 615

Модель, удаление 608

Модуль жесткости 113

Модуль жесткости E_s 169

Модуль сдвига 64

Модуль упругости 63, 125

Момент 236, 239, 246

Момент инерции 130

Момент инерции при кручении 131

Момент шарнира для линии 120

Момент, дополнительный 291

Мышь, функции 37

Н

Навигатор 25

Навигатор отображения 381

Навигатор проектов 25

Навигатор Результаты 380

Навигатор, виды 27

Навигатор, данные 27

Навигатор, отображение 27

Навигатор, результаты 28

Нагрузка 538

Нагрузка глобальная 247

Нагрузка локальная 247

Нагрузка многослойной конструкции 253

Нагрузка на линию 245

Нагрузка на линию, параметры 247

Нагрузка на поверхность 249

Нагрузка на поверхность, линейная
переменная 251

Нагрузка на стержень 237

Нагрузка произвольная концентрическая 264

Нагрузка произвольная распределенная 260

Нагрузка равнозначная 271

Нагрузка сосредоточенная 240

Нагрузка узловая, конвертированная в
поверхностную нагрузку 236

Нагрузка, глобальная 242, 291

Нагрузка, критическая 164

Нагрузка, локальная 242, 291

Нагрузка, на линию конвертированная в
нагрузку на поверхность 248

Нагрузка, направление 242, 247, 253, 261, 263

Нагрузка, площадь 586

Нагрузка, переменная 224, 241, 246

Нагрузка, плоскость проекции 267

Нагрузка, постоянная 224

Нагрузка, приращение нагрузки 294

Нагрузка, проекция 267

Нагрузка, произвольная многоугольная 266

Нагрузка, произвольная прямоугольная 262

Нагрузка, произвольная сосредоточенная 258

Нагрузка, распределение 384

Нагрузка, равномерно распределенная 241

Нагрузка, равномерно-распределенная 246

Нагрузка, расположение 267

Нагрузка, распределение 240, 257, 263

Нагрузка, распределение 246

Нагрузка, сосредоточенная.....	246	Описание проекта	431, 433
Нагрузка, тип	239, 246, 257	Опора	100, 104, 108, 111
Нагрузка, трапецидальная.....	241, 246	Опора поверхности, нелинейность	118
Нагрузка, увеличение.....	300	Опора, вращение	110
Нагрузка, удаление.....	282	Опора, линейная	108
Нагрузка, узловая.....	235	Опора, линейная	114
Наклон.....	274	Опора, нелинейность	104, 112
Наложение	224	Опора, поверхность.....	113
Напряжение.....	362, 364, 366, 383	Опора, пружинная	116
Напряжение контактное.....	300	Опора, разрушение.....	105
Напряжение предварительное.....	240	Опора, разрушение Failure of support.....	112
Напряжение предварительное на конце End гнанапряжение.....	240	Опора, стена.....	110
Напряжение у сплошного тела	383	Опора, тип	101, 104, 112, 117
Напряжение.....	351	Опора, тип	109
Нарузка на поверхность, параметры	253	Опора, узловая.....	114
Нарузка на тело.....	256	Опорная реакция как нагрузка.....	320
Нарузка, глобальная	253	Опорная реакция, как нагрузка.....	260
Нарузка, локальная	253	Опорные моменты	314
Нарузка, расположение	259, 261, 263	Опорные реакции в узлах	313
Нарузка, распределение.....	251	Опорные реакции как нагрузка.....	315
Нарузка, тип.....	250	Опорные реакции, как нагрузка.....	258
Настройки, особые	305	Опорные реакции	313
Национальное приложение	616	Опорные реакции	313, 314, 318
Неактивный слой.....	629	Опорный момент	319
Нелинейность материала	384	Опоры, Вращение	102
Несовершенство.....	198, 271	Опоры, узловые	100
Несовершенство из RF-IMP	297	Опции дополнительные.....	296
Несущая способность.....	195	Опции, дополнительные.....	293, 302
Неустойчивость	300, 304	Ортотропный.....	69, 70, 71, 85, 86, 92, 123, 127
Норма	616	Оси поверхности.....	253
Нумерация	530	Оси стержня	159
Нумерация листов	432	Оси, определение	617
Нумерация	432	Основание.....	300
О		Основание, грунтовое	113
Область реальная	253, 263	Основание, грунтовое, модель	113
Обновления	14	Основание, модель	113
Оболочка	81, 226, 283, 381, 615	Основание, нерабочее	170
Обрез	480	Особая точка.....	102
Объекты интегрированные	282	Ось Z	618, 633
Объекты, интегрированные.....	87, 99	Ось, линейная	247
Объяснение, дополнительное.....	424	Отверстие.....	99
Окружность.....	57	Отображение	37
Операция, Булева.....	94	Отображение дуги.....	314
Описание модели.....	431, 433	Отображение результатов.....	381
		Оценка результатов.....	379

Ошибки расчета.....	379	Поверхность, нулевая.....	86, 91
П		Поверхность, ортотропная.....	123
Панель инструментов.....	22	Поверхность, отрицательная сторона.....	365
Панель управления.....	31	Поверхность, плоская.....	80
Папка проекта, импорт.....	606	Поверхность, тип.....	80
Папка, отключение.....	604	Поверхность, толщина, в графическом виде.....	122
Папка, подключение.....	603	Поверхность, траектории.....	84
Парабола.....	58	Поверхность, четырехугольная.....	81
Параллелограмм.....	80	Поворачивающаяся узловая опора.....	315
Параметры, расчётные.....	299	Подпроект.....	603, 604
Перекрытие, ребристое.....	126	Подсказка.....	22, 44
Перемещение.....	240	Подъемная сила.....	257
Перемещение вынужденное.....	269, 270	Поиск.....	468
Перемещение линий вынужденное.....	269	Поле комментария.....	465
Перемещение осевое.....	240	Поле ввода.....	18
Пересечение.....	177	Поле выбора.....	19
Перетаскивание.....	423	Полезная длина.....	163
Перпендикуляр.....	484	Положение вертикальное.....	282
Печать файла.....	442	Помещение-зал.....	568
Печать графики.....	447	Помощник.....	302
Печать фрафики.....	433	Поперечное сечение, теоретические величины.....	130
Печать.....	442	Поправочный коэффициент нагрузки.....	592, 597
Пиктограмма.....	602, 611, 624	Потеря устойчивости.....	152
Пластичность.....	67	Потеря устойчивости.....	304
Пластичный.....	65, 71	Потолок, кессонный.....	126
Плита.....	615	Правило знаков.....	161
Плита, пустотелая бетонная.....	126	Предварительный выбор.....	474
Плоскость проекции.....	259, 261, 263	Предел текучести.....	67
Плоскость, требуемая.....	514	Предельное состояние по пригодности к эксплуатации.....	196, 197
Плоттер.....	451	Предельное состояние по прочности.....	197
Площадь сдвига.....	131	Предельные значения.....	381
Поверхности перекрывающиеся.....	280	Префикс.....	432
Поверхность.....	79	Привязка.....	29, 30
Поверхность искривлённая Curved surface.....	280	Приложение Intergraph.....	634
Поверхность исходная.....	179	Принтер по умолчанию.....	421
Поверхность, B-сплайн.....	83	Принтер по умолчанию.....	442
Поверхность, NURBS.....	83	Проблема сохранения.....	302
Поверхность, вращающаяся.....	81	Проверка достоверности.....	277
Поверхность, граничная.....	92	Проверка модели.....	278
Поверхность, жесткая.....	86	Программа Cadkon.....	636
Поверхность, исходная.....	85	Программа Excel.....	543, 549, 620, 631
Поверхность, компоненты.....	85	Программа OpenOffice.....	543, 545, 632
Поверхность, контактная.....	96	Программа VCmaster.....	443
Поверхность, контактная.....	95	Программа Word.....	620
Поверхность, контактная.....	96		

Программа, возможности	8, 302	Ребро, эксцентриситет ребра.....	166
<i>Программа, запуск</i>	40	Режим выбора	424
Программа, параллельная установка	15	Результаты	380
Программа, установка	12	Результаты, итог	311
Продольная балка.....	152	Результаты, прозрачное представление.....	387
Продукты MicroStation.....	634	Результаты	310
Проект по сети.....	622	Результирующая.....	316
Проект, описание.....	606	Релаксация, динамическая	292, 304
Проект, создание.....	603	Решение уравнений, метод	303
Проект, текущий	602	Рисунки, информационные	424
Проект, удаление	604	С	
Проекция	243, 247, 253, 261, 263	Сдержанность.....	104
Проскальзывание	159, 173	Северо-Германская низменность.....	198
Протокол результатов	421	Сетка	30
Протокол, шаблон.....	422	Сетка КЭ.....	282, 288
Процессор, загрузка процессора	302	Сетка КЭ, выравнивание	287
Пружина	111, 116, 141, 158, 169	Сетка КЭ, дробление.....	287
Пружина сдвиговая	170	Сетка КЭ, дробление	301
Пружина, константа пружины	158	Сетка КЭ, параметры.....	285
Пружина, предельные значения	159	Сетка КЭ, статистика	288
Р		Сетка КЭ, требуемая длина	285
Работа, частичная	105	Сетка результатов.....	389
Разархивирование	610	Сетка результатов.....	336
Разделение.....	536	Сетка	336
Размер рисунка.....	449	Сечение	18, 128
Размеры, габаритные	132	Сечение, SHAPE-MASSIVE.....	139
Разница	383	Сечение, SHAPE-THIN.....	139
Разрыв.....	174	Сечение, база данных.....	132
Разрыв Tearing.....	173	Сечение, база данных, избранное	134
Расположение источника освещения.....	473	Сечение, Вращение	132
Расчёт по большим деформациям.....	291	Сечение, деревянное	137
Расчет, запуск.....	306	Сечение, импорт таблицы сечений.....	139
Расчет, метод.....	204	Сечение, массивное	136
Расчёт, параметры	289	Сечение, описание	129
Расчёт, посткритический	301	Сечение, параметрическое	136
Расчёт, теория второго порядка	212	Сечение, площадь.....	131
Расчетная сетка, измельчение на линии.....	182	Сечение, прокатное	133
Расчетная сетка, измельчение на поверхности	183	Сечение, составное	135
Расчетная сетка, измельчение на теле	184	Сечение, сохранение.....	136
Расчетная сетка, прямоугольное измельчение	182	Сечение, угол вращения	131
Расчетная сетка, радиальное измельчение.....	182	Сечение, угол вращения	132
Реакция, опорная	319	Сечения, заданные пользователем.....	138
Ребро	165	Сила.....	235, 239, 246, 250
Ребро, положение ребра	166	Сила начальная.....	296
		Сила предварительного напряжения.....	240

Сила растяжения	293	Стержень	150
Сила, критическая.....	302	Стержень основания	285
сила, посписка.....	341	Стержень, блок стержней	238, 273
Сила, продольная.....	341	Стержень, вертикальное положение	160
Сингулярность.....	102, 285	Стержень, вращение	159
Синхронизация выбора	540	Стержень, вращение Member rotation.....	161
Система координат	47, 88, 98	Стержень, группа стержней.....	176
Система координат, X-цилиндрическая.....	48	Стержень, двойной	164
Система координат, Y-цилиндрическая.....	48	Стержень, длина.....	162
Система координат, Z-цилиндрическая.....	48	Стержень, дробление.....	149, 300
Система координат, декартова	47	Стержень, жесткий	152
Система координат, полярная	48, 482	Стержень, конический.....	300
Система координат, прямоугольная	30	Стержень, нелинейность	172
Система осей	52	Стержень, нулевой	152, 159
Система уравнений	302	Стержень, общее положение	160, 163
Системные требования	12	Стержень, оси	243
Скорость, угловая	590	Стержень, оси стержня.....	159
Скорость, угловая	240, 250, 257	Стержень, параметры нагрузки.....	243
Слой	633	Стержень, положение	160, 163
Случай, расчётный.....	197	Стержень, продольный изгиб	154
Смещение	148	Стержень, работающий на растяжение	153
Смещения	317, 324	Стержень, работающий на сжатие	153
Соединение	126, 152, 157	Стержень, ряд стержней.....	176
Соединение, жесткое	152, 157	Стержень, список.....	238
Соединяющие линии	511	Стержень, список стержней.....	272
Сочетание.....	617	Стержень, тип	151
Сочетание воздействий	204, 208, 209	Стержень, точки дробления.....	150
Сочетание нагрузок	213, 215, 218, 219, 617	Стержень, упругое основание	169
Сочетание, альтернативное	224	Стержень, эксцентриситет.....	147
Сочетание, квадратичное.....	298	Стержень, жесткий	153
Сочетание, правила	195, 197	Стержень, направление	520
Сочетание, расчетное	380, 617	Стержни перекрывающиеся	279
Сочетание, расчётное.....	203, 221, 223, 226, 227, 298	Стержни пересекающиеся.....	279
Сочетание, снижение сочетаний.....	201	Стержни, восстановление.....	305
Сочетания нарузок.....	212	Стержни, вышедшие из строя	305
Сочетания, схема сочетаний	230	Стержни, разделение	559
Специальный выбор.....	477	Стержни, соединение.....	520
Список.....	19	Сторона поверхности, отрицательная	363
Список линий.....	246	Сторона поверхности, положительная	363
Список параметров.....	549	Страница, новая.....	423
Ссылки, система.....	141	Строка состояния.....	29
Статистика	278	Сумма, проверка	311
Стекло	85	Суммирование	536
Стена.....	110, 283, 615	Сходимость.....	303, 305, 309
Степень свободы.....	302	Сходимость, диаграмма	304, 309

Сходимость, диаграмма	311	Узлы, соединение	281
Т		Умножение	536
Тип сетки	482	Усадка	239, 250
Таблица	28, 44, 231, 233	Усадка колонны	268
Таблица, настройка	538	Усадка, расчёт	115
Тавровая балка	165	Установка	12
Текучесть	67, 71, 174	Установка величин результатов	389
Тело	91, 559	Установка по сети	14
Тело, газ	92, 94	Установка языка	444
Тело, контактное	91	Уточнение сетки КЭ	560
Тело, контактный тип	92	Ф	
Тело, напряжение	373	Файл ASCII	139
Тело, нулевое	92	Файл ASCII	436
<u>Тело, составное</u>	93	Файл ASF	635
Тело, тип	92	Файл DXF	633
Температура	132, 239, 250, 257	Файл DXF	503
Температура, исходная	73	Файл DXF	505
Тензор напряжения	374	Файл PDF	443
Теория 2-го порядка	291	Файл RTF	436
Теория, Кирхгоф	303	Файл RTF	443
Теория, Миндлин	303	Файл XML	636
Тип, контактный	96	Файл подкачки	302
Толщина	86	Файл, текстовый	436
Толщина, переменная	86, 121	Ферма	152
Толщина, эффективная	125	Ферма (только N)	152, 153
Точка наблюдения	469	Фильтр	34, 383
Точка сетки	335, 339, 387	Фильтр	315, 321, 324
Точка, вставка	626	Флажок	19
Точки деления	486	Формат ACIS	637
Точки сетки КЭ для тел	383	Формат Ansys	636
Трение	97, 106	Формат Bentley	634
Труба	82	Формат Glaser	634
У		Формат IFC	634
Угол наклона	286	Формат IGES	637
Угол просмотра	469	Формат RFX	637
Угол, главные оси	131	Формат Scia	636
Удлинение	257	Формат SDNF	634
Узел	45	Формат STEP	637
Узел, вспомогательный	161	Формат Strakon	635
Узел, координаты	49	Фундамент	118
Узел, номер	45	Фундамент, ленточный	170
Узел, отсчет	47	Фундамент, разрушение	170
Узел, тип	46	Функция перемещения	37
Узловая опора, диаграмма	106	Ц	
Узлы, идентичные	278	Цай-ву	71

Цвет материала	471	Шарнир, эффект	144
Цвет, плавный переход	33	Ширина, полезная	167
Центр тяжести	470	Шкала цветов	31
Ш		Шкала цветов	418
Шаблон	618, 636	Шкала цветов	310, 538
Шаблон заголовка	431	Шкала, значения	32
Шаблон протокола результатов	437	Э	
Шаблон протокола результатов	437	Экспорт	628, 629
Шарнир	119, 140	Эксцентриситет	87, 147
Шарнир линейный, сторона	120	Элемент, работающий на растяжение	152
Шарнир на конце стержня	140	Элемент, работающий на сжатие	152
Шарнир, диаграмма	145	Элементы, треугольные	287
Шарнир, линейный	119	Элементы, четырехугольные	287
Шарнир, моментный	141	Эллипс	58, 99
Шарнир, нелинейности	143	Эпюра результатов	393
Шарнир, ножницы	142	Эффекты, нелинейные	304
Шарнир, пластический	174	Я	
Шарнир, частичное действие	144	Язык программы	460