

Ромашкина М.А.  
Титок В.П.

*ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС*

***ЛИРА-САПР®***

*Руководство пользователя  
Обучающие примеры*

2018

**ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ЛИРА-САПР®. Руководство пользователя. Обучающие примеры**

Ромашкина М.А., Титок В.П. Под редакцией академика РААСН Городецкого А.С.

Электронное издание, 2018г. – 254 с.

В документе дано представление о функционировании ПК ЛИРА-САПР. Вся информация проиллюстрирована серией обучающих примеров.

Обучающий пример 1 иллюстрирует технологию создания, расчета и конструирования плоской железобетонной рамы. В примере 2 продемонстрирована процедура расчета железобетонной плиты с использованием нескольких вариантов конструирования для подбора арматуры. Пример 3 иллюстрирует технологию расчета плоской металлической рамы на динамические воздействия, расчета устойчивости конструкции, составления РСН, подбора и проверки стальных сечений элементов рамы. В примере 4 продемонстрирована процедура построения расчетной схемы, задания упругого основания, использования вариантов конструирования, подбора арматуры для пластинчатых элементов каркаса, проверки стальных сечений стержневых элементов каркаса, задания нагрузок и сейсмического воздействия и техника составления таблиц РСУ и РСН. Пример 5 посвящен созданию расчетной схемы металлической башни и ее расчету на ветровое пульсационное воздействие. Также в этом примере продемонстрирована процедура расчета нагрузки на фрагмент. Пример 6 иллюстрирует технологию создания расчетной схемы цилиндрического резервуара, задание нагрузки от веса жидкости, показана процедура подбора арматуры. Книга предназначена широкому кругу читателей – студентам строительных факультетов вузов и университетов, инженерам-проектировщикам, аспирантам и научным работникам.

Рецензент: д-р техн. наук, доцент М.С.Барабаш.

## Оглавление

<b>ПРЕДИСЛОВИЕ</b>	<b>5</b>
<b>Описание ленточного интерфейса ПК ЛИРА-САПР®2018*</b>	<b>13</b>
Элементы ленточного интерфейса	15
Меню Приложения	18
Вкладка Создание и редактирование	22
Вкладка Расширенное редактирование	34
Вкладка Расчет	40
Вкладка Анализ	44
Вкладка Расширенный анализ	50
Вкладка Железобетон	56
Вкладка Сталь	65
Вкладка Кирпич	70
Контекстная вкладка Работа с узлами	72
Контекстная вкладка Работа со стержнями	73
Контекстная вкладка Работа с пластинами	75
Панель инструментов Выбор	76
Панель инструментов Проекция	78
Панель инструментов Проекция 2	79
<b>Структура обучающих примеров</b>	<b>81</b>
<b>Пример 1. Расчет плоской рамы</b>	<b>82</b>
Этап 1. Создание новой задачи	84
Этап 2. Создание геометрической схемы рамы	85
Этап 3. Задание граничных условий	86
Этап 4. Задание вариантов конструирования	87
Этап 5. Задание жесткостных параметров и параметров материалов элементам рамы	89
Этап 6. Задание нагрузок	93
Этап 7. Генерация таблицы РСУ	98
Этап 8. Задание расчетных сечений для ригелей	99
Этап 9. Назначение конструктивных элементов	100
Этап 10. Полный расчет рамы	101
Этап 11. Просмотр и анализ результатов статического расчета	101
Этап 12. Просмотр и анализ результатов армирования	105
Конструирование ригеля железобетонной рамы	105
Этап 13. Вызов чертежа балки	105
Конструирование колонны железобетонной рамы	106
Этап 14. Вызов чертежа колонны	106
Расчетные сочетания усилий	106
Параметры РСУ	107
Коэффициенты РСУ	108
<b>Пример 2. Расчет плиты</b>	<b>109</b>
Этап 1. Создание новой задачи	109
Этап 2. Создание геометрической схемы плиты	110
Этап 3. Задание граничных условий	112
Этап 4. Задание вариантов конструирования	114
Этап 5. Задание жесткостных параметров и параметров материалов элементам плиты	116
Этап 6. Задание нагрузок	121
Этап 7. Генерация таблицы РСУ	124
Этап 8. Полный расчет плиты	125
Этап 9. Просмотр и анализ результатов статического расчета	125
Этап 10. Просмотр и анализ результатов армирования	128
<b>Пример 3. Расчет рамы промышленного здания</b>	<b>130</b>
Этап 1. Создание новой задачи	131
Этап 2. Создание геометрической схемы	132
Этап 3. Задание граничных условий	137
Этап 4. Задание вариантов конструирования	137
Этап 5. Задание жесткостных параметров и параметров материалов элементам рамы	139
Этап 6. Смена типа конечных элементов для элементов фермы	147
Этап 7. Задание нагрузок	148
Задание характеристик для расчета рамы на динамические воздействия	152
Этап 8. Формирование динамических загружений из статических	152
Этап 9. Формирование таблицы параметров динамических воздействий	154
Этап 10. Задание расчетных сечений элементов ригелей	156
Этап 11. Назначение конструктивных элементов	157

Этап 12. Назначение раскреплений в узлах изгибаемых элементов	158
Этап 13. Генерация таблицы РСН	158
Этап 14. Задание параметров для расчета рамы на устойчивость	160
Этап 15. Полный расчет рамы	160
Этап 16. Просмотр и анализ результатов статического и динамического расчетов	160
Этап 17. Просмотр и анализ результатов конструирования	163
<b>Пример 4. Расчет пространственного каркаса здания с фундаментной плитой на упругом основании</b>	<b>165</b>
Этап 1. Создание новой задачи	167
Этап 2. Создание геометрической схемы	167
Этап 3. Задание вариантов конструирования	172
Этап 4. Задание жесткостных параметров и параметров материалов элементам схемы	174
Этап 5. Задание параметров упругого основания	183
Этап 6. Задание граничных условий	184
Этап 7. Задание нагрузок	186
Задание характеристик для расчета рамы на сейсмику	190
Этап 8. Формирование динамических загружений из статических	190
Этап 9. Формирование таблицы параметров динамических воздействий	191
Этап 10. Генерация таблицы РСУ	193
Этап 11. Генерация таблицы РСН	194
Этап 12. Назначение конструктивных элементов	195
Этап 13. Назначение раскреплений в узлах изгибаемых элементов	197
Этап 14. Полный расчет схемы	197
Этап 15. Просмотр и анализ результатов статического и динамического расчетов	198
Этап 16. Просмотр и анализ результатов конструирования	201
<b>Пример 5. Расчет металлической башни</b>	<b>203</b>
Этап 1. Создание новой задачи	204
Этап 2. Создание геометрической схемы	204
Этап 3. Задание граничных условий	208
Этап 4. Задание жесткостных параметров	209
Этап 5. Корректировка схемы	212
Этап 6. Задание нагрузок	217
Задание характеристик для расчета башни на пульсацию ветра	222
Этап 7. Формирование динамических загружений из статических	222
Этап 8. Формирование таблицы параметров динамических воздействий	223
Этап 9. Генерация таблицы РСУ	224
Этап 10. Статический расчет башни	225
Этап 11. Просмотр и анализ результатов расчета	225
Этап 12. Расчет нагрузки на фрагмент	229
<b>Пример 6. Расчет цилиндрического резервуара</b>	<b>232</b>
Этап 1. Создание новой задачи	232
Этап 2. Создание геометрической схемы резервуара	233
Этап 3. Назначение локальной системы координат узлам расчетной схемы	235
Этап 4. Задание вариантов конструирования	237
Этап 5. Задание жесткостных параметров и параметров материалов элементам резервуара	238
Этап 6. Задание граничных условий	241
Этап 7. Задание нагрузок	242
Этап 8. Генерация таблицы РСУ	246
Этап 9. Полный расчет схемы	247
Этап 10. Просмотр и анализ результатов статического расчета	247
Этап 11. Просмотр и анализ результатов конструирования	252
ЛИТЕРАТУРА	254

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Программный комплекс ЛИРА-САПР® (ПК ЛИРА-САПР)\* – это многофункциональный программный комплекс для расчета, исследования и проектирования конструкций различного назначения.

ПК ЛИРА-САПР с успехом применяется в расчетах объектов строительства, машиностроения, мостостроения, атомной энергетики, нефтедобывающей промышленности и во многих других сферах, где актуальны методы, обеспечивающие прочность и безопасность строительных объектов.

Программные комплексы **семейства ЛИРА** имеют более чем 50-летнюю историю создания, развития и применения в научных исследованиях и практике проектирования конструкций. Программные комплексы семейства ЛИРА непрерывно совершенствуются и адаптируются к новым операционным системам и графическим средам. Основные алгоритмы, схема функционирования и технология разработки программных комплексов семейства ЛИРА были опубликованы в работах [1 – 7], последние тенденции в развитии программных комплексов семейства ЛИРА отражены в работах [8 – 13].

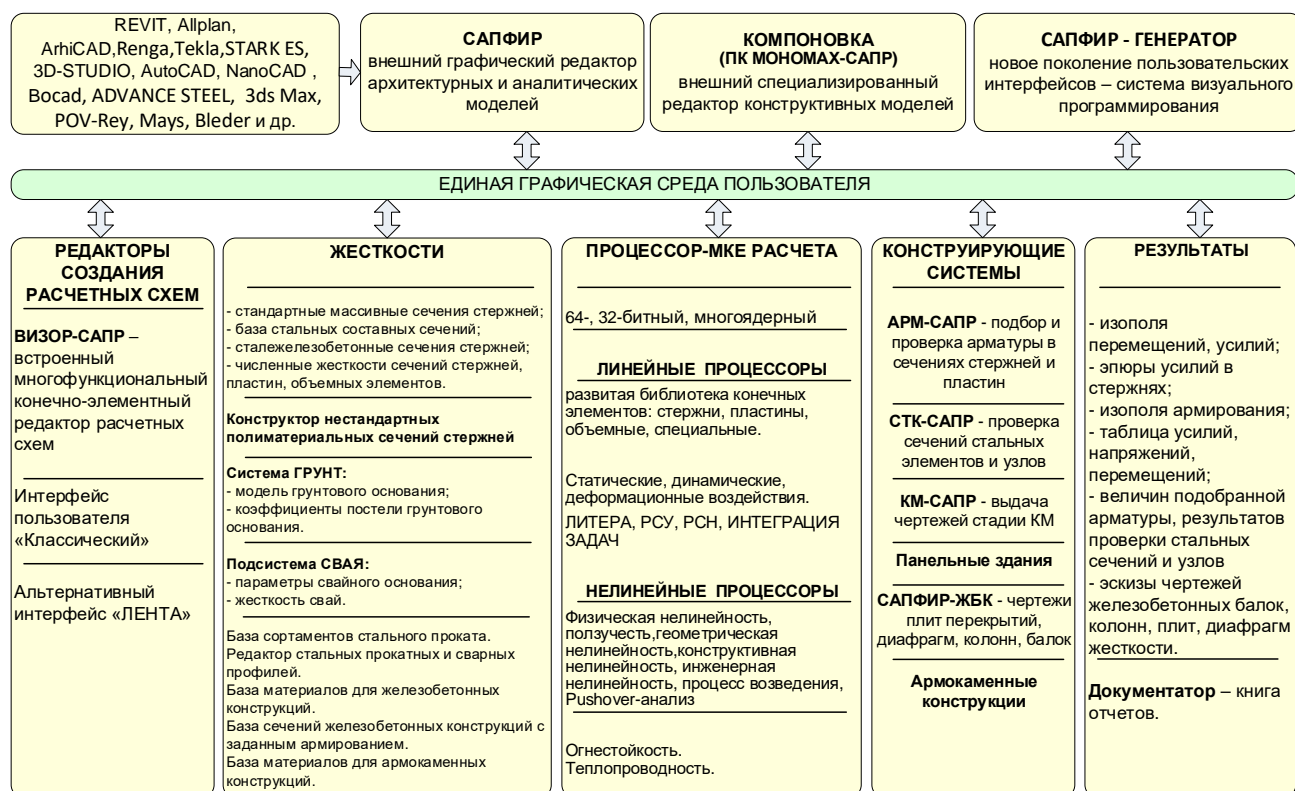
Кроме общего расчета модели объекта на все возможные виды статических нагрузок (силовых, температурных, деформационных) и динамических воздействий (ветер с учетом пульсации, сейсмические воздействия по различным нормам, гармонические колебания и т.п.) ПК ЛИРА-САПР автоматизирует ряд процессов проектирования: определение расчетных сочетаний нагрузок и усилий, назначение конструктивных элементов, подбор и проверка сечений стальных и железобетонных конструкций с формированием эскизов рабочих чертежей колонн и балок.

ПК ЛИРА-САПР позволяет исследовать общую устойчивость рассчитываемой модели, проверить прочность сечений элементов по различным теориям разрушения. ПК ЛИРА-САПР® предоставляет возможность производить расчеты объектов с учетом физической, геометрической, физико-геометрической и конструктивной нелинейностей, моделировать процесс возведения сооружения с учетом монтажа-демонтажа элементов с отслеживанием изменений физических свойств материалов.

**ПК ЛИРА-САПР®** состоит из нескольких взаимосвязанных информационных систем. Организация взаимосвязей между этими системами обеспечивает технологичность работы с комплексом так, что комплекс как бы сам ведет пользователя - от создания расчетной модели к конструированию элементов. Ниже представлена общая схема функционирования ПК ЛИРА-САПР®.

---

\* Торговая марка «ЛИРА-САПР» и имущественные права на программный комплекс ЛИРА-САПР® принадлежат компании ЛИРА САПР (см. сайт [www.liraland.ua](http://www.liraland.ua), раздел «Свидетельства и сертификаты» в закладке «Компания»)



ПК ЛИРА-САПР является компонентом BIM-технологии и поддерживает открытый подход к информационному моделированию зданий.

Инструментарий ПК ЛИРА-САПР позволяет организовать эффективную связь на базе информационных моделей, согласованных процессов и методов, а также общей терминологии между программными комплексами различного назначения, позволяет импортировать архитектурные модели из различных форматов и экспортировать результаты расчета в различные графические программные комплексы.

Используемые форматы данных: \*.msh, \*.stl, \*.dxf, \*.obj, \*.IFC, \*.3ds, \*.mdb, \*.stp, \*.sli, \*.docx, \*.xlsx, \*.bmp, \*.gift \*.txt, \*.liraKM и др.



Двусторонняя технология обмена данными между Tekla Structures и ПК ЛИРА-САПР, REVIT и ПК ЛИРА-САПР позволяет существенно сократить время работы над проектом и максимально использовать преимущества каждого программного комплекса в интегрированной технологии проектирования зданий и сооружений.



Основой пользовательского интерфейса является **Единая интуитивная графическая среда пользователя ВИЗОР-САПР**.

**Единая** — потому что пользователь, не покидая эту среду, проходит все этапы решения, от создания расчетной схемы до анализа результатов, может переключаться в любой выбранный режим и получать информацию с любого этапа, а также просматривать одновременно окна нескольких режимов (например, анализируя результат, можно параллельно просмотреть исходные данные).

**Интуитивная** — потому что интерфейс по содержанию и наполнению организован в соответствии с требованиями и объектами предметной области, а по форме реализации наследует базовый интерфейс ОС Windows, и пользователь, знакомый с этой средой, может легко взаимодействовать с компьютером, иногда даже на интуитивном уровне.

**Графическая** — потому что ведущей формой представления проекта является графическая информация (визуализация объектов в целом и их частей, отображение результатов в виде деформированных схем, эпюр, изополей, анимация динамических процессов и др.).

Широкий набор удобных инструментов для создания и анализа компьютерных моделей произвольных конструкций.

Основные функции:

- визуализация расчетных схем на всех этапах ее синтеза и анализа;
- диагностика ошибок;
- наличие подробной инструкции;
- наличие контекстных подсказок, исключающих возникновение для пользователя непреодолимых ситуаций;
- наличие многочисленных и многовариантных приемов создания модели (фильтры, маркеры, дескрипторы, навигация, многоязычность, различные системы единиц измерения, построение любых сечений, масштабируемость, многооконный режим и мн. др.);
- создание расчетных схем с учетом: физической нелинейности, геометрической нелинейности, суперэлементного моделирования, РСН, РСУ, динамических воздействий, специальных конечных элементов;
- организация вариантного проектирования (после статистического расчета имеется возможность варьирования нормативами, материалами, сечениями элементов);
- наличие многочисленных приемов анализа результатов (построение изополей, изолиний напряжений, перемещений, эпюр усилий, анимация колебаний, построение деформированных схем, цифровая и цветовая индикация элементов и их атрибутов, регулируемый масштаб изображения);
- индикация прохождения задачи в процессоре;
- наличие развитой системы документирования.

Пользователю предоставляется возможность синтезировать расчетные схемы на основе 3-D препроцессора **САФИР-КОНСТРУКЦИИ**, который решает задачи синтеза расчётной схемы на основе информационной модели здания или сооружения. Предоставляет мощные инструменты пространственного моделирования для создания информационной модели с чистого листа и для

эффективного редактирования моделей, созданных в других BIM-ориентированных программах: Allplan, ArchiCAD, Revit, Tekla и др.

Поддерживает физическую и аналитическую составляющие информационной модели, позволяет проектировать и в том и в другом представлении.

Содержит библиотеку автоматических мэшеров для получения различных паттернов конечно-элементных сеток при произвольном пересечении стержней и пластин с поддержкой абсолютно жёстких тел, групп объединения перемещений, жёстких вставок и условий опирания, в том числе, с эксцентриситетом.

Позволяет задавать и редактировать нагрузки: сосредоточенные, распределённые по линии, по площади, с изменяющейся интенсивностью, ветровые, сейсмические, эксплуатационные в помещениях и подвижные транспортные нагрузки на пролётные строения.

Удобно и эффективно задаются капители, утолщения и утоньшения плит, пандусы, лестницы, фермы, сложные криволинейные формы и поверхности. Автоматически формируются контуры продавливания с учётом конфигурации плиты и наличия близлежащих проемов.

Основные преимущества применения:

1. Проектирование на основе информационной модели исключает необходимость повторного ввода данных, снижает трудоёмкость и количество ошибок, обеспечивает получение адекватной расчётной схемы.

2. Возможность автоматизированного воспроизведения полноценной пространственной информационной модели из плоских чертежей AutoCAD, подложек и поэтажных планов в пакетном режиме.

3. Мощные графические инструменты позволяют легко и быстро создавать и редактировать модель и в физическом, и в аналитическом представлении.

4. Выбор алгоритмов триангуляции и индивидуальная подстройка параметров обеспечивает получение оптимальных сеток в зависимости от особенностей объекта.

5. Удобный интерфейс задания нагрузок и истории нагружения, формирование заданий на вычисление РСН и РСУ, в том числе, комбинаций для соответствующих нормативов.

6. Интерактивное графическое управление историей возведения конструкций для подсистемы МОНТАЖ с наглядной визуализацией в физическом и аналитическом представлении.

7. Развитые процедуры диагностики и многокритериальный контроль качества модели с интерактивным отчётом о явных ошибках и потенциальных некоррекциях позволяют получать адекватные расчётные схемы проектируемых объектов.

В состав ПК ЛИРА-САПР входит набор процессоров ориентированных на решение различных классов задач. Все процессоры функционируют в 64х и 32х разрядных системах, максимально используют ресурсы многоядерных компьютеров. В основе всех процессоров лежит процедура решения систем алгебраических уравнений реализующих современные подходы решения СЛАУ, что обеспечивает большое быстродействие решения многомерных задач - до нескольких десятков миллионов неизвестных.

Реализован метод суперэлементов, позволяющий снять любые ограничения на размер решаемой задачи.

Набор проблемно-ориентированных процессоров позволяет решать практически все задания прочностного расчета.

**Линейный процессор** ориентирован на решение широкого класса задач на статические (силовые и деформированные) и динамические воздействия в линейной постановке.

Библиотека конечных элементов линейного процессора содержит представительный набор КЭ, обеспечивающих возможность моделирования произвольных конструктивных схем.

**Нелинейный шаговый итерационный процессор** ориентирован на решение широкого класса задач в нелинейной постановке.

Модули учета физической нелинейности разработаны на основе различных нелинейных зависимостей - (в том числе с учетом ниспадающей ветви, разгрузочной ветви отличной от нагрузочной). Реализована возможность компьютерного моделирования процесса нагружения моно - и би - материальных железобетонных конструкций с прослеживанием развития трещин, проявлением деформации ползучести и текучести вплоть до получения картины разрушения конструкции.

Модули учета геометрической нелинейности позволяют проводить расчет как изначально геометрически неизменяемых конструкций (гибкие плиты, оболочки, фермы и др.) так и конструкций, воспринимающих нагрузку только за счет существенного изменения своей первоначальной формы (отдельные канаты, вантовые фермы, висячие покрытия, тенты, мембраны).

Модули учета конструктивной и генетической нелинейности (односторонние связи, изменяющиеся во времени конструктивные схемы и др.).

Процессор **Динамика во времени** - моделирует поведение конструкции во времени на основе заданных различных видов изменяющихся во времени нагрузок (акселерограммы, вынужденные колебания, удар и др.). При этом учитываются такие факторы как геометрическая и физическая нелинейность работы конструкции, материальное демпфирование самой конструкции и грунтового массива, работа конструктивных демпферов.

Процессор **Монтаж** позволяет проводить компьютерное моделирование процесса возведения различных конструкций. Например, возведение высотных зданий из монолитного железобетона с учетом многократного изменения расчетной схемы, демонтажа стоек опалубки, приложения и снятия монтажной нагрузки, различной жесткости и прочности бетона, вызванной временным замораживанием уложенной смеси, и другими факторами.

Процессор **Ползучесть** позволяет проводить моделирование изменение НДС конструкции во времени, вызванное ползучестью (в том числе и термоползучестью) бетона.

Процессор **PUSHOVER** позволяет по методике, представленной в ДБН В.1.1-12:2014 проводить расчет конструкции на сейсмические воздействия в нелинейной постановке.

Процессор **Теплопроводность** позволяет определить распределение температурных полей с дальнейшим определением напряженно-деформированного состояния.

Процессор **Инженерная нелинейность** позволяет учесть пониженную жесткость железобетонных элементов при расчете на все нагружения с последующим определением РСУ, РСН

Система **ГРУНТ** по данным инженерно-геологических изысканий площадки строительства (расположение и характеристики скважин) производится построение трехмерной модели грунта. В соответствии с этой моделью по всей области плиты определяются значения коэффициентов постели  $C_1$ ,  $C_2$ , зависящих от нагрузок на фундаментную плиту и нагрузок от близлежащих зданий, а также вычисляется глубина сжимаемой толщи и осадка.

Пользователь имеет возможность просмотреть расположение слоев в произвольных вертикальных и горизонтальных срезах грунтового массива, а также картину изополей коэффициентов постели.

Величины коэффициентов постели для каждого конечного элемента автоматически передаются в общую компьютерную модель для дальнейшего расчета конструкции совместно с грунтовым основанием.

На основе трехмерной модели грунта имеется возможность сгенерировать конечноэлементную модель с автоматическим определением жесткости каждого КЭ в зависимости от их местоположения в различных слоях грунтового массива. Эта модель может быть использована для расчета системы «надземное строение - фундаментные конструкции - грунтовый массив».

Подсистема **СВАЯ** предоставляет возможность моделирования сваи набором стержней с введением в промежуточных узлах связей конечной жесткости, моделирующих совместную работу сваи и грунтового массива. Жесткости связей вычисляются автоматически в соответствии с характеристиками слоев грунта примыкающих к свае. Учитывается взаимное влияние близлежащих свай. В результате расчета имеется возможность получить эпюры усилий  $M$ ,  $M_y$ ,  $M_z$ ,  $Q_y$ ,  $Q_z$  по длине сваи и выполнить подбор арматуры.

**КОНСТРУКТОР СЕЧЕНИЙ** выполняет вычисление жесткостных характеристик: изгибных, крутильных, сдвиговых, секторальных, для моно и мульти материальных произвольных сечений. Сечения могут быть сплошными, тонкостенными и комбинированными. Допускается включение полосовых элементов, прокатных профилей и арматурных включений.

При задании усилий действующих на сечение выполняется вычисление напряжений по области сечения — нормальных, касательных, эквивалентных по различным теориям прочности.

Визуализация напряжений выполняется в виде изополей с различными шкалами для включений с различными жесткостными характеристиками и в виде эпюр по указанным пользователем линиям.

Выполняется визуализация направлений векторов главных и эквивалентных напряжений.

Реализован удобный интерфейс на базе инструментария САПФИР.

**ИНТЕГРАЦИЯ ЗАДАЧ (МЕТЕОР)** (МЕТОд Единого Объединенного Результата) (интеграция задач - развитие системы ВАРИАЦИЯ МОДЕЛЕЙ) дает возможность интегрировать задачи, которые объединяет общая топология (координаты узлов, конечно-элементная схема, геометрия сечений). Задачи могут иметь различные нагружения, жесткости, граничные условия.

Проектирующая система **ПАНЕЛЬНЫЕ ЗДАНИЯ** выполняет построение конструктивной схемы панельного здания, расчет и выдача параметров НДС элементов панельного здания. Реализован удобный интерфейс построения конструктивной и расчетной схемы, основанной на конструировании и

расстановке стыков. Разработана пополняемая и редактируемая библиотека типов стыков, которая определяет гибкость системы, т.е. ее быструю адаптацию к новым типам конструктивных элементов.

Библиотека включает различные варианты таких типов стыков как платформенный стык, контактный стык, вертикальные стыки стеновых панелей с закладными деталями и без них и др. На основе выбранного типа пользователь составляет конкретные экземпляры стыков и устанавливает их в модель здания.

Реализован расчет панельных зданий в линейной и нелинейной постановках. В составе библиотеки конечных элементов разработаны новые элементы стыка панелей. Нелинейная постановка позволяет выполнять расчет шаговым методом (моделирование процесса нагружения) и итерационным, основанным на концепции «инженерная нелинейность». Последняя позволяет проводить расчет традиционным способом (расчет на несколько нагружений, составление РСУ и РСН, подбор элементов арматуры, конструктивных элементов стыков и закладных частей) с косвенным учетом нелинейной работы конструкции. В результате расчета выдаются все параметры НДС элементов панельного здания, включая эпюры контактных напряжений в стыках здания.

Проектирующая система **АРМОКАМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ** формирует расчетную схему в препроцессорах САПФИР или ВИЗОР-САПР. Назначаются горизонтальные уровни конструктивной схемы (на уровне простенков, на уровне опирания плит перекрытий и др.), в которых выполняется проверка прочности кирпичной кладки. При вычислении усилий в процессоре ВИЗОР-САПР учитывается совместная пространственная работа несущих кирпичных и железобетонных элементов здания. В процессе расчета производится определение необходимого количества сеток и подбор стержней вертикального армирования. Возможен вариантный расчет на основе указания пользователем различных вариантов расчетных участков стены. Для каждого уровня возможна выдача эскиза рабочего чертежа с указанием количества рядов кладки, через которые необходимо укладывать арматурные сети. Возможно задание в одном проекте различных типов армокаменных конструкций, различные типы камня, шлакоблоков, ракушечника, туфа и др.

Конструирующая система армирования **АРМ-САПР** реализует подбор площадей сечения арматуры колонн, балок, плит и оболочек по первому и второму предельным состояниям в соответствии с различными нормативами. По результатам расчета формируются чертежи балок и колонн, а также создаются dxf-файлы чертежей. Реализованы ДБН В.2.6-98:2009, СП 52-101-2003, СНиП 2.03.01-84, Еврокод, ТСН 102-00, ДСТУ 3760-98.

Локальный режим армирования **ЛАРМ-САПР** позволяет конструировать отдельный железобетонный стержень или отдельный элемент пластины. Производится подбор и проверка заданного армирования. Реализованы ДБН В.2.6-98:2009, СП 52-101-2003, СНиП 2.03.01-84, Еврокод, ТСН 102-00, ДСТУ 3760-98

Проектирующая система **САПФИР-ЖБК** включает подсистемы ПЕРЕКРЫТИЕ, ДИАФРАГМА, КОЛОННА, БАЛКА, ВЫПУСКИ. Все подсистемы снабжены развитым инструментарием редактирования.

Подсистема **ПЕРЕКРЫТИЕ** позволяет по величинам армирования, полученным в системе АРМ-САПР и на основе опалубочного чертежа, созданного в САПФИР-КОНСТРУКЦИИ, получить рабочие чертежи армирования плит перекрытий с раскладкой арматуры, спецификациями, ведомостями материалов и деталей.

Подсистема **ДИАФРАГМА** позволяет выполнить построение изополей максимальной площади арматуры с учётом результатов расчёта армирования для всех экземпляров данной марки. Расчетное армирование может быть показано в виде изополей или мозаики по двум направлениям для обеих граней диафрагмы, а также по максимальной площади, взятой из двух граней. На основании расчетного армирования выполняется дальнейшее конструирование.

На любом этапе конструирования диафрагмы можно получить спецификацию арматуры, информацию о среднем расходе стали на кубометр бетона. Спецификация арматуры может быть помещена на лист чертежа в виде таблицы по нажатию одной кнопки. Аналогично формируются и размещаются на чертеже диафрагмы ведомость деталей (с эскизами и размерами), ведомость расхода стали и блок примечаний.

Подсистема **КОЛОННА** позволяет провести унификацию колонн на основе импортируемой из ПК ЛИРА-САПР информации об армировании. В автоматизированном режиме выполняется армирование колонны.

Для колонн создаются рабочие чертежи армирования со спецификацией, ведомостью деталей и ведомостью расхода стали. В автоматическом режиме выполняется образмеривание поперечных сечений колонн с учетом положения стержней рабочей арматуры. Имеется возможность получить маркировочный план вертикальных Ж/Б элементов с их спецификацией.

Подсистема **БАЛКА** позволяет провести унификацию на основе эпюр армирования. В автоматизированном режиме выполняется армирование балок. Учитываются обрывы продольной

арматуры с соответствующей анкерровкой, переменный шаг поперечного армирования. Формируются рабочие чертежи.

Подсистема **ВЫПУСКИ** позволяет в автоматическом режиме получить рабочие чертежи выпусков арматуры из фундаментной плиты на основе маркировочных планов расположения колонн, диафрагм и чертежей армирования, полученных в подсистемах КОЛОННА и ДИАФРАГМА.

Проектирующая система **СТК-САПР** (расчет элементов стальных конструкций) реализует подбор и проверку элементов стальных конструкций и их узлов по первому и второму предельным состояниям.

Подбор состоит в том, что для каждого элемента стальных конструкций, входящих в расчетную схему здания, подбирается стальное поперечное сечение минимальной площади, способное нести нагрузки, заданные в расчетной схеме. Для сокращения количества подобранных поперечных сечений могут применяться объединение элементов расчетной схемы в конструктивные элементы и унификация.

Проверка позволяет убедиться в том, что заданные в расчетной схеме стальные конструкции несут заданную нагрузку и удовлетворяют всем требованиям нормативов.

Расчет стальных конструкций осуществляется на базе нормативных данных, которые содержат сведения о расчетных характеристиках сталей, размерах и геометрических характеристиках выпускаемого листового и фасонного проката. Пользователь имеет возможность дополнить или отредактировать эти данные, используя специализированный редактор сортиментов РС-САПР.

Режим «Коррозия» позволяет выполнить проверку стальных конструкций подверженных коррозионному износу.

Расчет элементов стальных конструкций выполняется по нормам ДБН В.2.6-198:2014, СНиП II.23-81\*, СП 16.13330. 2011, Eurocode 3.1.1 ENV 1993-1-1:1992, LRFD (AISC) 2nd edition. Возможен расчет элементов стальных конструкций следующих поперечных сечений: двутавры прокатные, двутавры сварные, тавры прокатные, уголки прокатные, сечения из пар прокатных уголков, швеллеры прокатные, швеллеры сварные, С-образные сечения, двойные швеллеры, замкнутые сечения, сквозные сечения, полнотелые сечения и канаты (свыше 30 типов сечений).

Выполняется расчет и проверка узлов стальных конструкций: шарнирное примыкание двутавровой балки к колонне, жесткое примыкание двутавровой балки к колонне, стык двутавровых балок на накладках, сопряжение балок, стык колонн на высокопрочных болтах, шарнирная база двутавровых колонн, жесткая база двутавровых колонн, шарнирная база колонн коробчатого сечения, жесткая база колонн коробчатого сечения, примыкание связей, стык элементов на фланцевом соединении, примыкание балки к колонне на фланцевом соединении, опорные и промежуточные узлы ферм из уголков, опорные и промежуточные узлы ферм из труб, опорные и промежуточные узлы ферм из прямоугольных и круглых труб (свыше 70 прототипов узлов).

Редактор стальных сортиментов **РС-САПР** включает редактируемые сортаменты прокатных и сварных профилей. Вместе с системой поставляется широкий набор существующих нормативных баз профилей и сталей стран СНГ, Европы и США.

Проектирующая система **КМ-САПР** предназначена для получения в автоматизированном режиме полного набора рабочих чертежей КМ: монтажных схем, ведомости элементов, чертежей узлов, необходимых примечаний и спецификаций.

На основе информации импортируемой из ВИЗОР-САПР (конструктивная схема, рассчитанные и унифицированные сечения элементов, рассчитанные и унифицированные конструкции узлов), производится построение монтажной схемы элементов, ведомости элементов, чертежей узлов, необходимых примечаний, спецификации. Пользователь имеет возможность управлять компоновкой чертежей, расположением на них схем, отдельных деталей, таблиц, примечаний.

Система КМ-САПР может импортировать модели из других графических систем стальных конструкций (Tekla, Bocad, RealSteel, AdvanceSteel).

Система документирования **Книга отчетов** включает интерактивные копии экранов расчетной схемы и концептуально новые таблицы исходных данных, результатов МКЭ расчета и конструирования. Интерактивная копия экрана способна в любой момент времени возвращать расчетную схему к виду или фрагменту, хранящемуся в ее изображении. Новые таблицы обеспечивают полноценный анализ результатов расчета схемы. Сортировка и фильтр содержимого таблиц по различным критериям, а также возможность поиска объектов схемы по значениям таблицы значительно упрощает анализ результатов. И копии экранов, и таблицы способны автоматически обновлять свое содержимое вслед за изменениями расчетной схемы. «Книга отчетов» позволяет организовывать свои элементы в иерархическую древовидную структуру, добавлять произвольный текст и графические изображения, подключать внешние таблицы и документы. Элементы книги отчетов могут быть сверстаны в единый файл формата DOCX и распечатаны.

Система документирования результатов расчета «Книга отчетов» позволяет ускорить генерацию документации при помощи шаблонов. Шаблоны документирования работают с любым фрагментом

схемы и конструктивными блоками. В стандартную поставку входят готовые шаблоны. Пользователь имеет возможность настраивать эти шаблоны и пополнять библиотеку шаблонов своими собственными шаблонами документирования.

Использование настроек автотекста и повторителей существенно упрощают работу с отчетом. С их помощью можно настроить автоматическое наименование изображений схемы (например: по отметкам и осям документируемого фрагмента и факторам НДС, представленным на изображении).

ПК ЛИРА-САПР позволяет вести общение со всеми системами комплекса на украинском, русском, и английском языках. Замена языка может осуществляться на любой стадии работы с комплексом. ПК ЛИРА-САПР дает возможность использовать любую действующую систему единиц измерения, как при создании модели, так и при анализе результатов расчета.

Каждый год ООО «ЛИРА САПР» выпускает новые версии ПК ЛИРА-САПР, которые развивают функциональность этого программного комплекса.

Доктор тех. наук, проф., научный руководитель Городецкий Александр;

Доктор тех. наук, проф., Барабаш Мария;

Кандидаты тех. наук: Гензерский Юрий; Городецкий Дмитрий; Дмитренко Евгений, Киевская Екатерина; Максименко Валерий; Рассказов Андрей; Рождественский Василий; Ромашкина Марина; Стрелец-Стрелецкий Евгений; Харченко Николай;

Инженеры: Артамонова Александра, Барский Леонид, Батрак Лариса, Башинская Ольга, Боговис Виталий, Бойченко Виталий, Буфиус Ольга, Водопьянов Роман, Губченко Виктор; Журавлев Алексей, Колесникова Елена, Крашевский Андрей, Лазарев Александр, Литвиненко Сергей, Маснуха Александр, Медведенко Дмитрий, Мельников Алексей, Палиенко Олег, Пиккуль Анатолий, Писаревский Богдан, Стотланд Инга, Сычев Дмитрий, Титок Виктор, Томашевский Андрей, Торбенко Елена, Филоненко Юрий, Франтов Павел, Шелудько Валентина, Шут Александр, Юсипенко Светлана.

## Описание ленточного интерфейса ПК ЛИРА-САПР®2018\*

Ленточный вид интерфейса устанавливается по умолчанию при первоначальной загрузке ВИЗОР-САПР.

Ленточный вид интерфейса представляет собой рабочее пространство, основанное на панелях инструментов, разделенных вкладками, на которых отображаются инструменты и элементы управления, предназначенные для решения определенной задачи. Вкладки ленты соответствуют этапам работы со схемой: создание схемы, анализ напряженно-деформированного состояния, конструирование.

Варианты ленты:

- Лента Плюс;
- Лента ЖБК;
- Лента Сталь;
- Лента Пользователя.

Лента Пользователя - индивидуально настроенный ленточный интерфейс с пользовательскими вкладками, панелями и кнопками. Руководство по настройке ленты можно скачать с официального сайта <http://www.liraland.ru>.

Выключить ленту можно в дополнительном меню ленты **Стиль**, сняв флажок с пункта **Лента <...>**. Включить ленту можно в меню **ОКНО**, выбрав соответствующий пункт во вложенном меню **Стиль интерфейса**.

Ниже приводится описание стиля ленточного интерфейса **Лента Плюс**.

Лента разделена такими вкладками:

- **Создание и редактирование** – создание геометрии схемы, базовое редактирование, назначение жесткостей, задание параметров для конструирования, задание нагрузок.
- **Расширенное редактирование** – расширенное редактирование схемы, сборка схем, работа с блоками и суперэлементами, вызов и управление параметрами работы системы ГРУНТ, работа с линиями влияния, отображение мозаик для анализа геометрии и заданных свойств элементам расчетной схемы.
- **Расчет** – задание данных для статического, динамического и дополнительных расчетов, формирование таблиц для расчета, выполнение расчета.
- **Анализ** – наиболее популярные функции анализа: анализ перемещений, усилий, напряжений в стержневых, пластинчатых и объемных КЭ, формирование таблиц результатов.
- **Расширенный анализ** – анализ усилий в специальных элементах, расчет и анализ результатов дополнительных расчетов.
- **Железобетон** – задание информации для конструирования, анализ подбора и проверки армирования элементов.
- **Сталь** – задание информации для конструирования, анализ результатов проверки и подбора стальных сечений и узлов.
- **Кладка** – задание информации данных для конструирования, анализ результатов проверки прочности кладки и подбора армирования.

Первые три вкладки **Создание и редактирование**, **Расширенное редактирование**, **Расчет** соответствуют режиму создания **Расчетной схемы**. Вкладки **Анализ**, **Расширенный анализ** – режиму просмотра **Результатов расчета**, вкладки **Железобетон**, **Сталь**, **Кладка** – режиму **Конструирования** (при отсутствии результатов расчета для открытой в ВИЗОР-САПР задачи режим создания расчетной схемы предполагается независимо от выбранной в ленте вкладки).

При выборе на расчетной схеме объектов определенного типа дополнительно выводятся контекстные вкладки ленты. Каждая из контекстных вкладок содержит операции, которые относятся к выделенным объектам. Контекстная вкладка закрывается при снятии выделения с объектов. Контекстные вкладки, предназначенные для работы с узлами и элементами схемы, содержат команды по созданию и редактированию схемы и не могут быть вызваны в режимах просмотра **Результатов расчета** и **Конструирования**.

При выделении объектов в режиме создания Расчетной схемы активируются следующие контекстные вкладки:

- Работа с узлами;
- Работа со стержнями;
- Работа с пластинами;
- Работа с объемными КЭ;
- Работа с одноузловыми КЭ;
- Работа с СЭ.

Кроме вкладок и контекстных вкладок существуют также 3 вкладки, которые вызывают отдельные режимы работы программы:

- **3D вид** – пространственное отображение созданного объекта, в том числе отображение сечения элементов и предоставление аппарата для детального исследования с различных точек зрения в отдельном окне созданного объекта.
- **Триангуляция** – создание и триангуляция плоского фрагмента, содержащего отверстия.
- **Редактор контуров** – создание и триангуляция плоского фрагмента, содержащего отверстия и внутренние стержни.

В правом верхнем углу содержится дополнительное меню ленты. Оно включает в себя меню **Стиль** для смены стилей ленточного интерфейса и видов их отображения, меню **Окно** для работы с окнами задач и меню **Справка** для работы со справочной информацией.

Кроме вышеупомянутых вкладок при выбранном стиле **Лента** активированы также три панели инструментов: **Выбор**, **Проекция** и **Проекция 2**.

При первоначальной загрузке ВИЗОР-САПР, если ранее не было создано ни одного файла с исходными данными в рабочих каталогах системы, или при закрытии всех окон с ранее загруженными задачами, все команды на вкладках ленты, кроме четырех команд на вкладке **Расчет**, становятся неактивными.

Команды ленты, которые доступны в режиме начальной загрузке ВИЗОР-САПР (без открытых документов):

- **Расчетный процессор** – вызов диалогового окна для управления параметрами расчета выбранного файла задачи и собственно расчет.
- **Протокол решения** – выбор и просмотр текстового файла формата имя Задачи\_01.шифрЗадачи, содержащего протокол расчета задачи.
- **МЕТЕОР (Вариации моделей)** – данный процессор предоставляет возможность производить объединение результатов, полученных после расчета топологически одинаковых расчетных схем (одинаковая геометрия, одинаковое количество и типы элементов), отличающихся граничными условиями, жесткостными характеристиками элементов, параметрами грунтового основания и т.п.
- **Расчет пакета задач** – вызов диалогового окна для расчета пакета (списка) задач. При расчете пакета задач предполагается, что будут выполнены не только расчет статики и динамики каждой из задач, но и все этапы расчета в соответствии с заданными исходными данными (расчет РСУ, РСН, унификации РСУ, расчет нагрузки на фрагмент, расчет устойчивости, расчет главных и эквивалентных напряжений), а также расчеты конструирующих систем.

## Элементы ленточного интерфейса

**Вкладка** (рис.1) - элемент графического интерфейса пользователя, который позволяет в одном окне приложения переключаться между predetermined наборами элементов интерфейса, когда их доступно несколько, а на выделенном для них пространстве окна можно показывать только один из них.

Вкладка представляет собой «выступ» с надписью, расположенный на границе выделенной под сменное содержимое области экрана. Клик мышью по вкладке делает её активной, и на управляемой вкладками области экрана отображается соответствующее ей содержимое. Вкладки располагаются друг за другом горизонтально.

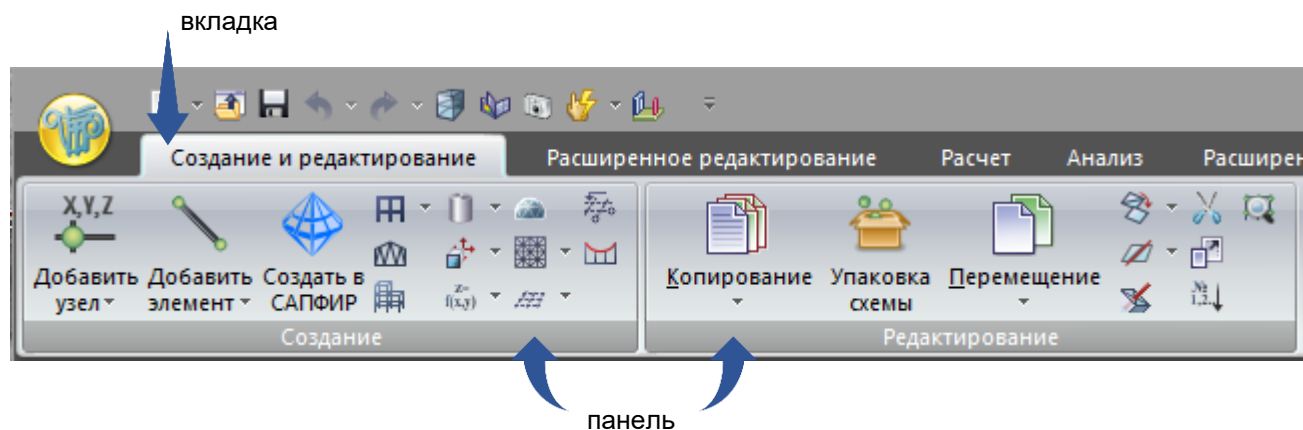


Рис. 1. Вкладки и панели ленты

**Контекстные вкладки ленты** (рис.2) – при выборе на расчетной схеме объектов определенного типа вместо инструментальной панели выводится особая контекстная вкладка ленты. По умолчанию контекстная вкладка закрывается при снятии с объектов расчетной схемы выделения.

Включает постоянное отображение в ленте контекстных вкладок для тех элементов, которые есть в схеме, можно сняв флажок **Контекстные закладки по выделенным** (кнопка **Параметры** в меню приложения).

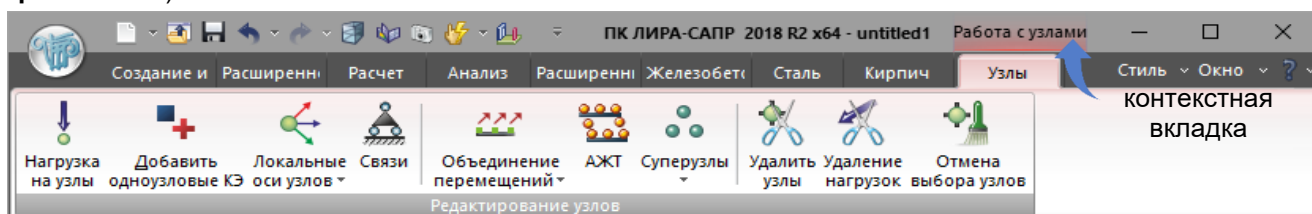


Рис. 2. Контекстная вкладка ленты **Работа с узлами**

Каждая вкладка состоит из панелей.

**Панель** (рис. 1)- организация используемых команд в группы, подобные панелям инструментов. Панели ленты позволяют осуществлять быстрый вызов команд и при этом сокращают количество присутствующих на экране элементов интерфейса.

### Организация кнопок в панелях ленты

Кнопки в панелях ленты организованы в нескольких видах:

- Большие кнопки с текстом;
- Большие кнопки с текстом в виде раскрывающихся списков (рис.3);
- Малые кнопки;
- Малые кнопки в виде раскрывающихся списков;
- Малые кнопки с текстом.

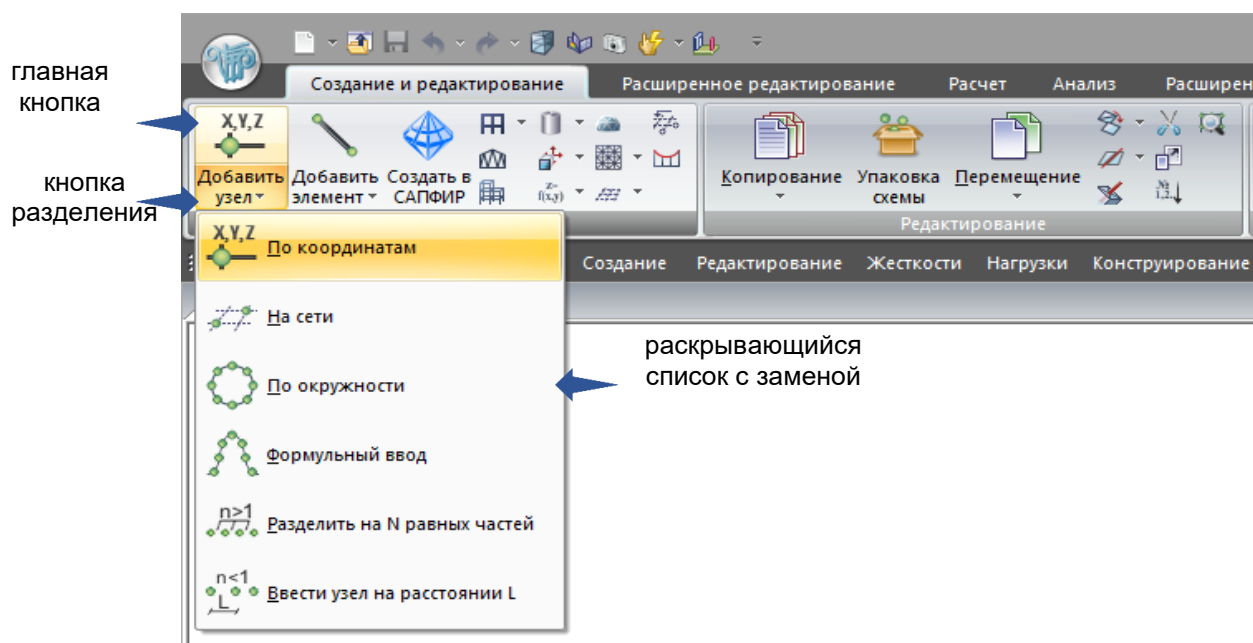


Рис. 3. Раскрывающийся список с заменой на панели ленты

Раскрывающиеся списки кнопок панели ленты могут содержать целый ряд команд, близких по назначению, занимая при этом на панели ленты место всего одной команды. Команды, содержащиеся в раскрывающемся списке, можно запускать щелчком по главной кнопке или выбрав команду из самого списка, когда нажата кнопка разделения.

Существует несколько возможных способов работы раскрывающегося списка.

**Раскрывающийся список с заменой** (рис.3) - раскрывающийся список настроен как кнопка разделения, главная кнопка отображает последнюю использовавшуюся команду, которую впоследствии можно запустить уже не выбирая из списка, а просто щелчком по главной кнопке. Раскрывающийся список открывается щелчком по кнопке разделения.

**Раскрывающийся список** – после использования одной из команд раскрывающегося списка, главная кнопка не отображает последнюю использованную команду, а всегда работает одинаково. Раскрывающийся список открывается щелчком по кнопке разделения.

В раскрывающихся списках **Изополя C1z**, **Мозаика C1z**, **Мозаика жесткостных характеристик свай** (вкладка **Создание и редактирование**, панель **Жесткости и связи** и панель **Инструменты**) щелчок по кнопке всегда приводит к раскрытию списка.

**Панель инструментов быстрого доступа** (рис.4) – панель быстрого доступа располагается в верхней части окна приложения (вдоль ленты, над или под ней) и обеспечивает непосредственный доступ к определенному набору команд.

Панель быстрого доступа является настраиваемой и содержит набор команд, не зависящих от вкладки, отображаемой в данный момент на ленте.

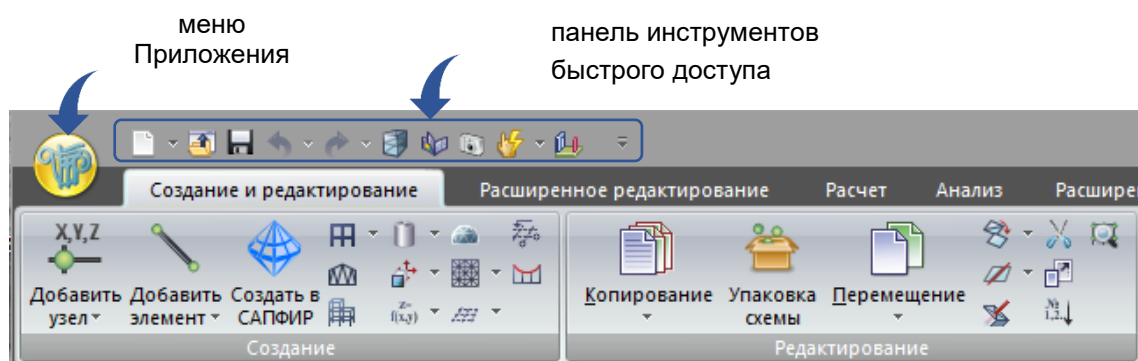


Рис. 4. Панель инструментов быстрого доступа

**Меню приложения** (рис.5) – меню для работы с файлами документа и настройкой параметров для графического отображения схемы и расчета.

На главной странице меню приложения находится список документов, которые открывались последними. Меню приложения содержит основные команды работы с файлами ВИЗОР-САПР, такие как: **Создать**, **Открыть**, **Сохранить**, **Заккрыть**, **Импорт/Экспорт** и команды настройки параметров.

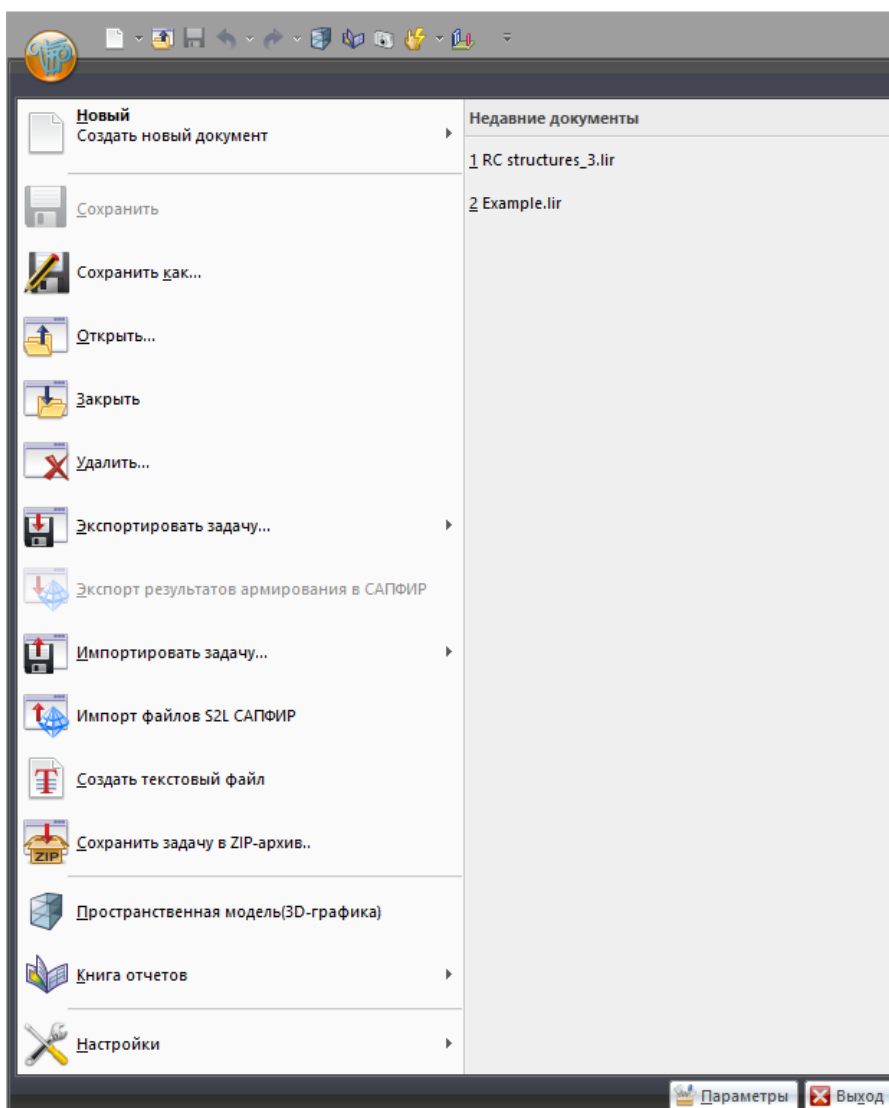


Рис. 5. Развернутое Меню приложения

**Строка состояния** (рис. 6) - это панель в нижней части окна, предназначенная для вывода вспомогательной информации: параметров задачи, с которой работает пользователь, подсказок к пунктам меню и т.д. Конфигурация строки состояния зависит от режима работы программы (создание **Расчетной схемы**, просмотр **Результатов расчета**, **Конструирование**) и содержит следующие блоки:

- Загрузки РС (расчетной схемы)
- Загрузки анализа
- Конструирование
- Индикация элементов

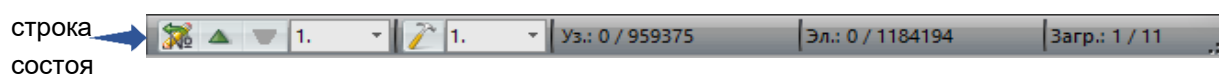


Рис. 6. Строка состояния

## Меню Приложения

**Меню приложения** (рис.4, рис.5) – операции, обеспечивающие работу с файлами, которые использует ВИЗОР-САПР.

При активизации меню приложения на его левой панели отображается список команд, а на правой панели отображается либо список **Недавние документы**, либо команды раскрывающихся меню, если на них установлен курсор мыши.

В нижней области меню расположена кнопка **Параметры** для настройки панели быстрого доступа, способа отображения контекстных вкладок и панели быстрого доступа, а также назначения сочетаний клавиш и кнопка **Выход** из ПК ЛИРА-САПР® 2018.

Меню приложения содержит следующие группы команд:

**Новый** (рис. 7) – раскрывающееся меню. Создание файла новой задачи с выбранным признаком схемы.

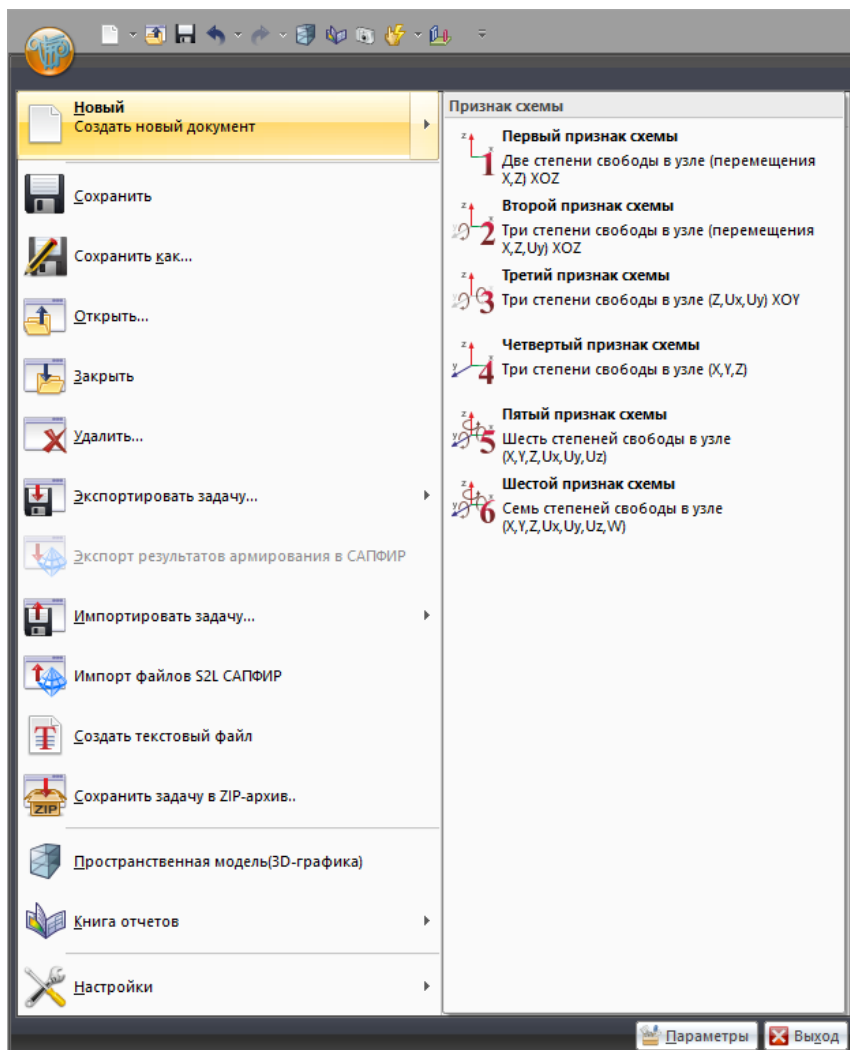


Рис. 7. Раскрывающееся меню **Новый**

- Первый признак схемы – две степени свободы в узле (перемещения  $X, Z$ ), схема в плоскости  $XOZ$ ;
- Второй признак схемы – три степени свободы в узле (перемещения  $X, Z, U_y$ ), схема в плоскости  $XOZ$ ;
- Третий признак схемы – три степени свободы в узле ( $Z, U_x, U_y$ ), схема в плоскости  $XOY$ ;
- Четвертый признак схемы – три степени свободы в узле ( $X, Y, Z$ );
- Пятый признак схемы – шесть степеней свободы в узле ( $X, Y, Z, U_x, U_y, U_z$ );
- Шестой признак схемы – семь степеней свободы в узле ( $X, Y, Z, U_x, U_y, U_z, W$  – деформация сечения стержня).

**Сохранить** – сохранение текущей задачи под исходным именем.

**Сохранить как** – сохранение текущей задачи под другим именем.

**Открыть** – загрузка созданного ранее файла с исходными данными.

**Заккрыть** – закончить работу с текущей задачей.

**Удалить** – вызов диалогового окна для удаления файлов проекта.

**Экспортировать задачу** (рис.8) – раскрывающееся меню. Создание файла формата DXF, SLI, MSH или OBJ на основе расчетной схемы.

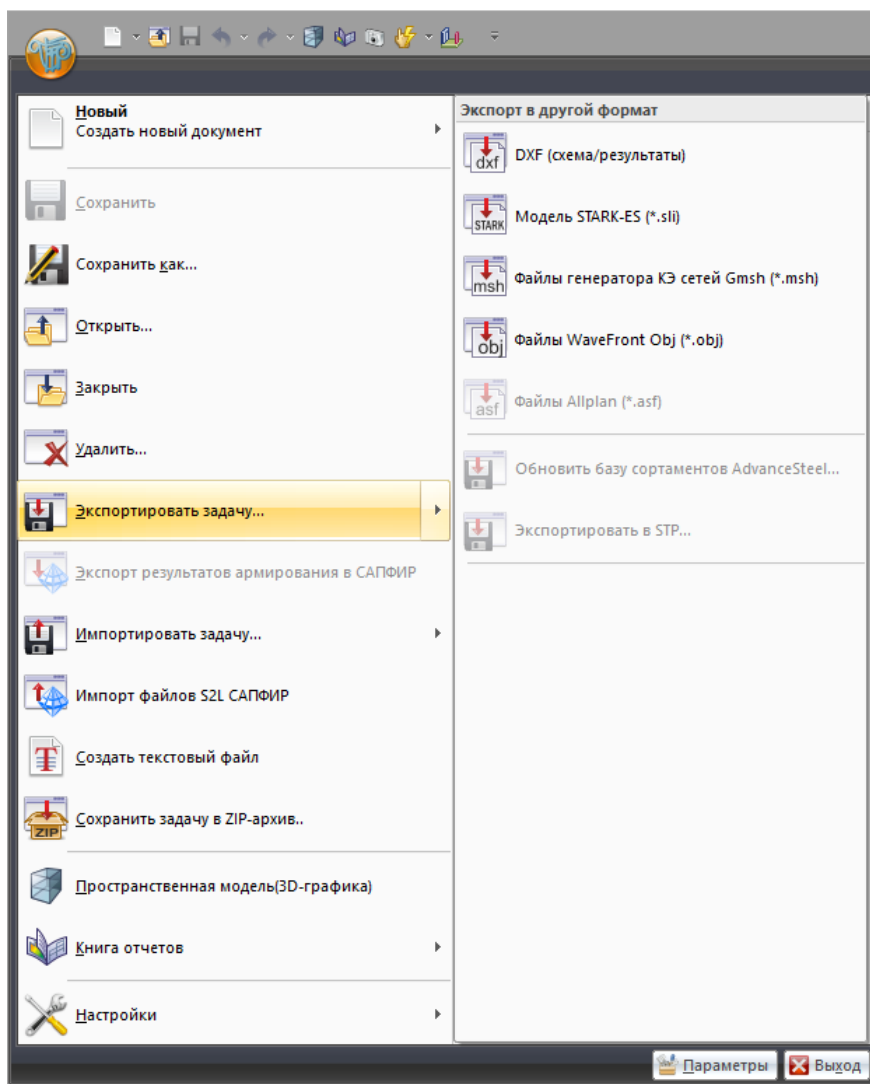


Рис. 8. Раскрывающееся меню **Экспортировать задачу**

- DXF;
- Модель STARK-ES (\*.sli);
- Файлы генератора КЭ сетей Gmsh (\*.msh);
- Файлы Allpan (\*.asf) – изополя армирования;
- Файлы WaveFront Obj (\*.obj);
- Обновить базу сортаментов AdvanceSteel...;
- Экспортировать в STP....

**Экспорт результатов армирования в САПФИР** – экспорт результатов подбора арматуры для дальнейшего конструирования в систему САПФИР-ЖБК.

**Импортировать задачу** (рис.9) – раскрывающееся меню. Импорт расчетных схем из файлов разных форматов в ПК ЛИРА-САПР®.

- Файлы задач (\*.#00.\*) (\*.#00.\*) – двоичные файлы решенных задач.

- Текстовые файлы (\*.txt) – текстовые файлы, содержащие информацию о задаче на входном языке процессора.
- dxf файлы (\*.dxf) – файлы для передачи данных о геометрии конструкции из программы AutoCAD.
- Модели ArchiCad (\*.mdb) – файлы для передачи данных о конструкции из программы ArchiCAD.
- AdvanceSteel DStV PSS (\*.stp) – файлы для передачи данных о конструкции из программы AdvanceSteel.
- Модели STARK-ES (\*.sli) – файлы для передачи данных о конструкции из программы STARK ES.
- поэтажный план DXF (\*.dxf) – файлы для передачи данных о конструкции из поэтажных планов DXF.
- Модели Hypersteel (\*.stp) – файлы для передачи данных о конструкции из программы HyperSteel.
- BoCAD DStV PSS (\*.stp) – файлы для передачи данных о конструкции из программы BoCAD.
- Модель KM-САПР (\*.LiraKM) - файлы для передачи данных о конструкции из программы KM-САПР.
- IFC 2x (\*.ifc) – файлы для передачи данных из программ Allplan, Revit Architecture, Architecture Desktop.
- Файлы генератора КЭ сетей Gmsh (\*.msh) – файлы для передачи данных о конструкции из генератора КЭ-сетей Gmsh.
- Файлы STL (3D стереолитография) (\*.stl) – файлы для передачи информации о трехмерной модели объекта из формата STL.
- Файлы Wavefront Obj (\*.obj) – файлы для передачи данных о геометрии и других свойствах объекта из WaveFront Obj.
- ZIP-архивы ЛИРА файлов (\*.zip) – файлы задач из архивов, созданных с помощью команды Сохранить задачу в ZIP-архив.

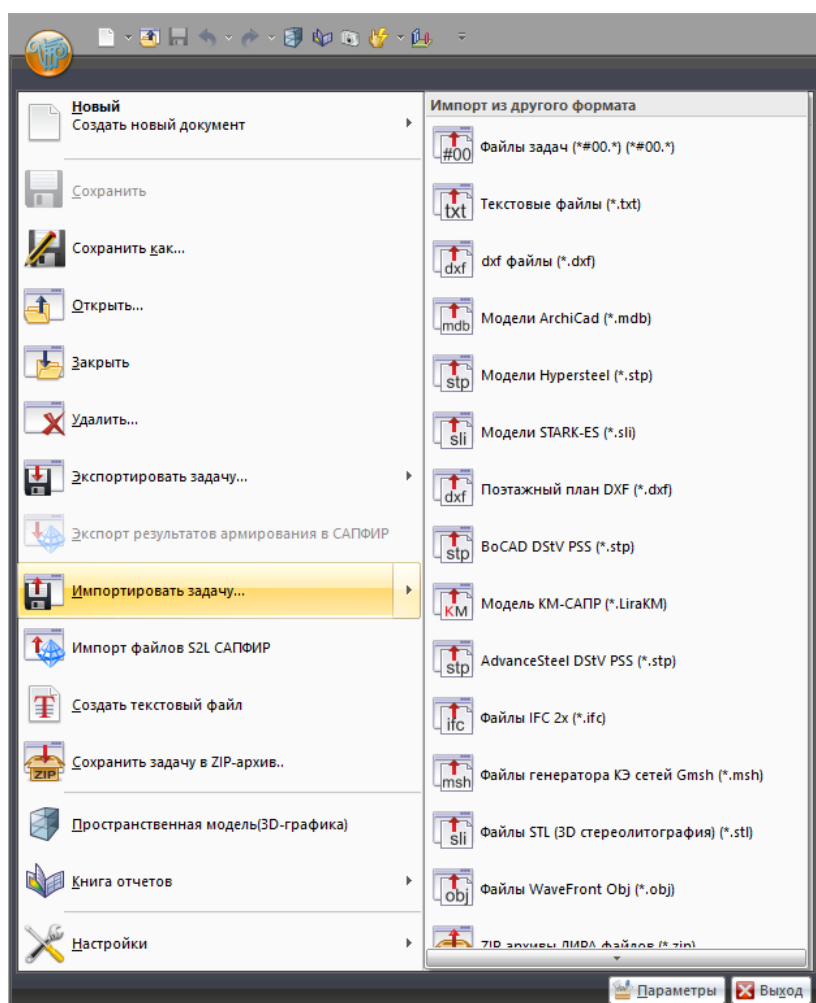


Рис. 9. Раскрывающееся меню **Импортировать задачу**

**Импорт файлов S2L САПФИР** - импорт аналитической модели из ПК САПФИР.

**Создать текстовый файл** - на основе сформированной расчетной схемы создается текстовый файл формата имяЗадачи.txt, содержащий всю информацию о задаче на входном языке процессора.

**Сохранить задачу в ZIP-архив** - ZIP-архивирование файлов исходных данных, связанных с рассматриваемой задачей, а также результатов расчета.

**Пространственная модель (3D графика)** - пространственное отображение созданного объекта и предоставление аппарата для его детального исследования с различных точек зрения. Отображение объекта "в теле" с заданными параметрами сечений элементов.

**Книга отчетов** (рис.10) – раскрывающееся меню. Основные команды для управления системой документирования.

- Показать книгу отчетов.
- Снимок экрана.

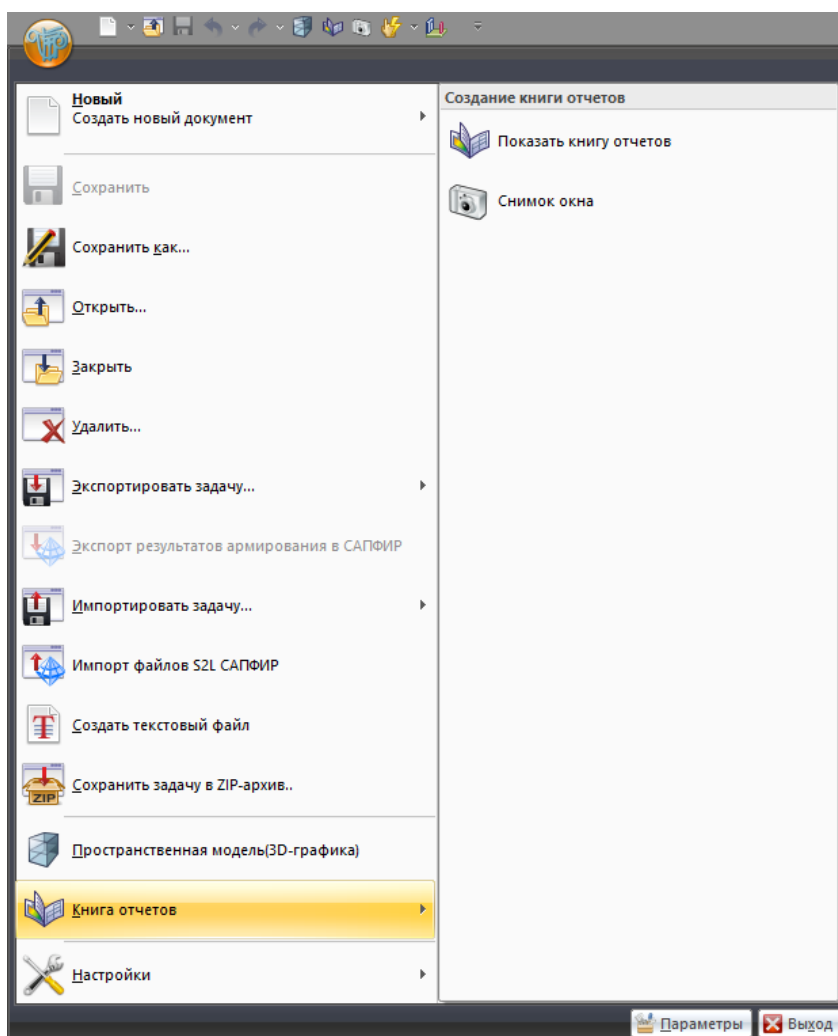


Рис. 10. Раскрывающееся меню **Книга отчетов**

**Настройки** (рис.11) – раскрывающееся меню. Команды настройки ПК ЛИРА-САПР:

- каталоги;
- единицы измерения;
- общие параметры;
- параметры шкалы;
- цвета;
- параметры расчета;
- форматы чисел и шрифты;
- языки.

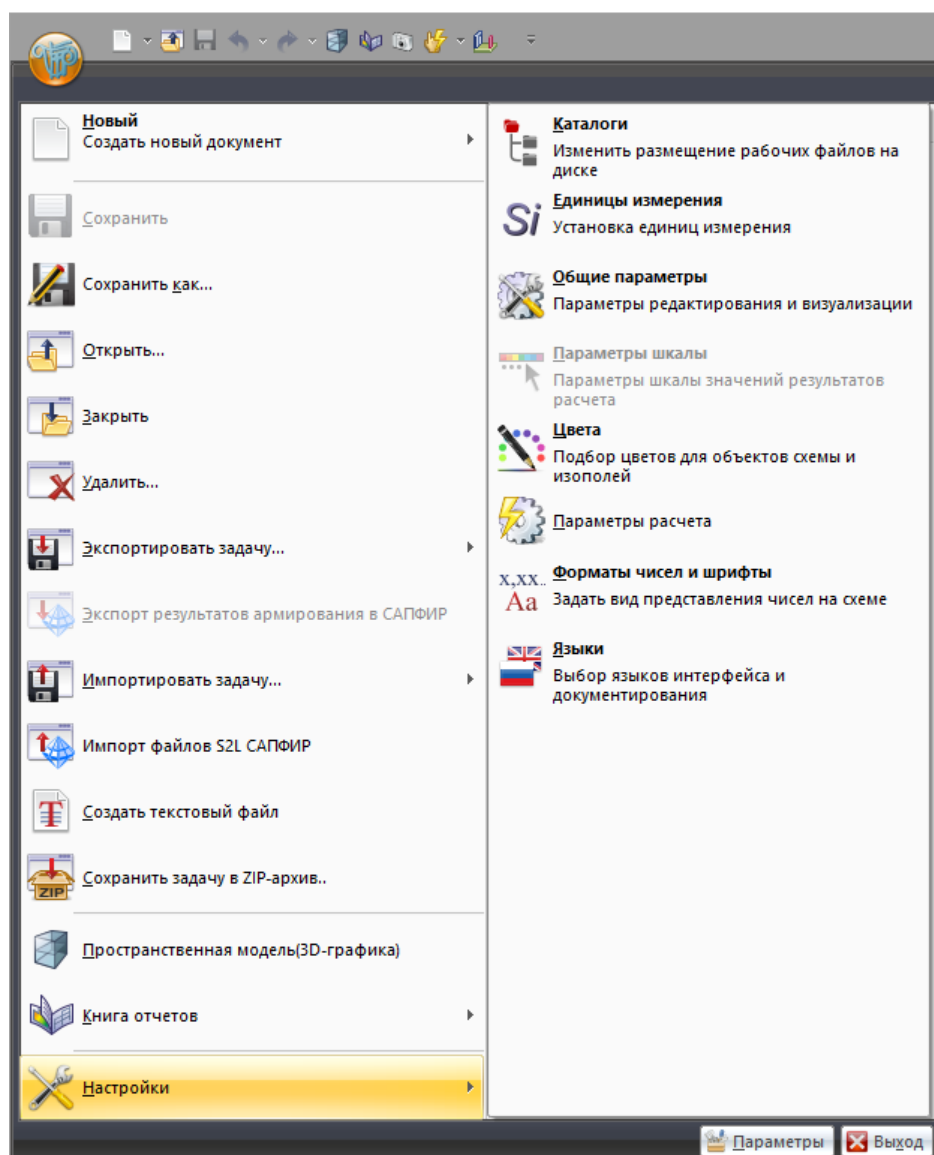


Рис. 11. Раскрывающееся меню **Настройки** ПК ЛИРА-САПР

## Вкладка Создание и редактирование

Операции по созданию и базовому редактированию геометрии схемы, назначению жесткостей и формированию загружений.

Вкладка **Создание и редактирование** (рис. 12) содержит следующие панели:

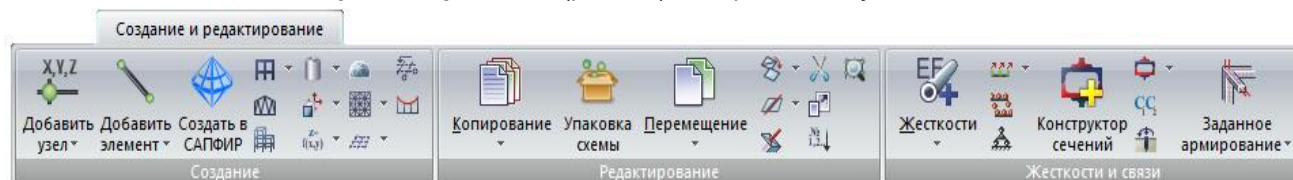


Рис. 12. Вкладка **Создание и редактирование**

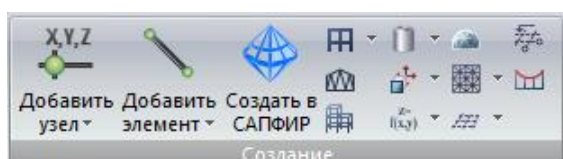


Рис. 13. Панель **Создание**

- **Создание** (рис.13) – операции по созданию регулярных фрагментов и сетей, ферм, пространственных рам, генерация различных поверхностей, добавление узлов и элементов, триангуляция контуров, задания на схеме строительных осей и высотных отметок

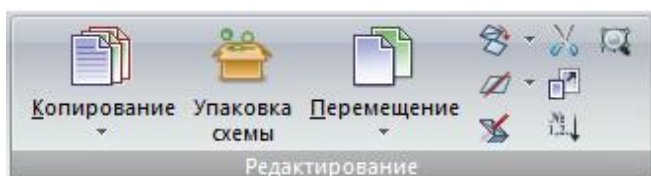


Рис. 14. Панель **Редактирование**

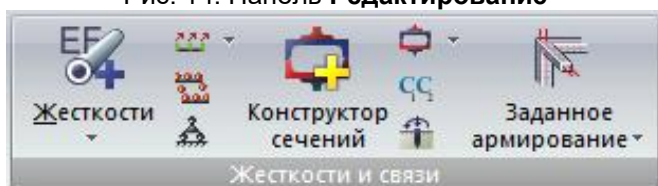


Рис. 15. Панель **Жесткости и связи**

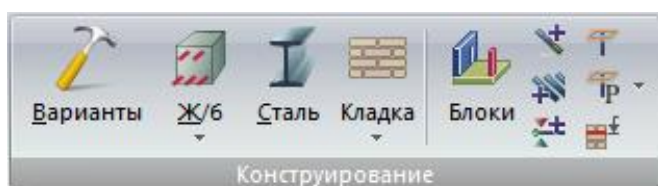


Рис. 16. Панель **Конструирование**

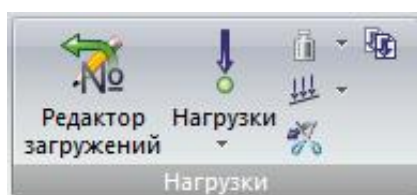


Рис. 17. Панель **Нагрузки**

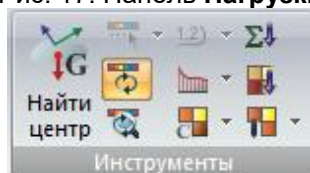


Рис. 18. Панель **Инструменты**

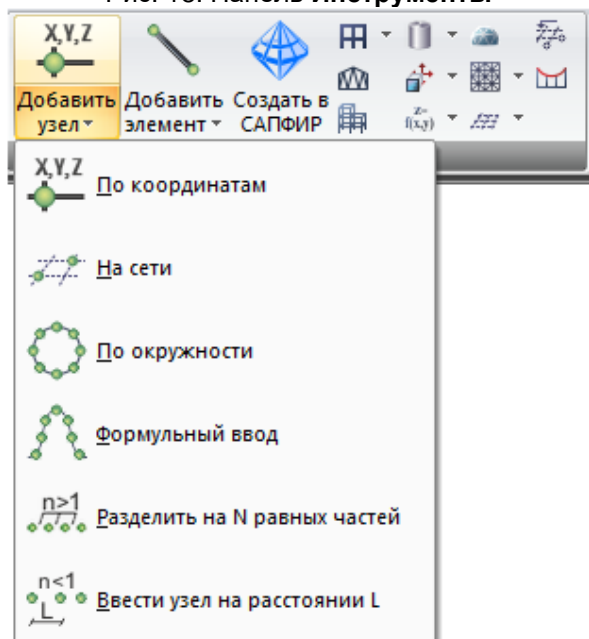


Рис. 19. Раскрывающийся список **Добавить узел**

- **Редактирование** (рис.14) – операции по базовому редактированию схемы (копирование, перемещение, масштабирование), упаковка схемы, редактирование триангуляционной сетки, упорядочения нумерации узлов и/или элементов
- **Жесткости и связи** (рис.15) – операции по созданию, редактированию и назначению жесткостей, материалов, типов заданного армирования элементам схемы, моделированию закреплений, объединения перемещений, генерации АЖТ, задание коэффициентов постели и задания и/или вычисления жесткостных характеристик свай
- **Конструирование** (рис.16) – операции по созданию вариантов конструирования, задание материалов, задание уровней для расчета кладки, создание конструктивных блоков (КоБ), конструктивных элементов (КоЭ) и унифицированных групп (УГ, УГ КоЭ), создание контуров продавливания, мозаика геометрических характеристик контуров продавливания
- **Нагрузки** (рис.17) – операции по формированию загружений и назначению нагрузок на узлы и элементы схемы
- **Инструменты** (рис.18) – операции по настройке графического отображения результатов и исходных данных схемы, а также функции по представлению исходных данных

**Добавить узел** (рис.19) – раскрывающийся список с заменой, содержащий операции по добавлению узлов в расчетную схему одним из способов:

- по координатам;
- на сети;
- по окружности;
- формульный ввод;
- разделить на N равных частей;
- ввести узел на расстоянии.

**Добавить элемент** (рис.20) – раскрывающийся список с заменой, содержащий операции по добавлению элементов в расчетную схему.

- добавить стержень;
- добавить 3-х узловую пластину;
- добавить 4-х узловую пластину;
- добавить одноузловые КЭ;
- разделить на N равных частей;
- ввести узел на расстоянии L;
- изменить размер стержней;
- разбить стержень узлами;
- выпуклый контур;
- объемный КЭ по отмеченным узлам;
- добавить элемент, перечислив узлы;
- объединить отмеченные стержни в один.

**Создать в САПФИР** – экспорт выделенной части схемы в САПФИР для создания произвольного фрагмента, содержащего стержневые и пластинчатые элементы. Выделенная часть схемы служит для привязки создаваемого фрагмента.

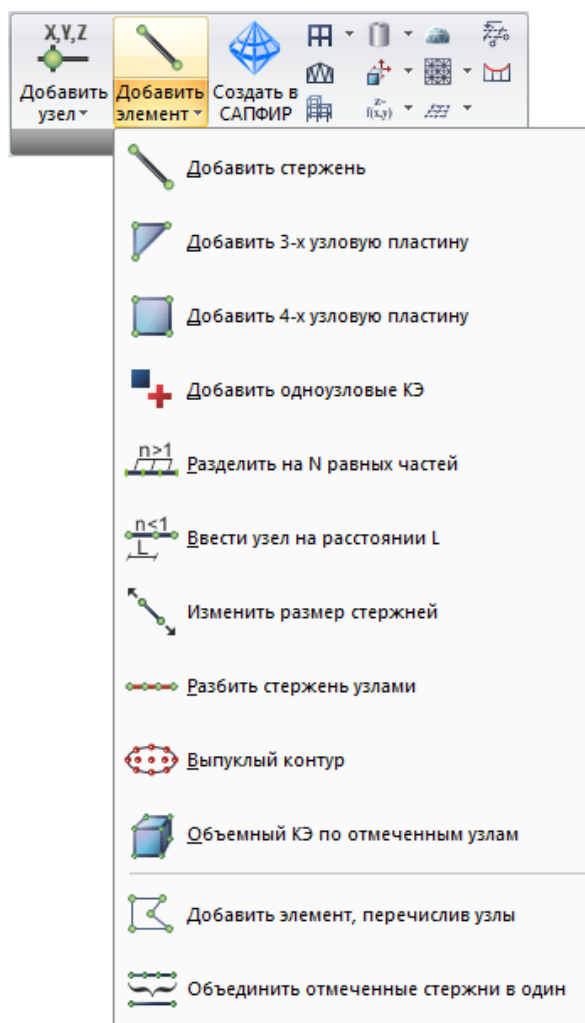


Рис. 20. Раскрывающийся список **Добавить элемент**

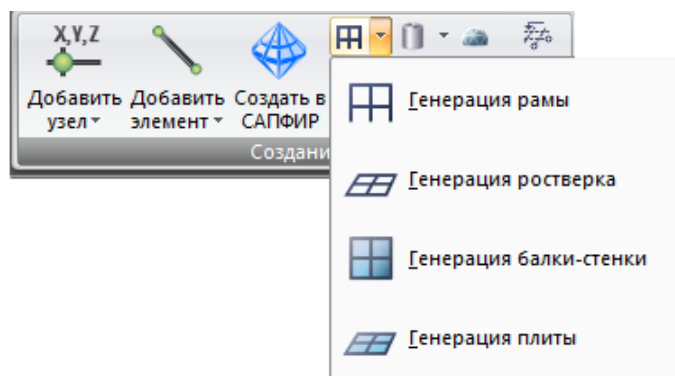


Рис. 21. Раскрывающийся список **Генерация регулярных фрагментов и сетей**

**Генерация ферм** – вызов диалогового окна для выбора требуемой конфигурации фермы по очертанию поясов, типу решетки фермы и задания необходимых параметров.

**Генерация пространственных рам** – вызов диалогового окна для создания фрагментов пространственных рам.

**Поверхности вращения** (рис.22) – раскрывающийся список с заменой, содержащий операции по генерации стержневых или пластинчатых поверхностей вращения:

- цилиндр;
- конус;
- сфера;
- тор.

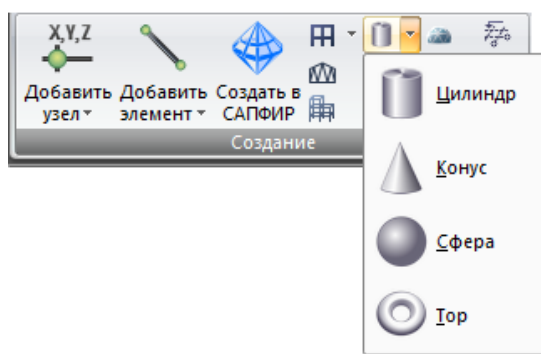


Рис. 22. Раскрывающийся список **Поверхности вращения**

**Перемещение образующей** (рис.23) – раскрывающийся список с заменой, содержащий операции по генерации фрагментов схемы при помощи перемещения или вращения образующей:

- перемещений образующей;
- вращение образующей.

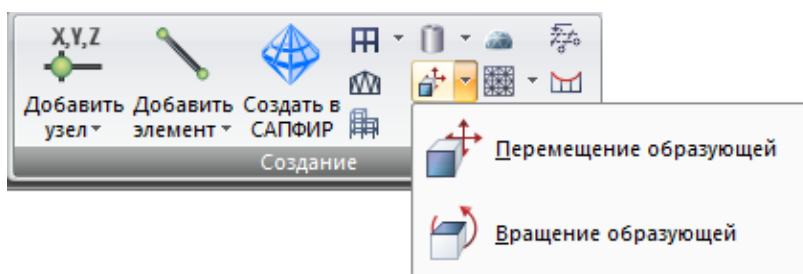


Рис. 23. Раскрывающийся список **Перемещение образующей**

**Создание поверхностей** (рис.24) – раскрывающийся список с заменой, содержащий операции по созданию поверхностей по заданной формульной зависимости:

- поверхность  $z=f(x,y)$ ;
- складчатый параболоид вращения.

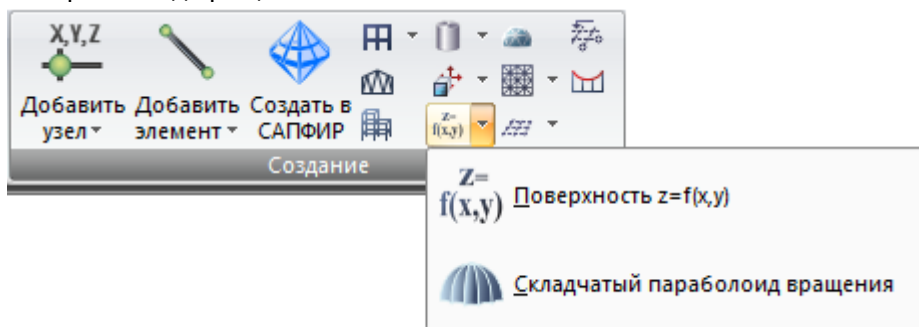


Рис. 24. Раскрывающийся список **Создание поверхностей**

**Геодезический купол** – вызов диалогового окна для создания геодезических куполов и их элементов.

**Создание и триангуляция контуров** (рис.25) – раскрывающийся список с заменой, содержащий операции по созданию плоских фрагментов схем и триангуляции этих фрагментов:

- простой контур;
- контур с отверстиями;
- редактор контуров.

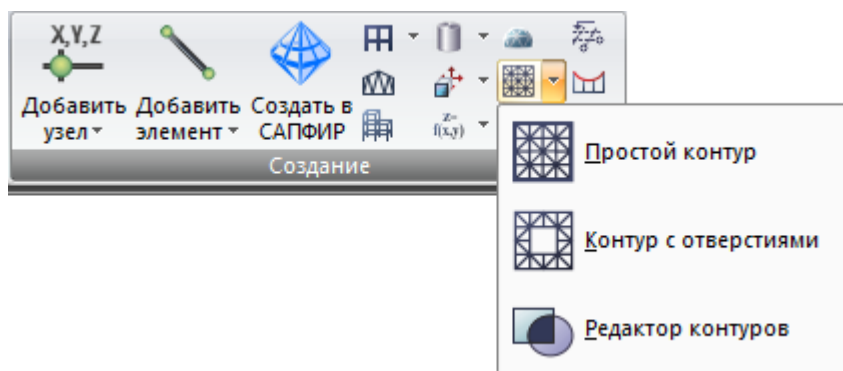


Рис. 25. Раскрывающийся список **Создание и триангуляция контуров**

**Генерация прямоугольной сети** (рис.26) – раскрывающийся список, содержащий операции по задания прямоугольных сетей для привязки при построении расчетной схемы:

- генерация прямоугольной сети;
- удалить сеть.

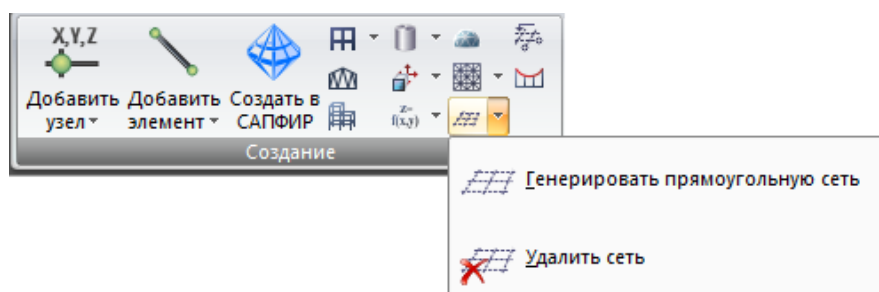


Рис. 26. Раскрывающийся список **Генерация прямоугольной сети**

**Строительные оси и отметки** – вызов диалогового окна для задание на схеме строительных осей и высотных отметок.

**Цепная линия** – вызов диалогового окна для автоматического задания нитей и вантов.

Панель **Редактирование** (рис.14) содержит следующие команды:

**Копирование** (рис.27) – раскрывающийся список с заменой, содержащий операции копирования объектов одним из способов:

- по параметрам;
- по одному узлу;
- по двум узлам;
- поворотом;
- симметрично.

**Упаковка схемы** – вызов диалогового окна для управления параметрами упаковки созданной схемы после выполнения операций **Сборка**, **Копирование** и других операций с геометрией.

**Перемещение** (рис.28) – раскрывающийся список с заменой, содержащий операции перемещения объектов:

- по параметрам;
- по одному узлу;
- по двум узлам;

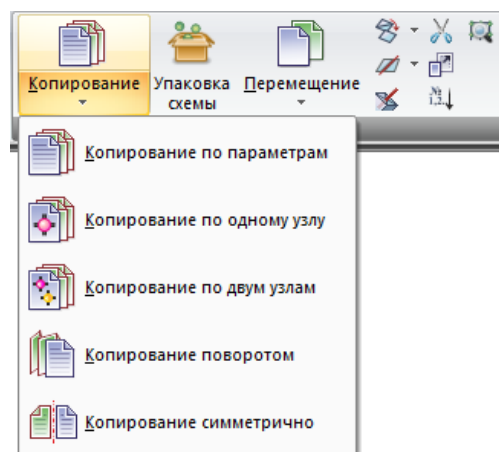


Рис. 27. Раскрывающийся список **Копирование**

- поворотом;
- симметрично;
- притянуть узлы к плоскости.

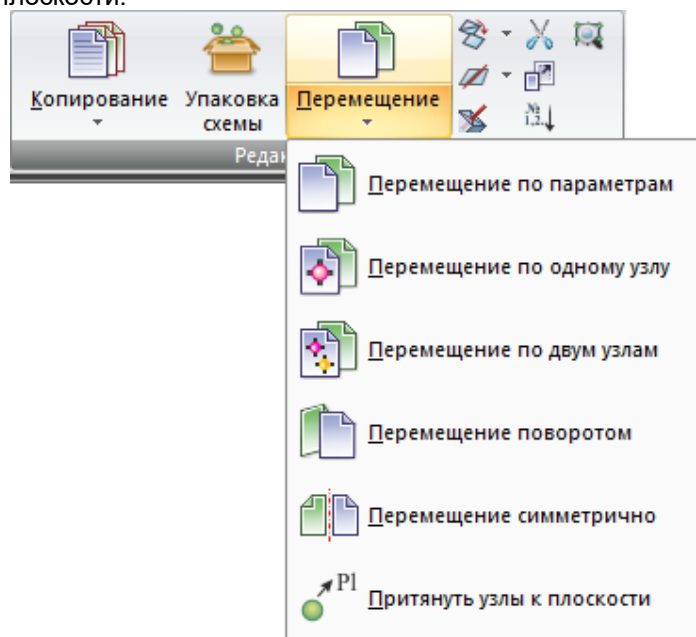


Рис. 28. Раскрывающийся список **Перемещение**

**Преобразование сети пластинчатых КЭ** (рис.29) – раскрывающийся список, содержащий операции по корректировке предварительно сформированной сети конечных элементов, моделирующей как плоские, так и пространственные поверхности.

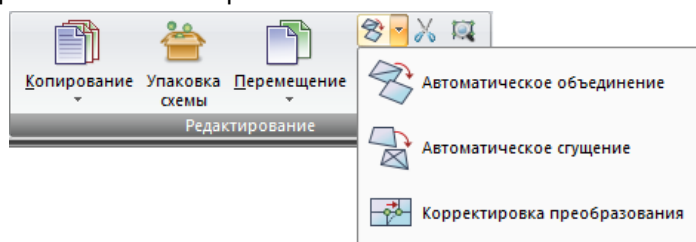


Рис. 29. Раскрывающийся список **Преобразование сети пластинчатых КЭ**

**Пересечь схему линиями или плоскостью** (рис.30) – раскрывающийся список, содержащий операции предназначено для рассечения схемы линиями или плоскостью:

- пересечь линиями (контуром);
- пересечь плоскостью.

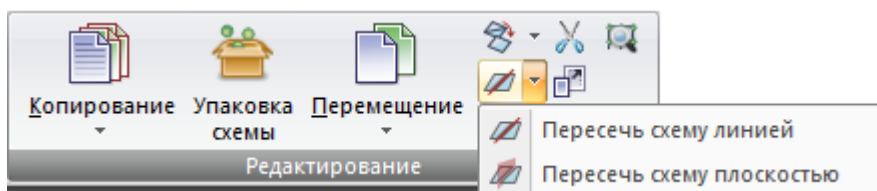


Рис. 30. Раскрывающийся список **Пересечь схему линиями или плоскостью**

**Пересечь отмеченные элементы и узлы со схемой** – операция пересечения выделенных на расчетной схеме элементов с остальными элементами схемы, при этом в местах пересечения происходит согласование сети конечных элементов.

**Удалить выбранные объекты** – удаление предварительно отмеченных на схеме узлов и элементов.

**Изменить размер** – изменение размера выбранного фрагмента схемы по прямой (по одному направлению), в плоскости (по двум направлениям) или в пространстве (по трем направлениям)

**Перенумеровать** – вызов диалогового окна для задания информации, необходимой для упорядочения нумерации узлов и/или элементов

**Строительные оси и отметки** – вызов диалогового окна для установки на схеме строительных осей и отметок. Диалоговое окно изменяет свой вид в зависимости от проекции отображения схемы. Строительные оси и высотные отметки позволяют отмечать узлы и элементы, расположенные в вертикальной или горизонтальной плоскостях.

**Признак схемы** – вызов диалогового окна для выбора признака системы по степеням свободы, а также задание (для новой задачи) или изменение (для существующей задачи) имени и шифра задачи, используемых расчетным процессором для формирования имен файлов результатов.

Панель **Жесткости и связи** (рис.15) содержит следующие команды:

**Жесткости и материалы** (рис. 31) – раскрывающийся список, содержащий операции по выбору требуемых типов (параметров) жесткости из библиотеки жесткостных характеристик, а также вызов диалогового окна для просмотра измененных жесткостей и жесткостей, с которыми проводился расчет.

- жесткости;
- расчетные жесткости

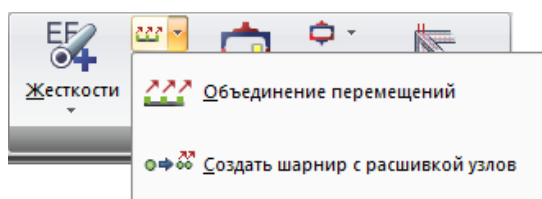


Рис. 32. Раскрывающийся список **Объединение перемещений**

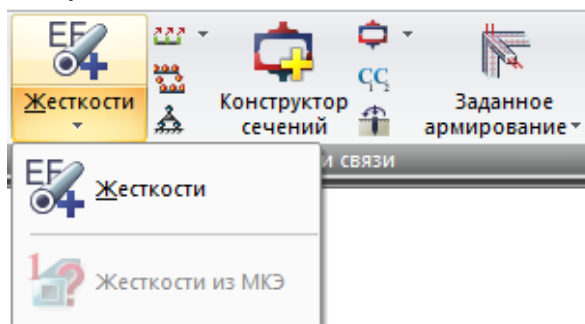


Рис. 31. Раскрывающийся список **Жесткости и материалы**

**Объединение перемещений** (рис.32) – раскрывающийся список с заменой, содержащий операции по созданию групп объединения перемещений, моделирования шарнира в пластинах:

- объединение перемещений;
- создать шарнир с «расшивкой» узлов.

**Абсолютно-жесткое тело** – вызов диалогового окна для моделирования работы фрагментов расчетной схемы как абсолютно-жестких тел.

**Связи** – вызов диалогового окна для указания направлений, по которым требуется запретить перемещения узлов X, Y, Z, UX, UY, UZ, W или удалить закрепления.

**Конструктор сечений (КС)** – вызов системы Конструктор сечений (КС) для формирования геометрии произвольных многоматериальных сечений стержней, задания их физико-механических характеристик и расчета их жесткостных характеристик. Файл сохраняется в формате Конструктор Сечений САПФИР (\*.KCC) и может быть открыт для задания жесткости элементам расчетной схемы.

**Конструктор сечений** (рис. 33) – раскрывающийся список. Вызов систем КС-САПР и КТС-САПР:

- **КС-САПР** – вызов системы **Конструктор сечений** для формирования геометрии нестандартных сечений элементов конструкции и расчета их жесткостных характеристик.
- **КТС-САПР** – вызов системы **Конструктор тонкостенных сечений** для формирования геометрии нестандартных тонкостенных сечений элементов конструкции и вычисления их жесткостных характеристик.

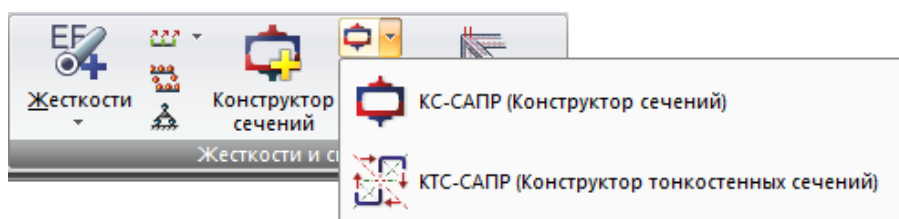


Рис. 33. Раскрывающийся список **КС-САПР (Конструктор сечений)**

**Коэффициенты постели С1, С2** – вызов диалогового окна для задания коэффициентов постели С1 и С2 на отмеченный элемент или группу элементов.

**Расчет жесткости свай** – вызов диалогового окна для задания и/или вычисления жесткостных характеристик свай, моделируемых с помощью одноузловых конечных элементов, учитывающих окружающий грунт.

**Типы заданного армирования** (рис. 34) – раскрывающийся список с заменой, содержащий операции по заданию и корректировке параметров арматурных стержней и их расположение в сечении элемента.

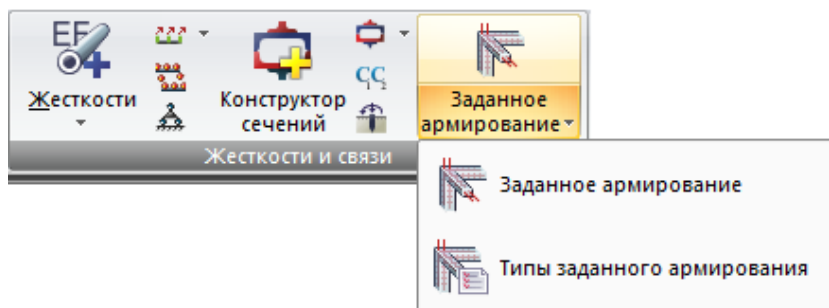


Рис. 34. Раскрывающийся список **Заданное армирование**

Панель **Конструирование** (рис.15) содержит следующие команды:

**Варианты конструирования схемы** - вызов диалогового окна для создания вариантов конструирования основной схемы, выбора варианта расчета сечений (по усилиям, РСУ, РСН или РСН(о)), назначения норм для железобетонных, стальных и армокаменных конструкций.

**Ж/б** (рис. 35) – раскрывающийся список с заменой. Назначение материалов ж/б конструкций:

- **Ж/б** – вызов диалогового окна для задания параметров расчета железобетонных конструкций, задания и редактирование свойств материалов.
- **Материалы для ж/б** – вызов диалогового окна для задания параметров материалов железобетонных конструкций.

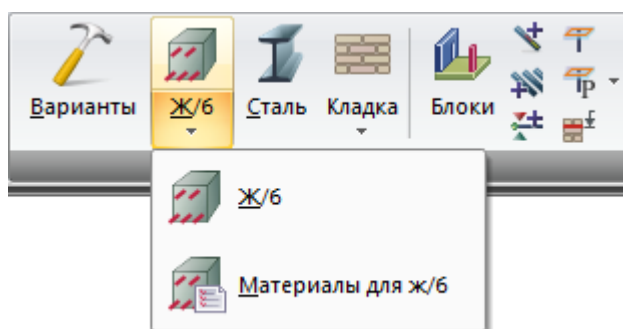
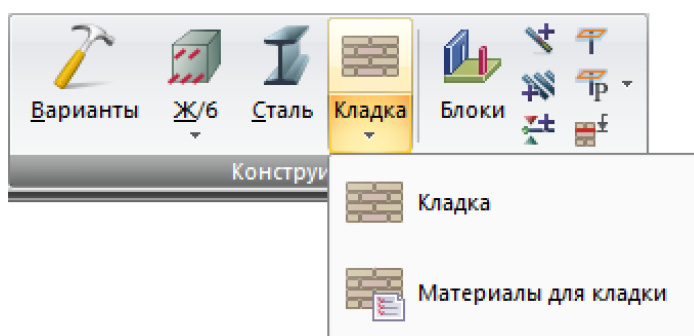


Рис. 35. Раскрывающийся список **Материалы для железобетонных конструкций**

**Сталь** – вызов диалогового окна для задания свойств материалов стальных элементов расчетной схемы, и дополнительных характеристик, описывающих конструктивные особенности элементов, в соответствии с выбранными нормами проектирования стальных конструкций, а также ограничения подбора.

**Кладка** (рис.36) – раскрывающийся список с заменой. Назначение материалов армокаменных конструкций:

- **Кладка** – вызов диалогового окна для задания параметров расчета армокаменных конструкций, задание и редактирование свойств материалов.
- **Материалы для кладки** – вызов диалогового окна для задания параметров материалов армокаменных конструкций.

Рис. 36. Раскрывающийся список **Материалы для армокаменных конструкций**

**Конструктивные блоки** – вызов диалогового окна для формирования и редактирования конструктивных блоков - произвольных наборов конечных элементов (КЭ), назначенных пользователем (колонн, балок, стен, плит, рам, ферм, этажей и т.п.) или сформированных в автоматическом режиме с использованием встроенных алгоритмов анализа видов КЭ, их положения в пространстве, геометрии и заданных жесткостей.

**Конструктивные элементы** - вызов диалогового окна для объединения выделенных стержневых элементов в конструктивные элементы (КоЭ) и/или объединения КоЭ в унифицированные группы (УГ КоЭ).

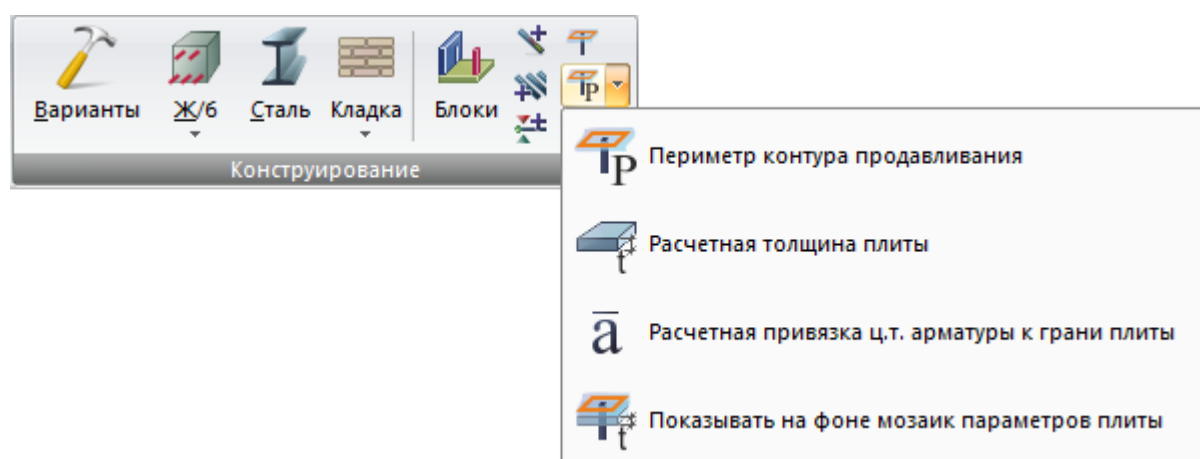
**Унификация элементов** - вызов диалогового окна для объединения выделенных стержневых элементов в унифицированные группы (УГ).

**Раскрепления для прогибов** - вызов диалогового окна для создания или удаления раскреплений для прогибов в произвольных узлах выделенных элементов.

**Контурь продавливания** – вызов диалогового окна для создания и/или редактирования ранее сгенерированных контуров продавливания.

**Мозаика геометрических характеристик контуров продавливания** (рис.37) – раскрывающийся список с заменой, содержащий команды для отображения цветовой шкалы параметров контуров продавливания:

- периметр контуров продавливания;
- расчетная толщина плиты;
- расчетная привязка ц.т. арматуры к грани плиты;
- показывать на фоне мозаик параметров плиты.

Рис. 37. Раскрывающийся список **Материалы для металлических конструкций**

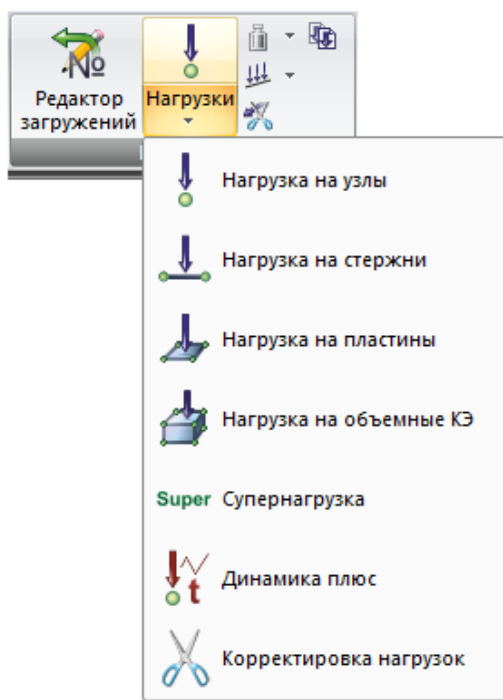


Рис. 38. Раскрывающийся список **Нагрузки на узлы и элементы**

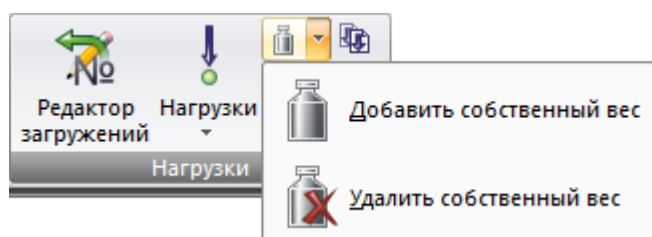


Рис. 39. Раскрывающийся список **Собственный вес**

**Нагрузка-штамп** (рис.40) – раскрывающийся список с заменой, содержащий операции по заданию нагрузки по линии (для стержней), по линии (для пластин и объемных КЭ), по контуру (для пластин и объемных КЭ):

- нагрузка по линии (стержни);
- нагрузка по линии;
- нагрузка по контуру.

**Удалить нагрузки** – удаление всех ранее заданных нагрузок с отмеченных узлов и элементов.

**Копировать текущее загрузение** – вызов диалогового окна для копирования текущего загрузения и создания на его основе нового загрузения.

Панель **Инструменты** (рис. 18) содержит следующие команды:

**Найти центр** - вызов диалогового окна для определения центра тяжести и центра жесткости плоского строго горизонтального фрагмента схемы (этажа).

Панель **Нагрузки** (рис.17) содержит следующие команды:

**Редактор загрузений** – вызов диалогового окна для выбора текущего (активного) загрузения, для задания расширенной информации о загрузениях, для создания новых, копирования, упорядочивания, удаления ранее заданных загрузений.

**Нагрузки на узлы и элементы** (рис.38) – раскрывающийся список с заменой, содержащий операции по заданию нагрузок на узлы, стержни, пластины, объемные элементы и суперэлементы, а также по заданию нагрузок для расчета на динамику во времени.

- нагрузка на узлы;
- нагрузка на стержни;
- нагрузка на пластины;
- нагрузка на объемные КЭ;
- супернагрузка;
- динамика плюс;
- корректировка нагрузок.

**Собственный вес** (рис.39) – раскрывающийся список, содержащий операции по заданию или удалению собственного веса:

- добавить собственный вес;
- удалить собственный вес.

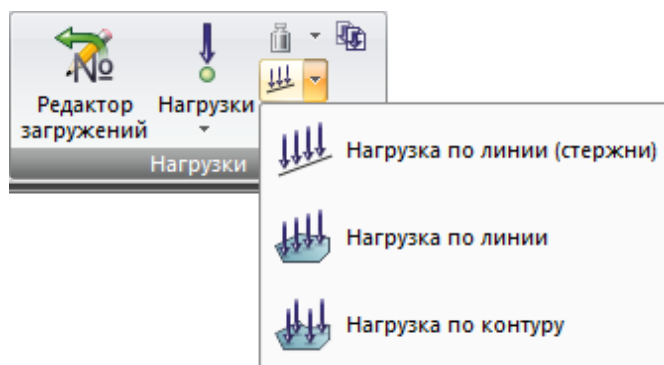


Рис. 40. Раскрывающийся список **Нагрузка-штамп**

**Шкала** (рис.41) – раскрывающийся список, содержащий операции по управлению градуировкой и цветовой настройкой изополей и мозаик исходных данных расчетной схемы (C1, C2, Pz), результатов статического/динамического расчета, результатов проверки и подбора стальных сечений, результатов определения подбора площадей арматуры, а настройка цветов графического отображения объектов схемы, выбор файла цветовых установок:

- параметры шкалы;
- цвета.

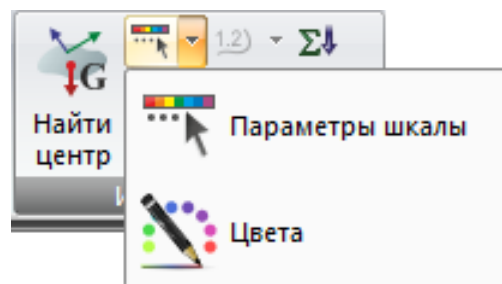


Рис. 41. Раскрывающийся список **Шкала**

**Обновление шкалы в режиме фрагментации** -

режим автоматического обновления шкалы для участка схемы в режиме фрагментации.

**Обновление шкалы в режиме масштабирования** - режим автоматического обновления шкалы для участка схемы в режиме масштабирования.

**По сечению** (рис.42) – раскрывающийся список с заменой для задания информации с целью создания графика ординат (эпюр) на пластинах вдоль заданного отрезка, а также создания изополей в плоском сечении схемы, состоящей из объемных КЭ:

- эпюра по сечению пластин;
- изополе по сечению объемных КЭ.

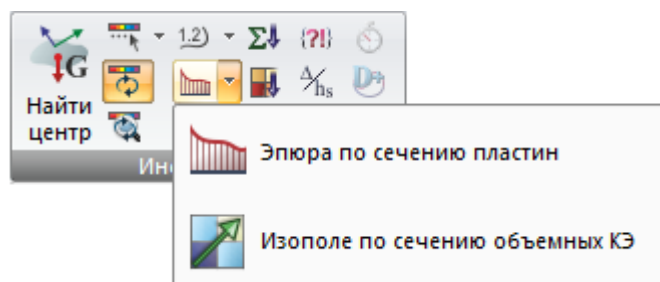


Рис. 42. Раскрывающийся список **По сечению**

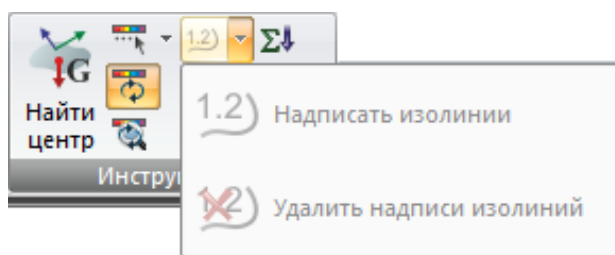


Рис.43. Раскрывающийся список **Надписать изолинии**

**Надписать изолинии** (рис.43)– раскрывающийся список. Добавление или удаление надписей изолиний – численных значений при просмотре изополей:

- надписать изолинии.
- удалить надписи изолиний.

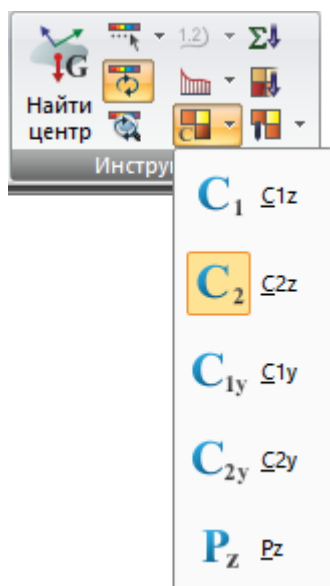


Рис. 44. Раскрывающийся список  
**Мозаика коэффициентов постели**

**Мозаика коэффициентов постели** (рис. 44) – раскрывающийся список. Просмотр мозаик вычисленных или заданных коэффициентов постели, а также заданной вертикальной равномерно распределенной нагрузки на грунт. Щелчок по главной кнопке всегда приводит к раскрытию списка:

- коэффициенты постели  $C_{1z}$ ;
- коэффициенты постели  $C_{2z}$ ;
- коэффициенты постели  $C_{1y}$ ;
- коэффициенты постели  $C_{2y}$ ;
- заданная вертикальная равномерно распределенная нагрузка  $P_z$  на грунт.

**Просуммировать нагрузки** – вызов диалогового окна для вычисления суммарных значений внешних нагрузок на отмеченные узлы и элементы расчетной схемы.

**Мозаика нагрузок** – вызов диалогового окна для управления выводом мозаики нагрузок, приложенных к узлам и элементам расчетной схемы.

**Мозаика жесткостных характеристик свай** (рис.45) – раскрывающийся список. Просмотр мозаик вычисленных или заданных жесткостных характеристик свай (КЭ 57), а также несущей способности свай:

- жесткость КЭ 57 вдоль глобальной оси X;
- жесткость КЭ 57 вдоль глобальной оси Y;
- жесткость КЭ 57 вдоль глобальной оси Z;
- жесткость КЭ 57 вокруг глобальной оси X;
- жесткость КЭ 57 вокруг глобальной оси Y;
- жесткость КЭ 57 вокруг глобальной оси Z;
- нагрузка на сваю N;
- несущая способность сваи абсолютная  $F_d$ ;
- несущая способность сваи относительная  $N/F_d$ .

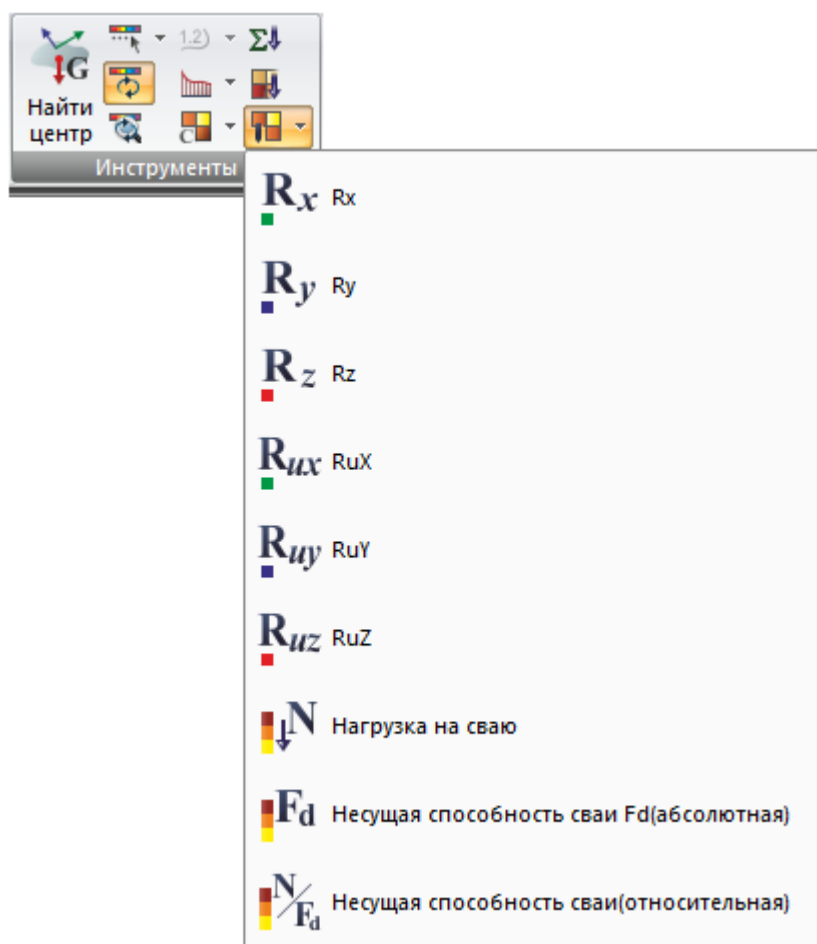


Рис. 45. Раскрывающийся список **Мозаика жесткостных характеристик свай**

### Вкладка Расширенное редактирование

Операции по расширенному редактированию схемы, сборка схем, работа с блоками и суперэлементами, анализ, вызов и управление параметрами работы системы ГРУНТ, работа с линиями влияния, отображение мозаик для анализа геометрии и заданных свойств элементам расчетной схемы.

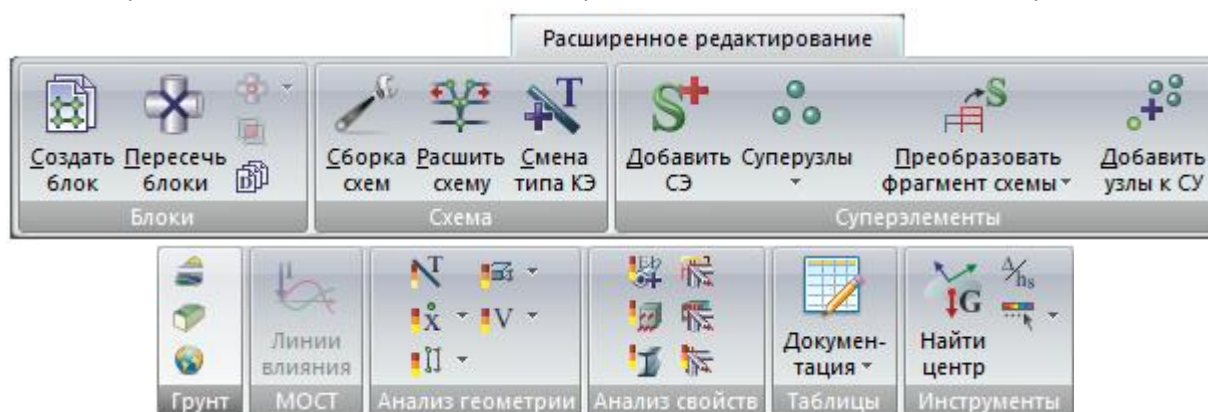


Рис. 46. Вкладка Расширенное редактирование

Вкладка **Расширенное редактирование** (рис.46) содержит следующие панели:

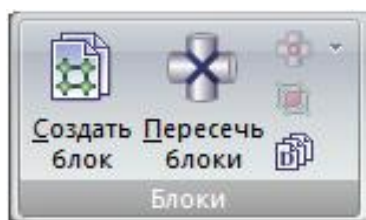


Рис. 47. Панель **Блоки**

- **Блоки** (рис.47) – операции по созданию и работе с блоками, а также по выделению узлов и элементов, образовавшихся в результате пересечения;
- **Схема** (рис.48) – операции по расширенному редактированию схемы.

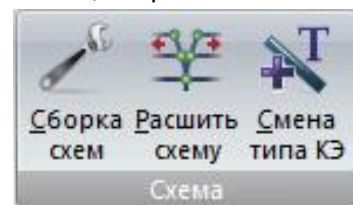


Рис. 48. Панель **Схема**

- **Суперэлементы** (рис. 49) – операции по созданию и работе с суперэлементами;

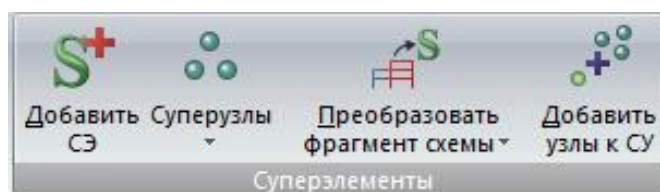


Рис. 49. Панель **Суперэлементы**

- **Грунт** (рис.50) - операции для вызова и управления параметрами работы системы **ГРУНТ**, а также подключения грунтового основания.



Рис. 50. Панель **Грунт**



Рис. 51. Панель **МОСТ**

- **МОСТ** (рис.51) - операции по работе с линиями влияния.

- **Анализ геометрии** (рис.52) - отображение мозаик геометрических характеристик узлов и элементов схемы.

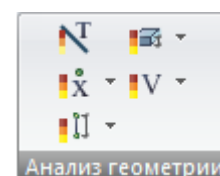


Рис. 52. Панель **Анализ геометрии**



Рис. 53. Панель **Анализ свойств**

- **Анализ свойств** (рис.53) - отображение мозаик назначенных жесткостей, материалов и типов заданного армирования для элементов схемы.
- **Таблицы** (рис.54) – операции позволяющие создавать, компоновать и выводить на печать таблицы, отчет или пояснительную записку, необходимые для документирования текущей задачи.

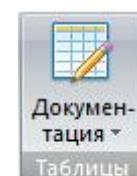


Рис. 54. Панель **Таблицы**



Рис. 55. Панель **Инструменты**

- **Инструменты** (рис. 55) - операции по настройке графического отображения результатов и исходных данных схемы, а также функции по представлению исходных данных.

Панель **Блоки** (рис.47) содержит следующие команды:

**Создать блок** – придать отмеченному фрагменту схемы статус блока.

**Пересечь блоки** – команда, которая выполняет пересечение выбранных блоков.

**Отметить объекты пересечения** (рис.56) – раскрывающийся список с заменой, содержащий операции по отметке узлов и элементов, образовавшихся в результате пересечения.

- **Отметка узлов пересечения** – отметка узлов, образовавшихся в результате пересечения.
- **Отметка элементов пересечения** – отметка элементов, образовавшихся в результате пересечения.

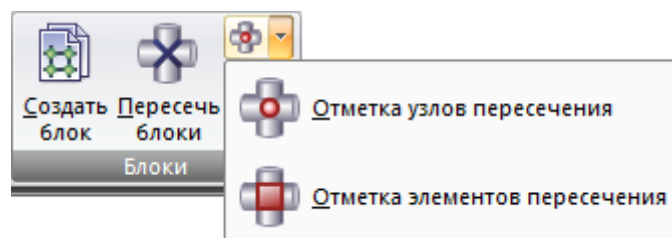


Рис. 56. Раскрывающийся список **Отметка объектов пересечения**

**Область наложения элементов пересечения** – отметка фрагмента схемы, в котором находятся узлы с совпадающими координатами.

**Операции с блоками** – вызов диалогового окна для выполнения операций с блоками, номера которых предварительно отмечены в поле списка.

Панель **Схема** (рис.48) содержит следующие команды:

**Сборка** – вызов диалогового окна для выполнения операций, позволяющим собирать расчетную схему в одном рабочем окне из двух ранее созданных в разных окнах схем.

**Расшить схему** – команда, предназначенная для расшивки схемы, иными словами нарушение совместности перемещений каких-либо фрагментов схемы по линии их стыка.

**Смена типа КЭ** – вызов диалогового окна для изменения типа уже заданных конечных элементов в соответствии с нумерацией типов в библиотеке конечных элементов.

Панель **Суперэлементы** (рис.49) содержит следующие команды:

**Добавить СЭ** – вызов диалогового окна для выбора типа суперэлемента (СЭ) из каталога.

**Суперузлы** (рис.57) – раскрывающийся список с заменой, который содержит операции по назначению суперузлов, их отмене и назначению базисных суперузлов.

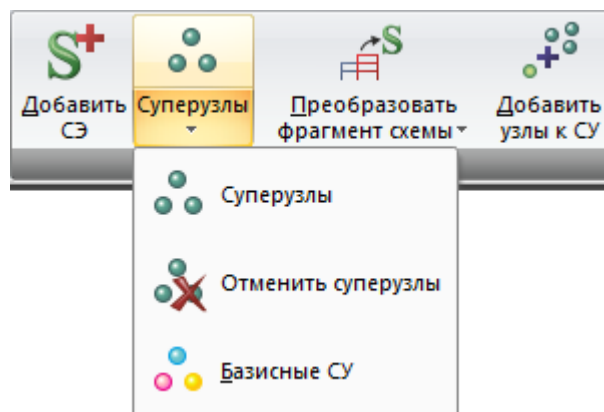


Рис. 57. Раскрывающийся список **Суперузлы**

**Преобразовать фрагмент схемы в СЭ** (рис.58) – раскрывающийся список с заменой, который содержит операции по преобразованию фрагмента схемы в суперэлемент и наоборот.

- преобразовать фрагмент схемы в СЭ;

- преобразовать СЭ во фрагмент схемы.

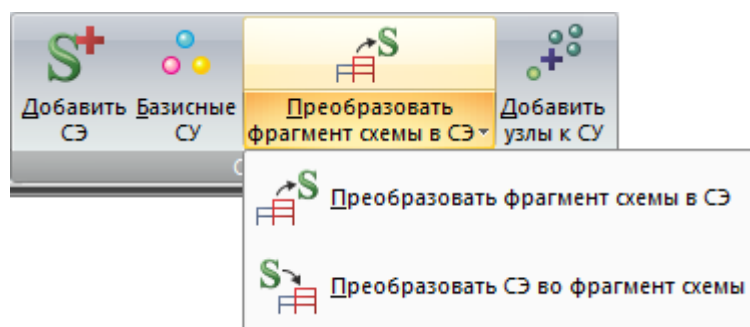


Рис. 58. Раскрывающийся список **Преобразование фрагмента схемы**

**Добавить узлы к СУ** – операция, которая создает в основной схеме узлы, совпадающие по координатам с суперузлами присоединенного суперэлемента.

Панель **Грунт** (рис.50) содержит следующие команды:

**Плоский грунтовый массив** – диалоговое окно предназначено для вызова системы **ГРУНТ** с целью создания плоского грунтового массива.

**Трехмерный грунтовый массив** – диалоговое окно предназначено для вызова системы **ГРУНТ** с целью создания трехмерного грунтового массива.

**Модель грунта** – диалоговое окно предназначено для вызова и управления параметрами работы системы **ГРУНТ**, в которой выполняется автоматизированное создание модели грунта по заданным геологическим условиям, а также вычисляются коэффициенты постели грунтового основания и жесткости свай.

Панель **МОСТ** (рис.51) содержит следующие команды:

**Линии влияния** – вызов диалогового окна для задания информации о линиях движения, нагрузках, списка узлов и элементов, в которых нужно построить линии влияния.

Панель **Анализ геометрии** (рис. 52) содержит следующие команды:

**Тип КЭ** – просмотр мозаик типов конечных элементов.

**Геометрические характеристики узлов** (рис. 59) – раскрывающийся список с заменой. Просмотр мозаик координат узлов расчетной схемы в глобальной системе координат:

- мозаика X координат узлов;
- мозаика Y координат узлов;
- мозаика Z координат узлов.

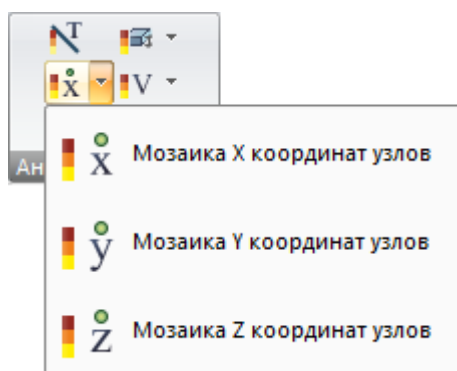


Рис. 59. Раскрывающийся список **Мозаика координат узлов**

**Геометрические характеристики стержней** (рис. 60) – раскрывающийся список с заменой. Просмотр мозаик параметров стержней:

- мозаика длин стержней;
- мозаика углов поворота местных осей стержней;
- мозаика параметров жестких вставок стержней;

- мозаика длин проекции жестких вставок стержней на ось X1;
- мозаика длин проекции жестких вставок стержней на ось Y1;
- мозаика длин проекции жестких вставок стержней на ось Z1.

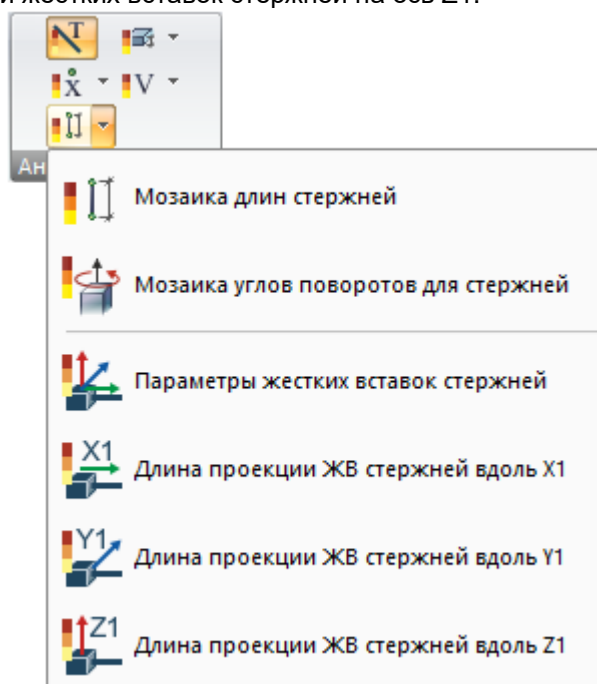


Рис. 60. Раскрывающийся список **Мозаика параметров стержней**

**Геометрические характеристики пластин** (рис.61) – раскрывающийся список с заменой. Просмотр мозаик параметров пластин:

- мозаика толщин пластин;
- мозаика площади пластин;
- минимальный угол между ребрами пластин;
- минимальная длина ребра пластины;
- длина жестких вставок (ЖВ) пластин.

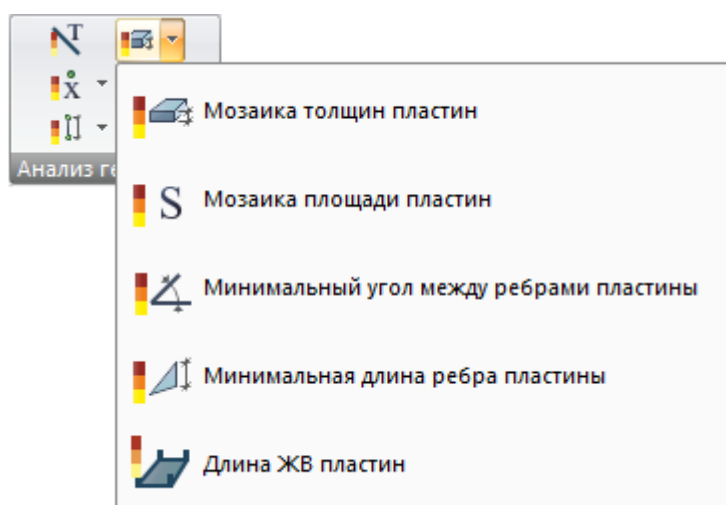


Рис. 61. Раскрывающийся список **Мозаика параметров пластин**

**Геометрические характеристики объемных КЭ** (рис.62) – раскрывающийся список с заменой. Просмотр мозаик параметров объемных КЭ:

- объем объемных КЭ;

- минимальная площадь грани объемных КЭ.

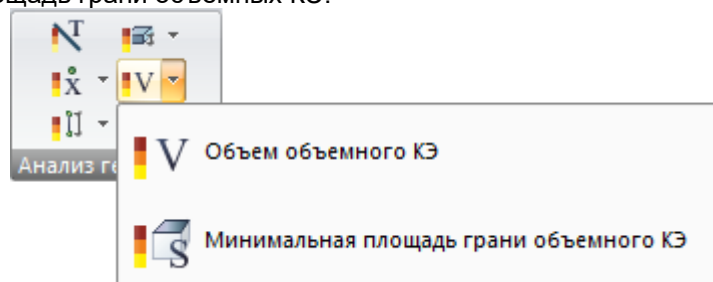


Рис. 62. Раскрывающийся список **Мозаика параметров объемных КЭ**

Панель **Анализ свойств** (рис.53) содержит следующие команды:

**Мозаика назначенных жесткостей** - показать мозаику назначенных типов жесткостей.

**Мозаика назначенных материалов Ж/Б** - показать мозаику назначенных материалов Ж/Б.

**Мозаика назначенных материалов Сталь** - показать мозаику назначенных материалов Сталь.

**Мозаика типов заданного армирования для стержней** – показать мозаику назначенных на стержни типов заданного армирования.

**Мозаика типов заданного армирования для пластин** – показать мозаику назначенных на пластины типов заданного армирования.

**Мозаика типов заданного армирования** - показать мозаику назначенных на стержни и пластины типов заданного армирования.

Панель **Таблицы** (рис.45) содержит следующие команды:

**Документация** (рис.63) – раскрывающийся список с заменой, который содержит операции для формирования документации по текущей задаче, таблиц по исходным данным, создание и компоновка чертежей, формирование отчета или пояснительной записки.

- интерактивные таблицы;
- ДОКУМЕНТАТОР;
- пояснительная записка;
- отчет (старый формат).

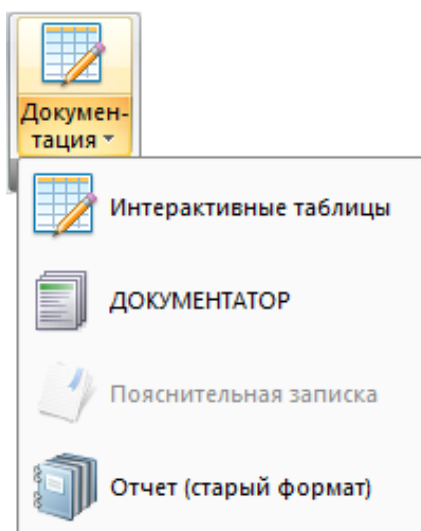


Рис. 63. Раскрывающийся список **Документация**

Панель **Инструменты** (рис. 63) содержит следующие команды:

**Найти центр** – см. вкладку **Создание и редактирование**, панель **Инструменты**, стр.31.

**Шкала** (рис.41) – см. вкладку **Создание и редактирование**, панель **Инструменты**, стр.32.

**Перекосы** - вызов диалогового окна для задания пар узлов для определения перекосов между ними.

## Вкладка Расчет

Операции по заданию данных для статического, динамического и дополнительных расчетов, формирование таблиц, контроль параметров для расчета и запуск задачи на расчет.

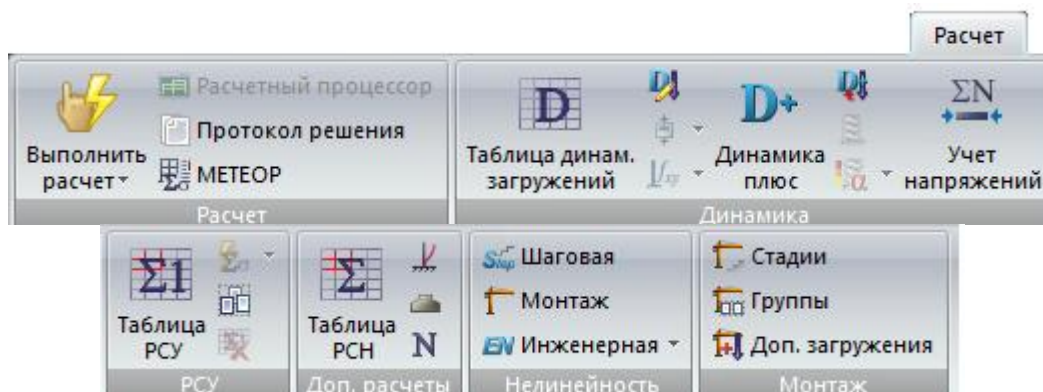


Рис. 64. Вкладка **Расчет**

Вкладка **Расчет** (рис.64) содержит следующие панели:

- **Расчет** (рис.65) – изменение параметров расчета для текущей задачи, предлагаемых по умолчанию, загрузка данных текущей задачи в расчетный процессор и собственно выполнение расчета;

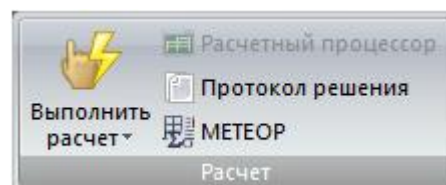


Рис. 65. Панель **Расчет**

- **Динамика** (рис.66) – операции, позволяющие задать характеристики динамического воздействия и организовать расчет на динамические воздействия;

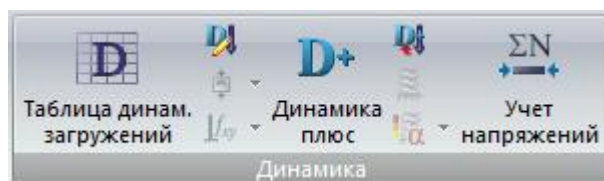


Рис. 66. Панель **Динамика**

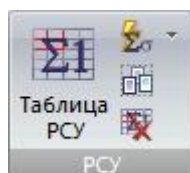


Рис. 67.  
Панель **РСУ**

- **РСУ (расчетные сочетания усилий)** (рис.67) – операции, позволяющие создавать и/или редактирование ранее сформированных таблиц расчетных сочетаний усилий (РСУ);

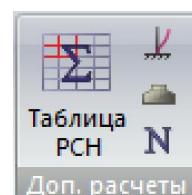


Рис. 68. Панель **Доп.расчеты**

- **Доп. расчеты** (рис.68) – задание исходных данных для вычисления перемещений в узлах и усилий (напряжений) в элементах от стандартных и произвольных линейных комбинаций загружений (РСН), для расчета нагрузок на фрагмент, для вычисления главных и эквивалентных напряжений в конечных элементах, для расчета на устойчивость;

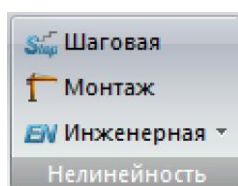


Рис. 69. Панель **Нелинейность**

- **Нелинейность** (рис.69) – задание параметров, определяющих специфику и организацию шагового процесса для решения нелинейных задач, задач монтажа-демонтажа сооружения, а также задание информации для выполнения PUSHOVER расчета и расчета в системе «Инженерная нелинейность» и «Инженерная нелинейность2».

- **Монтаж** (рис.70) – задание информации для компьютерного моделирования процесса возведения сооружений, которое предусматривает монтаж и демонтаж элементов, изменение условий закрепления конструкций или сопряжения элементов между собой.

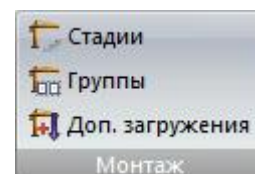


Рис. 70. Панель  
**Монтаж**

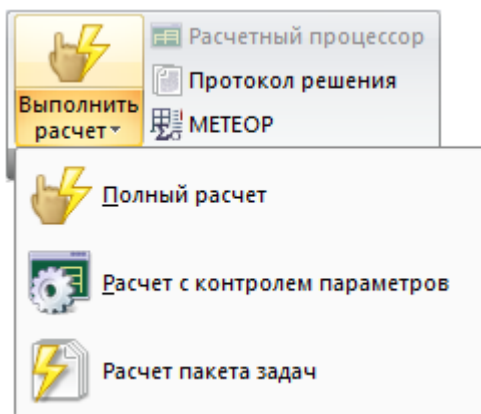


Рис. 71. Раскрывающийся список  
**Выполнить расчет**

Панель **Расчет** (рис.64) содержит следующие команды:

**Выполнить расчет** (рис.71) – раскрывающийся список, который содержит операции по изменению параметров расчета для текущей задачи, предлагаемых по умолчанию, загрузка данных по текущей задаче в расчетный процессор, непосредственно само выполнение расчета и запуск нескольких задач на расчет.

- выполнить расчет;
- расчет с контролем параметров;
- расчет пакета задач.

**Расчетный процессор** - вызов диалогового окна, которое предназначено для указания файла исходных данных \*.txt (текстовый файл, содержащий информацию о задаче на входном языке процессора), назначения этапов расчета и выполнения расчета выбранной задачи.

**Протокол решения** - выбор и просмотр текстового файла формата имя Задачи\_01.шифрЗадачи, содержащего протокол расчета задачи.

**МЕТЕОР (Вариации моделей)** – вызов диалогового окна для формирования обобщенной задачи и вычисление обобщенных расчетных сочетаний усилий для дальнейшего конструирования. **МЕТЕОР** – процессор, который предоставляет возможность производить объединение результатов, полученных после расчета топологически одинаковых расчетных схем (одинаковая геометрия, одинаковое количество и типы элементов), отличающихся граничными условиями, жесткостными характеристиками элементов, параметрами грунтового основания и т.п.

Панель **Динамика** (рис.66) содержит следующие команды:

**Таблица динамических загрузок** – задание характеристик для расчета на динамические воздействия.

**Учет статических загрузок** - задание информации о массе для расчета на динамические воздействия.

**Предельная неупругая деформация** (рис.72) – раскрывающийся список, который содержит операции по заданию исходных данных для каждого элемента по таблице 2.11 КМК 2.01.03-96 (Узбекистан) и графического отображения величин коэффициентов неупругой деформации для элементов расчетной схемы.

- предельная неупругая деформация;
- мозаика значений коэффициента неупругой деформации.

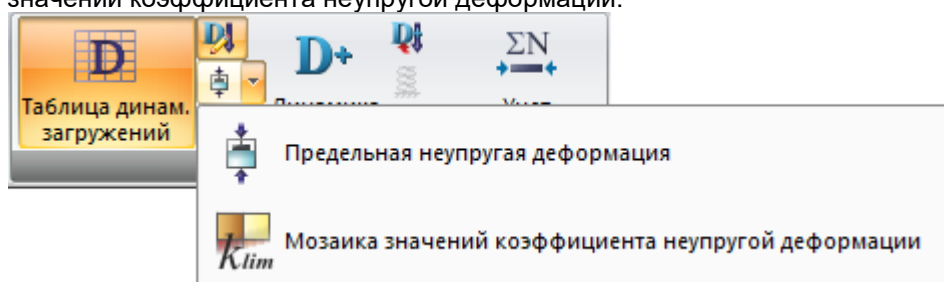


Рис. 72. Раскрывающийся список **Предельная неупругая деформация** (КМК 2.01.03-96)

**Повышающие коэффициенты** (рис.73) – раскрывающийся список, который содержит операции по заданию повышающих коэффициентов  $f_{vk}$  для каждого элемента расчетной схемы по нормам СП РК 2.03-30-2017 (Казахстан) и графического отображения величин коэффициентов  $f_{vk}$  для элементов расчетной схемы.

- повышающие коэффициенты;
- мозаика коэффициентов  $f_{vk}$ .

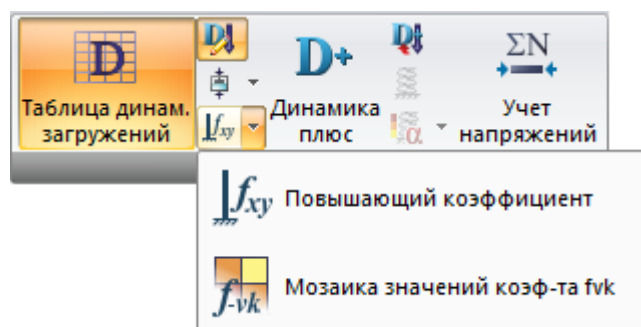


Рис. 73. Раскрывающийся список **Повышающий коэффициент** (СП РК 2.03-30-2017)

**Динамика плюс** – вызов диалогового окна для задания информации, необходимой для расчета динамики во времени.

**Преобразование статических загружений (Динамика-плюс)** - вызов диалогового окна для задания информации о преобразовании узловой статической нагрузки в узловую динамическую нагрузку для нагружения 3.

**Коэффициенты Рэлея (Динамика плюс)** – вызов диалогового окна для задания и назначение элементам схемы коэффициентов пропорциональности массы  $\alpha$  и жёсткости  $\beta$  для учета демпфирования по Рэлею.

**Мозаика коэффициентов Рэлея** (рис. 74) – раскрывающийся список. Просмотр мозаик значений коэффициентов Рэлея (Динамика плюс), заданных для элементов расчетной схемы:

- мозаика коэффициенты Рэлея (альфа);
- мозаика коэффициенты Рэлея (бета).

**Учет напряжений** - вызов диалогового окна для назначения определяющей комбинации для нормальных усилий. Решение линейных задач с учетом продольных усилий и нормальных напряжений, возникших в элементах схемы в результате расчета на определяющую комбинацию статических нагружений.

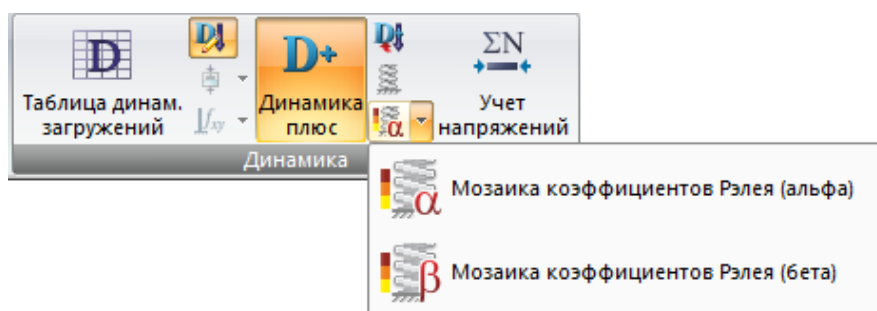


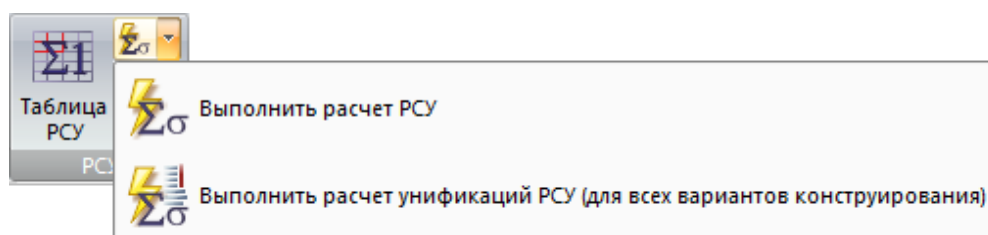
Рис. 74. Раскрывающийся список  
**Мозаика коэффициентов Рэлея (Динамика плюс)**

Панель РСУ (расчетные сочетания усилий) (рис.67) содержит следующие команды:

**Таблица РСУ** – формирование или редактирование ранее сформированной таблицы таблиц расчетных сочетаний усилий (PCY).

**Расчет РСУ** (рис. 75) – раскрывающийся список, который содержит операции по расчету РСУ и их унификации. Следует выполнять в том случае, если коррективы были внесены только в документ РСУ, а остальные данные не изменились:

- выполнить расчет РСУ;
- выполнить расчет унификаций РСУ (для всех вариантов конструирования).

Рис. 75. Раскрывающийся список **Выполнить расчет РСУ**

**Формирование групп РСУ** – объединение отмеченных на расчетной схеме элементов в группы, когда для разных элементов требуется применить различные коэффициенты РСУ в одном и том же нагружении.

**Удаление таблицы РСУ** – удаление всех ранее сформированной таблицы РСУ.

Панель **Доп. расчеты** (рис.68) содержит следующие команды:

**РСН (расчетные сочетания нагружений)** – вызов диалогового окна для задания исходных данных по вычислению перемещений в узлах и усилий (напряжений) в элементах от стандартных (сочетания, установленные нормативными документами) и произвольных линейных комбинаций нагружений.

**Устойчивость** – вызов диалогового окна для задания информации для расчета на устойчивость.

**Данные для расчета нагрузки на фрагмент** – вызов диалогового окна для задания исходных данных для определения нагрузок на выделенные узлы расчетной схемы от оставшейся ее части.

**ЛИТЕРА** – вызов диалогового окна для задания исходных данных для вычисления главных и эквивалентных напряжений в КЭ по усилиям от отдельных нагружений, а также по расчетным сочетаниям РСН или РСУ.

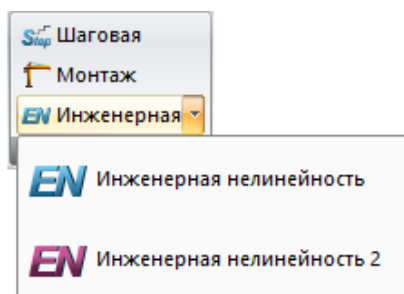
Панель **Нелинейность** (рис.69) содержит следующие команды:

**Шаговая** – вызов диалогового окна для моделирование нелинейных нагружений шаговым методом. Задаются параметры, определяющие специфику и организацию шагового процесса для решения нелинейных задач, задач монтажа-демонтажа сооружения, для выполнения PUSHOVER и расчета в системе «Инженерная нелинейность» и «Инженерная нелинейность 2».

**Монтаж** – вызов диалогового окна для моделирование нелинейных нагружений для системы МОНТАЖ.

**Инженерная нелинейность** (рис. 76) – раскрывающийся список, который содержит операции по заданию исходных данных расчета задач в системе инженерная нелинейность (расчет выполняется на все нагружения на основе текущих модулей деформации) и инженерная нелинейность 2 (расчет на временные нагрузки выполняется на основе касательного модуля деформации, соответствующего последнему шагу истории нагружения):

- инженерная нелинейность;
- инженерная нелинейность 2.

Рис. 76. Раскрывающийся список **Инженерная нелинейность**

Панель **Монтаж** (рис.70) содержит следующие команды:

**Стадии** – формирование стадий для моделирования процесса возведения, задания номеров монтируемых или демонтируемых элементов.

**Группы** – задание коэффициентов к модулю деформации и к прочности железобетона для групп элементов, монтируемых на текущей стадии возведения.

**Дополнительные загрузки** – задание информации о нагрузках, которые могут быть приложены как при возведении, так и после возведения сооружения. Дополнительное нагружение может входить в разные стадии с разными коэффициентами.

## Вкладка Анализ

Наиболее употребляемые функции анализа результатов: вывод на экран численной и графической информации о перемещении в узлах, усилиях и напряжениях возникающих в элементах расчетной схемы.

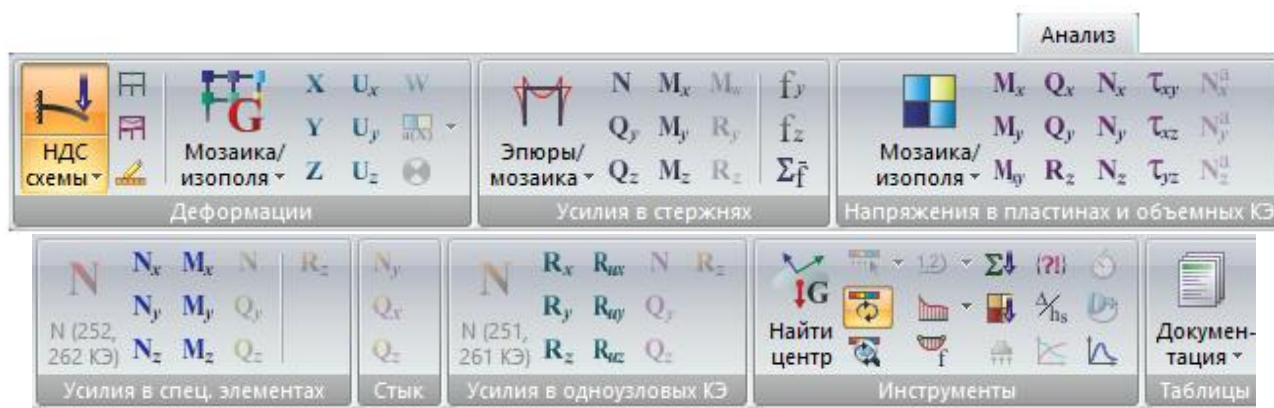


Рис. 77. Вкладка **Анализ**

Вкладка **Анализ** (рис.77) содержит следующие панели:

- **Деформации** (рис.78) – операции, которые позволяют отображать деформации расчетной схемы.
- **Усилия в стержнях** (рис.79) – операции по отображению эпюр и мозаик усилий в стержнях.
- **Напряжения в пластинах и объемных КЭ** (рис.80) – отображение мозаик и изополей напряжений в пластинах и объемных элементах в соответствии со значениями напряжений в них.
- **Усилия в спец. элементах** (рис.81) – отображение на экране мозаик усилий в специальных элементах.
- **Стык** (рис.82) – отображение мозаик усилий в специальных элементах, моделирующих стык панелей.

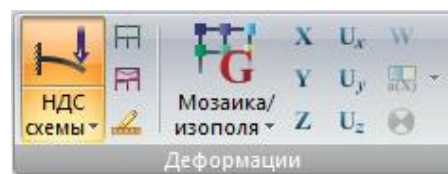


Рис. 78. Панель **Деформации**

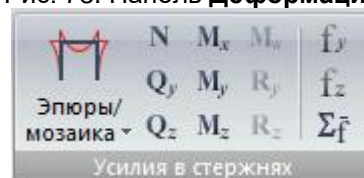


Рис. 79. Панель **Усилия в стержнях**

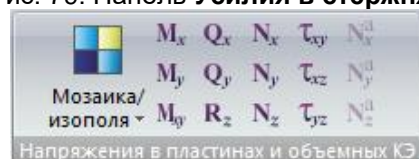


Рис. 80. Панель **Напряжения в пластинах и объемных КЭ**



Рис. 81. Панель **Усилия в спец. элементах**

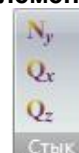


Рис. 82. Панель **Стык**

- **Усилия в одноузловых КЭ** (рис.83) – отображение на экране мозаик усилий в одноузловых элементах расчетной схемы.

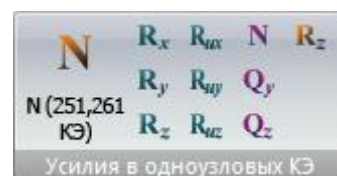


Рис. 83. Панель **Усилия в одноузловых КЭ**

- **Инструменты** (рис.84) – основные инструменты для настройки режима графического отображения схемы, а также функции по представлению результатов, дополнительные команды.

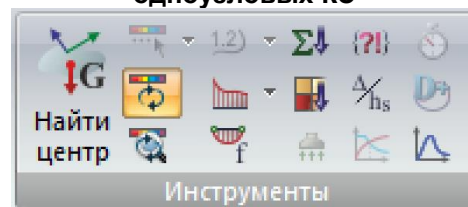


Рис. 84. Панель **Инструменты**

- **Таблицы** (рис.85) – вывод на экран численного представления результатов, а также запуск режимов для формирования отчета и пояснительной записки.

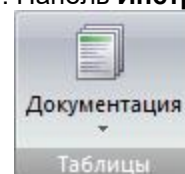


Рис. 85. Панель **Таблицы**

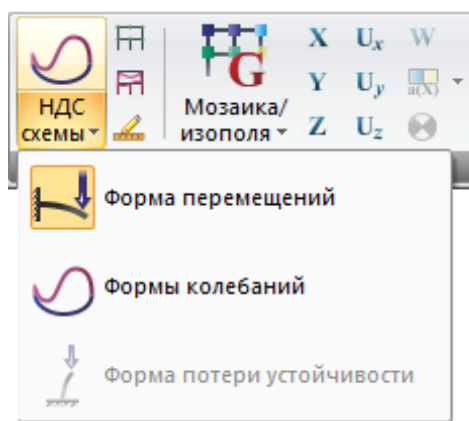


Рис. 86. Раскрывающийся список **НДС схемы**

Панель **Деформации** (рис.78) содержит следующие команды:

**НДС схемы** (рис.86) – раскрывающийся список с заменой, который содержит операции, позволяющие выбирать вид деформации схемы:

- форма перемещений;
- форма колебаний;
- форма потери устойчивости.

**Исходная схема** - отображение расчетной схемы без учета перемещений узлов.

**Исходная + деформированная** - отображение расчетной схемы без учета перемещений узлов с наложением деформированной схемы.

**Масштаб перемещений** - вызов диалогового окна для изменения масштаба вывода на экран перемещений деформированной схемы.

**Мозаика/изополя перемещений** (рис.87) – раскрывающийся список с заменой. Выбор режимов отображения перемещений – в виде мозаики или изополей, в глобальной или локальной системе координат, абсолютных или относительных.

- мозаика перемещений в глобальной системе;
- мозаика перемещений в локальной системе;
- мозаика относительных перемещений в глобальной системе;
- изополя перемещений в глобальной системе;
- изополя перемещений в локальной системе;
- изополя относительных перемещений в глобальной системе.

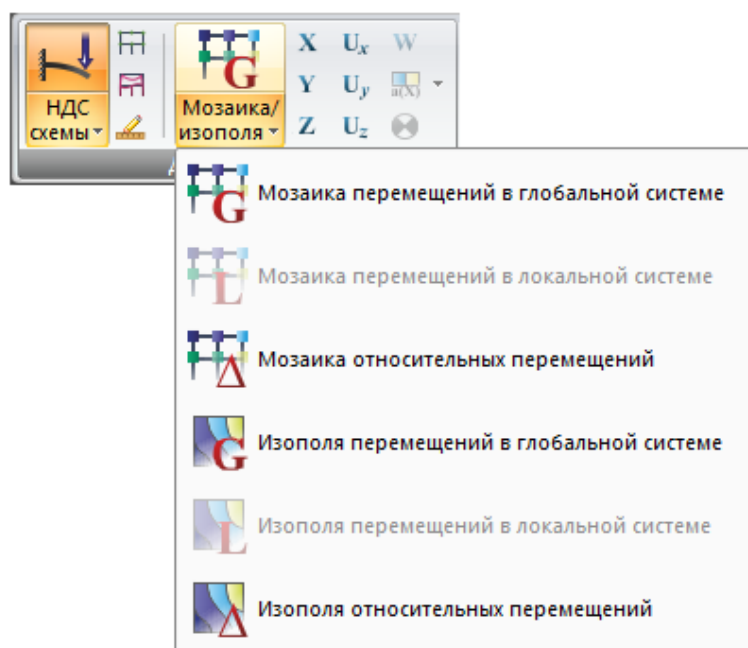


Рис. 87. Раскрывающийся список **Мозаика/изополю перемещений**

**X** – мозаика/изополю перемещений по X;

**Y** - мозаика/изополю перемещений по Y;

**Z** - мозаика/изополю перемещений по Z;

**U<sub>x</sub>** - мозаика/изополю перемещений по U<sub>x</sub>;

**U<sub>y</sub>** - мозаика/изополю перемещений по U<sub>y</sub>;

**U<sub>z</sub>** - мозаика/изополю перемещений по U<sub>z</sub>.

**Мозаика перемещений по W** - раскраска узлов в соответствии со значениями перемещений в них, вызванных деформацией поперечных сечений стержней, в локальной системе координат стержня.

**Мозаика ускорений** (рис.88) – раскрывающийся список, который содержит операции по отображению ускорений в узлах  $a(X)$ ,  $a(Y)$ ,  $a(Z)$  относительно осей X, Y, Z общей системы координат, а также среднеквадратичного ускорения  $a$  при расчете на пульсацию ветра.

- мозаика ускорений  $a(x)$ ;
- мозаика ускорений  $a(y)$ ;
- мозаика ускорений  $a(z)$ ;
- мозаика ускорений  $a$ .

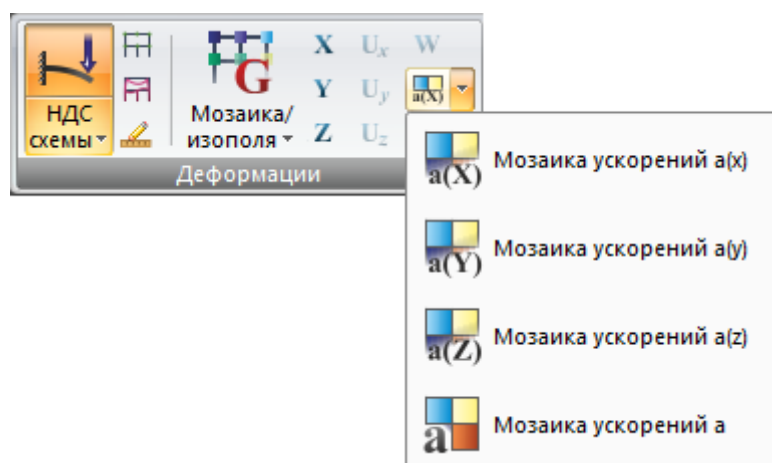


Рис. 88. Раскрывающийся список **Мозаика ускорения от пульсации**

**Указать узел с нулевым значением относительных перемещений** – режим указания узла с нулевым значением относительных перемещений.

Панель **Усилия в стержнях** (рис.79) содержит следующие команды:

**Эпюры/мозаика усилий** (рис.89)- раскрывающийся список с заменой, который содержит операции по отображению эпюр и мозаик усилий в стержнях.

- эпюры усилий;
- мозаика усилий.

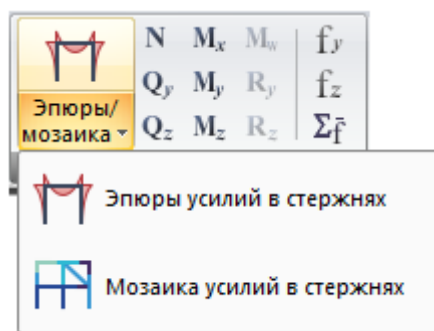


Рис. 89. Раскрывающийся список **Эпюры/мозаика усилий в стержнях**

**N** – эпюры/мозаика продольных сил N.

**Qy** - эпюры/мозаика поперечных сил Qy.

**Qz** - эпюры/мозаика поперечных сил Qz.

**Mx** - эпюры/мозаика крутящих моментов Mx.

**My** - эпюры/мозаика изгибающих моментов My.

**Mz** - эпюры/мозаика изгибающих моментов Mz.

**Ry** - эпюра/мозаика отпора грунта Ry.

**Rz** - эпюра/мозаика отпора грунта Rz.

**Fy** - эпюра/мозаика перемещений fy.

**Fz** - эпюра/мозаика перемещений fz.

**Показывать суммарную эпюру (мозаику).** При включении данного режима и выборе усилия, отпора грунта или перемещения любого из направлений Y или Z будет показана сумма эпюр (мозаик) по двум направлениям:  $Q_y+Q_z$ ,  $M_y+M_z$ ,  $R_y+R_z$ ,  $f_y+f_z$ .

Панель **Напряжения в пластинах и объемных КЭ** (рис.80) содержит следующие команды:

**Мозаика/изополя напряжений** (рис.90) – раскрывающийся список с заменой для выбора способа отображения раскраски пластин и поверхностей объемных элементов в соответствии со значениями напряжений в элементах (в согласованной местной системе координат).

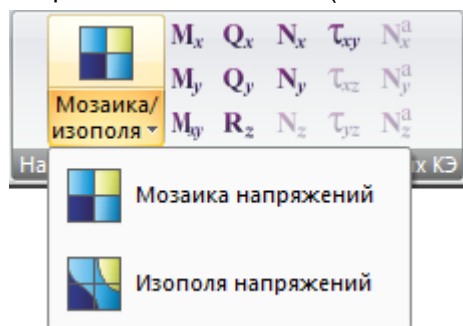


Рис. 90. Раскрывающийся список **Мозаика/изополя напряжений**

- мозаика напряжений;
- изополя напряжений.

**Mx** – мозаика/изополя изгибающих моментов Mx.

**My** – мозаика/изополя изгибающих моментов My.

**Mxy** – мозаика/изополя изгибающих моментов Mxy.

**Qx** – мозаика/изополя перерезывающих сил Qx.

**Qy** – мозаика/изополя перерезывающих сил Qy.

**Rz** – мозаика/изополя давления на грунт Rz.

**Nx** - мозаика/изополя нормальных напряжений Nx.

**Ny** - мозаика/изополя нормальных напряжений Ny.

**Nz** - мозаика/изополя нормальных напряжений Nz.

**Txy** - мозаика/изополя касательных напряжений Txy.

**Txz** - мозаика/изополя касательных напряжений Txz.

**Tyz** - мозаика/изополя касательных напряжений Tyz.

**Na<sub>x</sub>** - мозаика/изополя напряжений Na<sub>x</sub> в арматуре вдоль оси X1 у физически нелинейных объемных КЭ.

**Na<sub>y</sub>** – мозаика/изополя напряжений Na<sub>y</sub> в арматуре вдоль оси Y1 у физически нелинейных объемных КЭ.

**Na<sub>z</sub>** – мозаика/изополя напряжений Na<sub>z</sub> в арматуре вдоль оси Z1 у физически нелинейных объемных КЭ.

Панель **Усилия в спец.элементах** (рис.81) содержит следующие команды:

**N (62, 207, 208, 252, 262 КЭ)** – отображение на экране мозаики усилия N для 62, 207, 208, 252, 262 КЭ.

**N<sub>x</sub> (55, 255, 265 КЭ)** - отображение на экране мозаики усилия N<sub>x</sub> для 55, 255, 265 КЭ.

**N<sub>y</sub> (55, 255, 265 КЭ)** - отображение на экране мозаики усилия N<sub>y</sub> для 55, 255, 265 КЭ.

**N<sub>z</sub> (55, 255, 265 КЭ)** - отображение на экране мозаики усилия N<sub>z</sub> для 55, 255, 265 КЭ.

**M<sub>x</sub> (55, 255, 265 КЭ)** - отображение на экране мозаики усилия M<sub>x</sub> для 55, 255, 265 КЭ.

**M<sub>y</sub> (55, 255, 265 КЭ)** - отображение на экране мозаики усилия M<sub>y</sub> для 55, 255, 265 КЭ.

**M<sub>z</sub> (55, 255, 265 КЭ)** - отображение на экране мозаики усилия M<sub>z</sub> для 55, 255, 265 КЭ.

**N (264 КЭ)** – отображение на экране мозаики усилия N для 264 КЭ.

**Q<sub>y</sub> (264 КЭ)** – отображение на экране мозаики усилия Q<sub>y</sub> для 264 КЭ.

**Q<sub>z</sub> (264 КЭ)** – отображение на экране мозаики усилия Q<sub>z</sub> для 264 КЭ.

**R<sub>z</sub> (53 КЭ)** – отображение на экране мозаики усилия R<sub>z</sub> для 53 КЭ.

Панель **Стык** (рис. 82) содержит следующие команды:

**N<sub>y</sub>** – отображение на экране мозаики напряжений N<sub>y</sub> в элементах платформенного стыка для 58, 59, 258, 259 КЭ.

**Q<sub>z</sub>** – отображение на экране мозаики напряжений Q<sub>z</sub> в элементах платформенного стыка для 58, 59, 258, 259 КЭ.

**Q<sub>x</sub>** – отображение на экране мозаики напряжений Q<sub>x</sub> в элементах платформенного стыка для 58, 59, 258, 259 КЭ.

Панель **Усилия в одноузловых КЭ** (рис.83) содержит следующие команды:

**N (251, 261 КЭ)** - мозаики усилия N в 251, 261 КЭ

**R<sub>x</sub> (51, 56, 256, 266 КЭ)** – мозаики усилий R<sub>x</sub> в 51, 56, 256, 266 КЭ.

**R<sub>y</sub> (51, 56, 256, 266 КЭ)** - мозаики усилия R<sub>y</sub> в 51, 56, 256, 266 КЭ.

**R<sub>z</sub> (51, 56, 256, 266 КЭ)** - мозаики усилия R<sub>z</sub> в 51, 56, 256, 266 КЭ.

**R<sub>ux</sub> (51, 56, 256, 266 КЭ)** - мозаики усилия R<sub>ux</sub> в 51, 56, 256, 266 КЭ.

**R<sub>uy</sub> (51, 56, 256, 266 КЭ)** - мозаики усилия R<sub>uy</sub> в 51, 56, 256, 266 КЭ.

**R<sub>uz</sub> (51, 56, 256, 266 КЭ)** - мозаики усилия R<sub>uz</sub> в 51, 56, 256, 266 КЭ.

**N (263 КЭ)** - мозаики усилия N в 263 КЭ.

**Q<sub>y</sub> (263 КЭ)** - мозаики усилия Q<sub>y</sub> в 263 КЭ.

**Q<sub>z</sub> (263 КЭ)** - мозаики усилия Q<sub>z</sub> в 263 КЭ.

**R<sub>z</sub> (54 КЭ)** – мозаики усилия R<sub>z</sub> для 54 КЭ.

Панель **Инструменты** (рис.84) содержит следующие команды:

**Найти центр** – см. вкладку **Создание и редактирование**, панель **Инструменты**, стр.31.

**Шкала** (рис. 41) – см. вкладку **Создание и редактирование**, панель **Инструменты**, стр.32.

**Обновление шкалы в режиме фрагментации** – см. вкладку **Создание и редактирование**, панель **Инструменты**, стр.32.

**Обновление шкалы в режиме масштабирования** – см. вкладку **Создание и редактирование**, панель **Инструменты**, стр.32.

**Надпись на изолиниях** – см. вкладку **Создание и редактирование**, панель **Инструменты**, стр.32.

**По сечению** – см. вкладку **Создание и редактирование**, панель **Инструменты**, стр.32.

**Эпюра прогибов** - вызов диалогового окна для построения эпюры прогибов между указанными узлами.

**Просуммировать нагрузки** - см. вкладку **Создание и редактирование**, панель **Инструменты**, стр.32.

**Мозаика нагрузок** - см. вкладку **Создание и редактирование**, панель **Инструменты**, стр.33

**Приложить отпор грунта** – вызов диалогового окна для пересчета коэффициентов постели С1 и С2 для выбранных КЭ плит и оболочек.

**Связаться с результатами** - восстановление связи графической среды с результатами расчета в случае какого-либо сбоя в программе или в компьютере во время работы.

**Перекосы** - см. вкладку **Расширенное редактирование**, панель **Инструменты**, стр.39.

**Результаты PUSHOVER** - вызов окна просмотра результатов расчета по методике Pushover (монотонное наращивание горизонтальной сейсмической нагрузки с контролем горизонтального перемещения).

**Шаги интегрирования динамики во времени** - вызов диалогового окна со списком шагов интегрирования динамики во времени.

**Анимация динамики во времени** - вызов диалогового окна для просмотра анимации динамики во времени.

**Кинетическая энергия** - вызов окна просмотра с графиком кинетической энергии динамики во времени.

**Документация** (рис.91) – раскрывающийся список с заменой, который содержит операции для формирования документации по текущей задаче, таблиц по результатам статического/динамического расчета, создание и компоновка чертежей с различными зафиксированными вариантами расчетной схемы и результатов расчета, формирование отчета или пояснительной записки.

- стандартные таблицы;
- интерактивные таблицы;
- ДОКУМЕНТАТОР;
- таблицы системы МОСТ;
- пояснительная записка;
- отчет (старый формат).

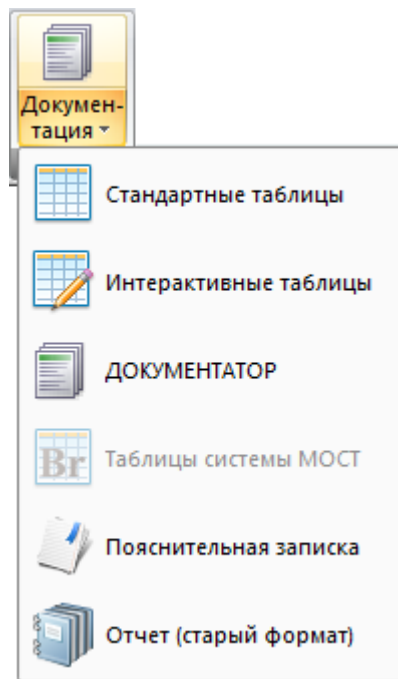


Рис. 91. Раскрывающийся список  
**Документация**

## Вкладка Расширенный анализ

Дополнительные функции анализа результатов расчета. Анализ усилий в специальных элементах, задание исходных данных, расчет и анализ результатов расчета дополнительных систем.

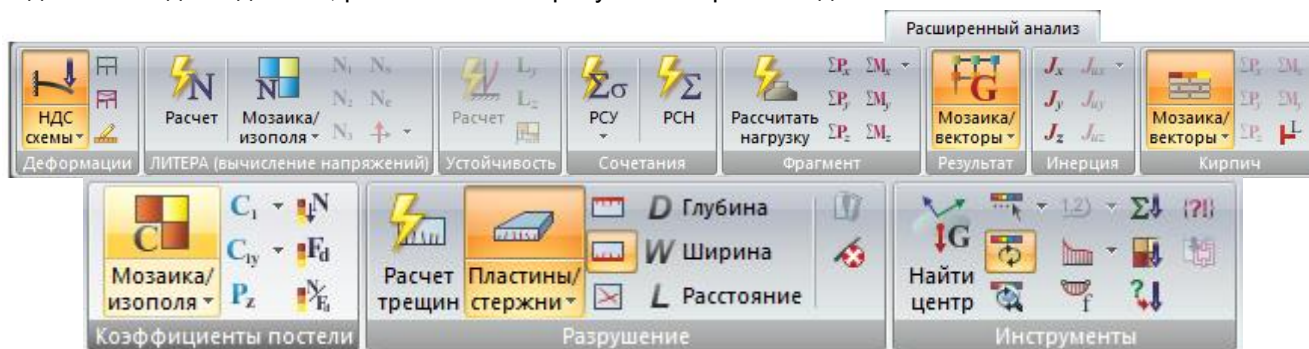


Рис. 92. Вкладка **Расширенный анализ**

Вкладка **Расширенный анализ** (рис.92) содержит следующие панели:

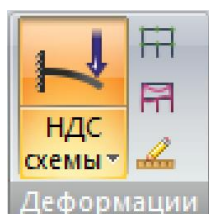


Рис. 93. Панель **Деформации**

- **Деформации** (рис.93) - операции, которые позволяют отображать деформации расчетной схемы.
- **ЛИТЕРА** (рис.94) – задание исходных данных, расчет и анализ результатов вычисления главных и эквивалентных напряжений в конечных элементах по усилиям от отдельных загрузок, а также по расчетным сочетаниям PCH или PCY.

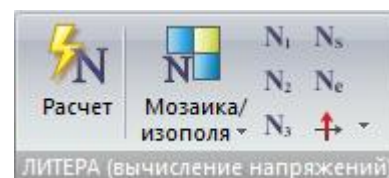


Рис. 94. Панель **ЛИТЕРА**

- **Устойчивость** (рис.95) – задание дополнительных данных для расчета, расчет на устойчивость, анализ результатов расчета на устойчивость.



Рис. 95. Панель **Устойчивость**

- **Сочетания** (рис.96) – расчет расчетных сочетаний усилий (PCY), расчет стандартных и произвольных линейных комбинаций загрузок (PCH).



Рис. 96. Панель **Сочетания**

- **Фрагмент** (рис.97) – задание исходной информации для определения нагрузок на фрагмент, определение нагрузок на фрагмент, отображение результатов расчета.

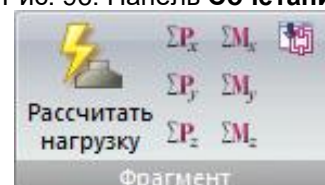


Рис. 97. Панель **Фрагмент**

- **Результат** (рис.98) – выбор формы представления результатов и системы координат при просмотре нагрузок на фрагмент и при просмотре инерционных сил и моментов.



Рис. 98. Панель **Результат**

- **Инерция** (рис.99) – отображение инерционных сил и моментов в узлах, полученных в результате расчета на динамические воздействия по каждой форме колебаний.



Рис. 99. Панель **Инерция**

- **Кладка** (рис.100) - отображение вычисленных суммарных нагрузок на группы участков стен в заданных расчетных уровнях.

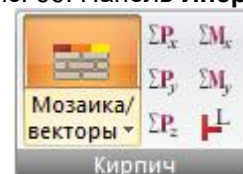


Рис. 100. Панель **Кирпич**

- **Коэффициенты постели** (рис.101) – отображение мозаик и изополей коэффициентов постели, заданной вертикальной равномерно распределенной нагрузки для пластин, моделирующих основание, отображение мозаик нагрузки на сваи и несущей способности свай.

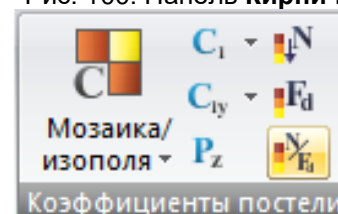


Рис. 101. Панель

**Коэффициенты постели**

- **Разрушение** (рис.102) – расчет элементов физически нелинейных задач на образование и раскрытие трещин, отображение информации для анализа разрушений.

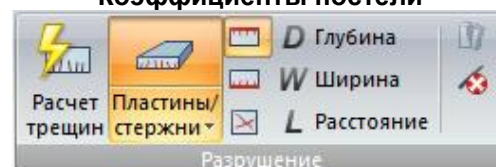


Рис. 102. Панель **Разрушение**

- **Инструменты** (рис.103) - основные инструменты для настройки режима графического отображения схемы, а также функции по дополнительному анализу результатов.

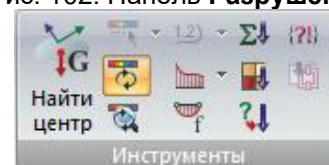


Рис. 103. Панель **Инструменты**

Панель **ЛИТЕРА** (рис.104) содержит следующие команды:

**Расчет** – вызов диалогового окна для выбора режима вычислений, теории прочности, выбора сочетаний для расчета главных и эквивалентных напряжений в конечных элементах, запуск расчетного процессора **ЛИТЕРА**.

**Мозаика/изополя главных и эквивалентных напряжений** (рис.85) – раскрывающийся список с заменой, который содержит операции по отображению на экране поэлементной раскраски пластин и объемных КЭ в соответствии со значениями главных и эквивалентных напряжений в них:

- мозаика главных и эквивалентных напряжений;
- изополя главных и эквивалентных напряжений.

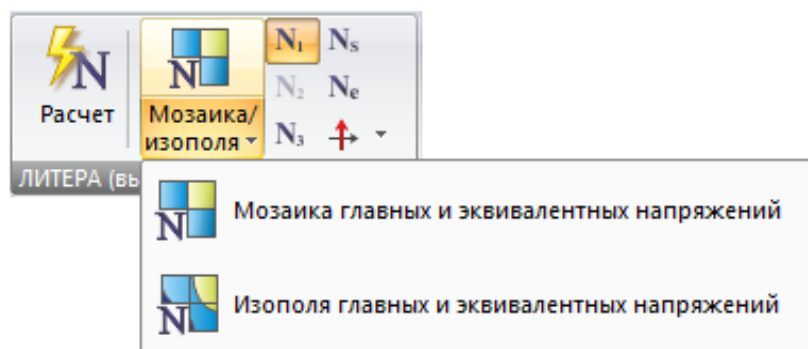


Рис. 104. Раскрывающийся список **Мозаика/изополя главных и эквивалентных напряжений**

**N1** – мозаика/изополя главных напряжений N1.

**N2** – мозаика/изополя главных напряжений N2.

**N3** – мозаика/изополя главных напряжений N3.

**Ns** – мозаика/изополя Ns. Эквивалентное напряжение (приведенное к эквивалентному сжатию).

**Ne** – мозаика/изополя Ne. Эквивалентное напряжение (приведенное к эквивалентному растяжению).

**Показать направления главных осей** (рис.105) – раскрывающийся список с заменой. Отображение в виде отрезков направлений главных осей N1, N3 на пластинах.

- показать направления главных осей N1;
- показать направления главных осей N3.

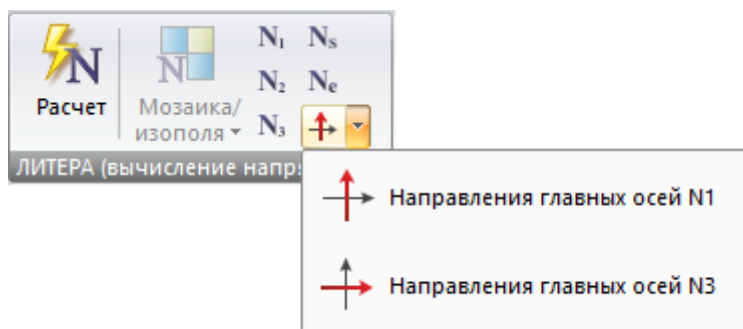


Рис. 105. Раскрывающийся список **Показать направления главных осей**

Панель **Устойчивость** (рис.95) содержит следующие команды:

**Расчет** – вызов диалогового окна для задания исходных данных и расчета на устойчивость.

**Коэффициенты по  $L_y$**  - мозаика коэффициентов свободных длин для стержневых элементов (в плоскости X1OZ1 стержня).

**Коэффициенты по  $L_z$**  - мозаика коэффициентов свободных длин для стержневых элементов (в плоскости X1OY1 стержня).

**Мозаика параметров чувствительности** - графическое отображение степени ответственности (чувствительности) элементов схемы за общую несущую способность конструкции.

Панель **Сочетания** (рис.96) содержит следующие команды:

**PCY** (рис.106) – раскрывающийся список, который содержит команды для расчета расчетных сочетаний усилий и их унификаций:

- выполнить расчет PCY;
- выполнить расчет унификаций PCY (для всех вариантов конструирования).

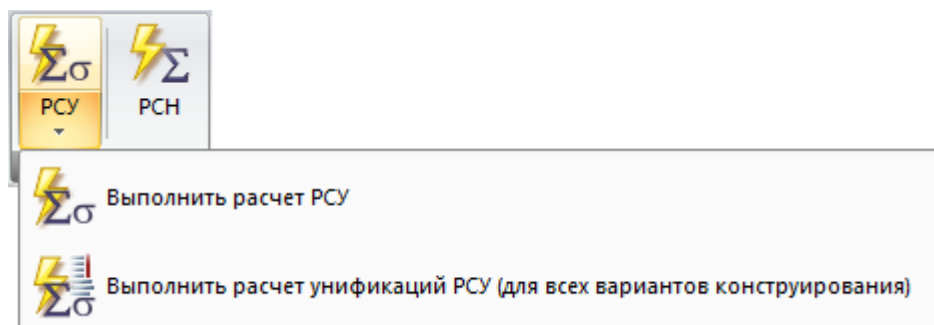


Рис. 106. Раскрывающийся список **PCY**

**PCN** – вызов диалогового окна, задание исходных данных и запуск процессора, который вычисляет перемещения в узлах и усилия (напряжения) в элементах от стандартных (установленных нормативными документами) и произвольных линейных комбинаций загрузок.

Панель **Фрагмент** (рис.97) содержит следующие команды:

**Рассчитать нагрузку** - вызов диалогового окна **Расчет нагрузок на фрагмент** предназначенного для задания номеров узлов, в которых должна быть вычислена нагрузка, номеров элементов, которые передают нагрузку на эти узлы, углов поворота узлов вокруг оси Z глобальной системы координат.

**$\Sigma P_x$**  – мозаика / векторы нагрузок на узлы фрагмента по оси X.

**$\Sigma P_y$**  – мозаика / векторы нагрузок на узлы фрагмента по оси Y.

**$\Sigma P_z$**  – мозаика / векторы нагрузок на узлы фрагмента по оси Z.

**$\Sigma M_x$**  – мозаика / векторы моментов в узлах фрагмента вокруг оси X.

**$\Sigma M_w$**  – мозаика бимоментов  $M_w$  (в группе с кнопкой  $\Sigma M_x$ ). Мозаика бимоментов  $M_w$  в узлах фрагмента в локальной системе координат стержня.

**$\Sigma M_y$**  – мозаика / векторы моментов в узлах фрагмента вокруг оси Y.

**$\Sigma M_z$**  – мозаика / векторы моментов в узлах фрагмента вокруг оси Z.

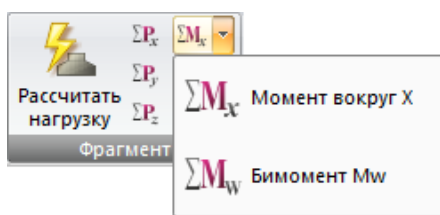


Рис. 107. Раскрывающийся список **мозаики моментов/бимоментов на фрагмент**

Панель **Результат (вкладка Расширенный анализ)** (рис. 98) содержит следующие команды:

**Мозаика/Векторы** (рис. 108) – раскрывающийся список с заменой. Выбор способа представления результатов и системы координат.

- мозаика в глобальной системе координат;
- мозаика в локальной системе координат;
- силы в глобальной системе координат;
- силы в локальной системе координат.

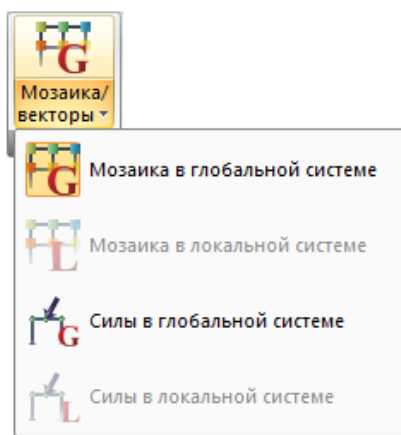


Рис. 108. Раскрывающийся список **Мозаика/векторы нагрузок на фрагмент и инерционных сил, моментов в узлах**

Панель **Инерция** (рис.99) содержит следующие команды:

**$J_x$**  – инерционная сила по оси X.

**$J_y$**  – инерционная сила по оси Y.

**$J_z$**  – инерционная сила по оси Z.

**$J_{ux}$**  – инерционный момент вокруг оси X.

**$J_{uy}$**  – инерционный момент вокруг оси Y.

**$J_{uz}$**  – инерционный момент вокруг оси Z.

**Jw** (рис. 109) – инерционный бимомент  $J_w$  (в группе с кнопкой  $J_{yx}$ ). Мозаика в локальной системе координат стержня

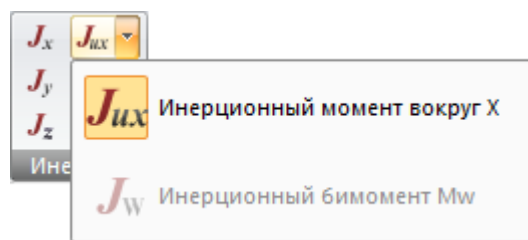


Рис. 109. Раскрывающийся список **инерционных моментов/бимоментов**

Панель **Кирпич** (рис.100) содержит следующие команды:

**Мозаика / Векторы нагрузок ( $P_x$ ,  $P_y$ ,  $P_z$ ,  $M_x$ ,  $M_y$ )** – раскрывающийся список с заменой для выбора способа представления нагрузок:

- **Мозаика нагрузок** – показывать мозаику суммарных сил/моментов на простенки/группы, приложенные в ц.т. сечений простенков/групп.изополя  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $P_z$ .
- **Векторы нагрузок** – показывать векторы суммарных сил/моментов на простенки/группы, приложенные в ц.т. сечений простенков/групп.
- **Мозаика погонных нагрузок** – показывать мозаику погонных сил/моментов на участки, входящие в группы.

$\Sigma P_x$  – мозаика / векторы сил по X.

$\Sigma P_y$  – мозаика / векторы сил по Y.

$\Sigma P_z$  – мозаика / векторы сил по Z.

$\Sigma M_x$  – мозаика / векторы моментов вокруг X.

$\Sigma M_y$  – мозаика / векторы моментов вокруг Y.

**Длина участков** - мозаика суммарных длин участков, входящих в группы.

Панель **Коэффициенты постели** (рис.101) содержит следующие команды:

**Мозаика/изополя  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $P_z$**  (рис.110) – раскрывающийся список с заменой для выбора способа графического отображения пластин в соответствии со значением в них коэффициентов постели и вертикальной равномерно-распределенной нагрузки:

- мозаика  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $P_z$ ;
- изополя  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $P_z$ .

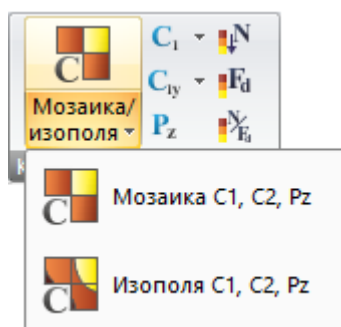


Рис. 110. Раскрывающийся список **Мозаика/изополя  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $P_z$**

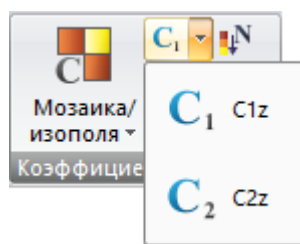
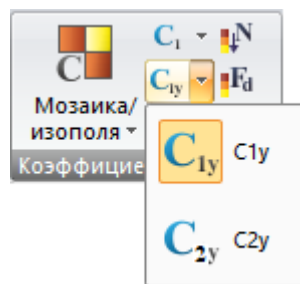
**$C_1$**  (рис.111) – мозаика / изополя коэффициентов постели  $C_1z$ .

**$C_2$**  (рис.111) - мозаика / изополя коэффициентов постели  $C_2z$ .

**$C_1y$**  (рис.112) - мозаика / изополя коэффициентов постели  $C_1y$ .

**$C_2y$**  (рис.112) - мозаика / изополя коэффициентов постели  $C_2y$ .

**$P_z$**  - мозаика / изополя заданной вертикальной равномерно распределенной нагрузки  $P_z$  на грунт.

Рис. 111. Раскрывающийся список **Мозаика/изополя C1z, C2z**Рис. 112. Раскрывающийся список **Мозаика/изополя C1y, C2y**

Панель **Разрушение** (рис.102) содержит следующие команды:

**Расчет трещин** – вычисление параметров трещин после выполнения физически нелинейного расчета.

**Пластины/стержни** (рис.113) – раскрывающийся список с заменой, который содержит операции выбора вида элементов, для которых будут отображаться результаты:

- трещины в пластинах;
- трещины в стержнях

**Глубина раскрытия трещин (стержни)** – показать мозаику глубины раскрытия трещин в стержнях.

**Ширина раскрытия трещин (стержни)** – показать мозаику ширины раскрытия трещин в стержнях.

**Расстояние между трещинами (стержни)** – показать мозаику расстояний между трещинами в стержнях.

**Трещины в верхнем слое (пластины)** – показывать мозаику выбранного параметра для верхнего слоя пластин.

**Трещины в нижнем слое (пластины)** – показывать мозаику выбранного параметра для верхнего слоя пластин.

**Глубина раскрытия (пластины)** – показать глубину раскрытия трещин в пластинах в виде мозаики для выбранного слоя.

**Ширина раскрытия (пластины)** – показать ширину раскрытия трещин в пластинах в виде мозаики для выбранного слоя.

**Расстояние между трещинами (пластины)** – показать расстояние между трещинами в пластинах в виде мозаики для выбранного слоя.

**Направление трещин в пластинах** – показать направления трещин в пластинах в виде отрезков для выбранного слоя.

**Разрушение** – отображение направления трещин для каждого элемента в выбранном слое на фоне изополей или палитры напряжений для КЭ физически нелинейных пластин. Элемент считается разрушенным, если разрушен основной и армирующий материал.

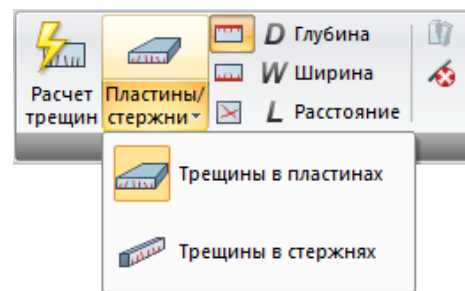
**Разрушенные элементы** – поэлементная раскраска разрушенных физически нелинейных КЭ.

Панель **Инструменты** (рис.103) содержит следующие команды:

**Найти центр** – см. вкладку **Создание и редактирование**, панель **Инструменты**, стр.31.

**Шкала** (рис. 41) – см. вкладку **Создание и редактирование**, панель **Инструменты**, стр.32.

**Обновление шкалы в режиме фрагментации** – см. вкладку **Создание и редактирование**, панель **Инструменты**, стр.32.

Рис. 113. Раскрывающийся список **Пластины/стержни**

**Обновление шкалы в режиме масштабирования** – см. вкладку **Создание и редактирование**, панель **Инструменты**, стр.32.

**Надпись на изолиниях** – см. вкладку **Создание и редактирование**, панель **Инструменты**, стр.32.

**По сечению** – см. вкладку **Создание и редактирование**, панель **Инструменты**, стр.32.

**Эпюра прогибов** – вызов диалогового окна для построения эпюры прогибов между указанными узлами.

**Просуммировать нагрузки** – см. вкладку **Создание и редактирование**, панель **Инструменты**, стр. 33.

**Мозаика нагрузок** – см. вкладку **Создание и редактирование**, панель **Инструменты**, стр.33.

**Преобразовать результаты в нагрузки** – вызов диалогового окна для задания информации о результатах расчета, которые требуется преобразовать в нагрузки.

**Связаться с результатами** – восстановление связи графической среды с результатами расчета в случае какого-либо сбоя в программе или в компьютере во время работы.

**Экспорт данных в ФОК-ПК** – создание файла нагрузок, экспортируемых для дальнейшей работы в среде программного комплекса ФОК-ПК для расчета столбчатых фундаментов.

## Вкладка Железобетон

Операции по заданию исходных данных для конструирования, подбор арматуры и проверка заданного армирования в пластинчатых элементах и в сечениях стержневых элементов, анализ результатов, а также запуск локальных режимов.

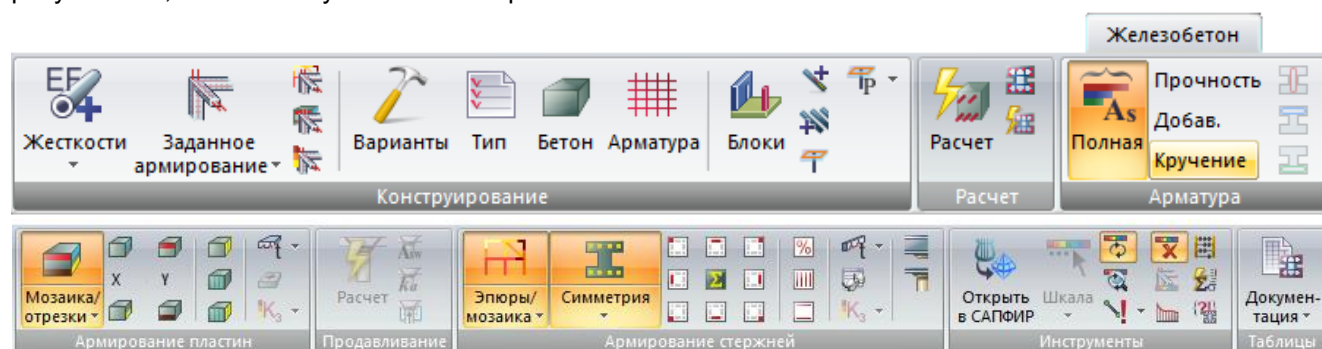


Рис. 114. Вкладка **Железобетон**

Вкладка **Железобетон** (рис.114) содержит следующие панели:

- **Конструирование** (рис.115) – операции, связанные с редактированием жесткостей и материалов, работа с вариантами проектирования, создание конструктивных блоков, конструктивных элементов и унифицированных групп.

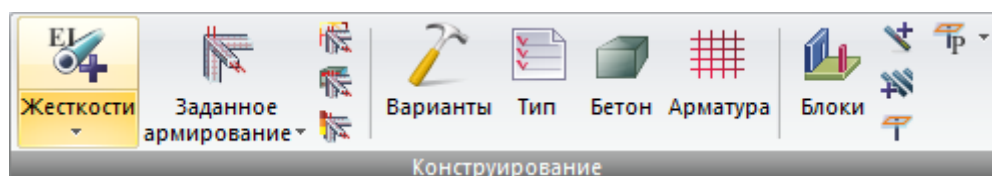


Рис. 115. Панель **Конструирование**

- **Расчет** (рис.116) – операции связанные с расчетом арматуры, а также запуском локальных режимов.



Рис. 116. Панель **Расчет**

- **Арматура** (рис.117) – выбор режимов просмотра результатов подбора арматуры в пластинчатых элементах (панель **Армирование пластин**) и в сечениях стержневых элементов (панель **Армирование стержней**) на расчетной схеме.

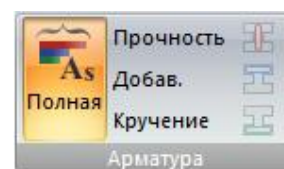


Рис. 117. Панель **Арматура**

- **Армирование пластин** (рис.118) – отображение результатов армирования в пластинчатых элементах одним из выбранных способов.

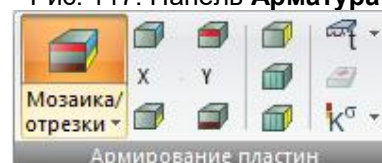


Рис. 118. Панель **Армирование пластин**

- **Продавливание** (рис.119) – подбор поперечной арматуры продавливания в пластинчатых элементах (плита, оболочка) и просмотр результатов расчета на продавливание.

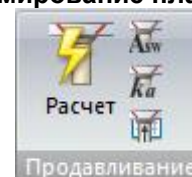


Рис. 119. Панель **Продавливание**

- **Армирование стержней** (рис.120) – отображения результатов армирования в стержневых элементах одним из выбранных способов, а также конструирование балки и колонны.

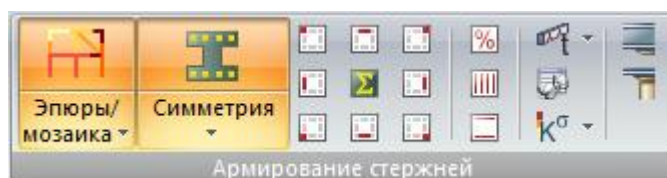


Рис. 120. Панель **Армирование стержней**

- **Инструменты** (рис.121) - основные инструменты для настройки режима графического отображения схемы, функции по дополнительному анализу результатов, а также передача результатов подбора армирования в систему САПФИР-ЖБК.

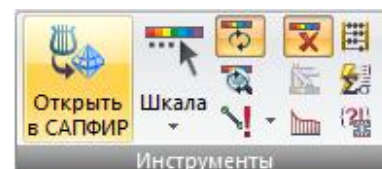


Рис. 121. Панель **Инструменты**

- **Таблицы** (рис.122) – вывод на экран численного представления результатов, а также запуск режимов для формирования отчета и пояснительной записки.

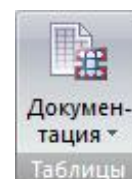


Рис. 122. Панель **Таблицы**

Панель **Конструирование** (рис.115) содержит следующие команды:

**Жесткости и материалы** – см. вкладку **Создание и редактирование**, панель **Жесткости и связи**, стр.28.

**Типы заданного армирования** – см. вкладку **Создание и редактирование**, панель **Жесткости и связи**, стр.29.

**Мозаика типов заданного армирования для стержней** – см. вкладку **Расширенное редактирование**, панель **Анализ свойств**, стр.39.

**Мозаика типов заданного армирования для пластин** – см. вкладку **Расширенное редактирование**, панель **Анализ свойств**, стр.39.

- **Мозаика типов заданного армирования** – см. вкладку **Расширенное редактирование**, панель **Анализ свойств**, стр.39.

- **Варианты конструирования схемы** - см. вкладку **Создание и редактирование**, панель **Конструирование**, стр.29.
- **Тип железобетонных конструкций** – вызов диалогового окна для задания параметров, характеризующие общие свойства материала и ж/б элемента, в т.ч., модуль армирования.
- **Бетон** – вызов диалогового окна для задания параметров, характеризующие свойства бетона.
- **Арматура** – вызов диалогового для задания параметров, характеризующие свойства арматуры.
- **Конструктивные блоки** – см. вкладку **Создание и редактирование**, панель **Конструирование**, стр.30.
- **Конструктивные элементы** – см. вкладку **Создание и редактирование**, панель **Конструирование**, стр.30.

**Унификация элементов** см. вкладку **Создание и редактирование**, панель **Конструирование**, стр.30.

**Контур продавливания** – см. вкладку **Создание и редактирование**, панель **Конструирование**, стр.30.

- **Мозаика геометрических характеристик контуров продавливания** (рис. 123 ) – см. вкладку **Создание и редактирование**, панель **Конструирование**, стр.30.

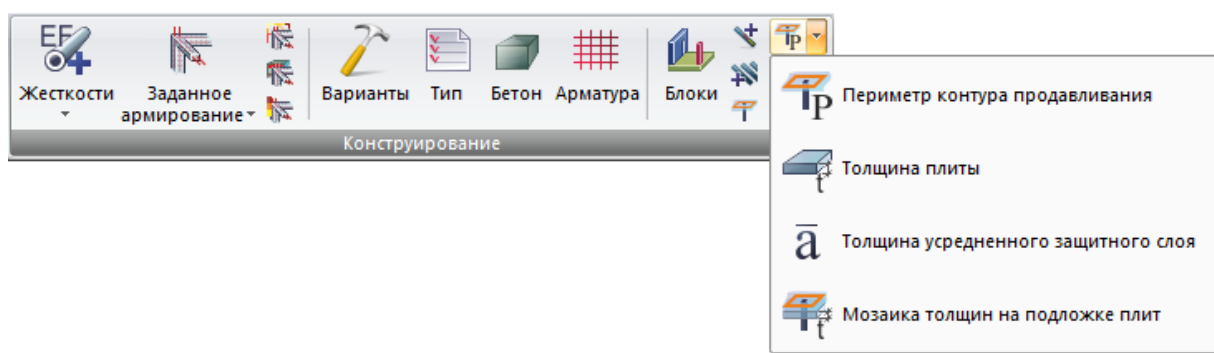


Рис. 123. Раскрывающийся список **Мозаика геометрических характеристик контуров продавливания**

Панель **Расчет** (рис.116) содержит следующие команды:

**Расчет** – вызов диалогового окна для задания параметров расчета армирования.

**Локальный режим армирования** – вызов модуля **ЛАРМ-САПР** (локального режима армирования) который предназначен для определения и проверки армирования в стержневых и пластинчатых элементах.

**Локальный режим армирования элемента** – вызов модуля **ЛАРМ-САПР** (локального режима армирования) и передача в него данных о выбранных элементах для текущего варианта конструирования – геометрии, назначенных характеристик материалов, расчетных сочетаний усилий (PCY), или расчетных сочетаний нагрузок (PCN), или усилий, полученные после статического расчета.

Панель **Арматура** (рис.117) содержит следующие команды:

**Полная арматура** – показывать результаты подбора полной арматуры по I и II группам предельных состояний в пластинчатых элементах и в сечениях стержневых элементов.

**Прочность** – показывать результаты подбора арматуры по I группе предельных состояний.

**Добавочная** – показывать разницу результатов подбора арматуры (полной и подобранной по I группе предельных состояний).

**Кручение** – показывать результаты подбора арматуры в сечениях стержневых элементов, обусловленной кручением.

**Арматура от кручения – 1К** – показывать результаты подбора арматуры, обусловленной кручением, в первой прямоугольной составляющей сложных форм сечений стержневых элементов и норм СП 63.13330.2012.

**Арматура от кручения – 2К** – показывать результаты подбора арматуры, обусловленной кручением, во второй прямоугольной составляющей сложных форм сечений стержневых элементов и норм СП 63.13330.2012.

**Арматура от кручения – 3К** – показывать результаты подбора арматуры, обусловленной кручением, в третьей прямоугольной составляющей сложных форм сечений стержневых элементов и норм СП 63.13330.2012.

Панель **Армирование пластин** (рис.117) содержит следующие команды:

**Площадь армирования** (рис. 124) – раскрывающийся список с заменой, который содержит команды для выбора способа отображения площадей продольной арматуры для пластинчатых элементов:

- площадь;
- отрезки.

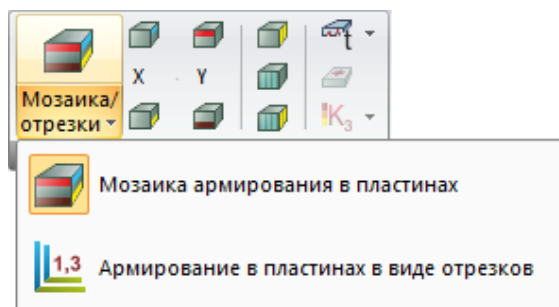


Рис. 124. Раскрывающийся список **Площадь армирования**

**Верхняя арматура в пластинах по оси X** – отображение на расчетной схеме в виде отрезков или мозаики площади продольного армирования у верхней грани пластины вдоль местной оси X1 (с учетом заданного угла согласования осей).

**Нижняя арматура в пластинах по оси X** – отображение на расчетной схеме в виде отрезков или мозаики площади продольного армирования у нижней грани пластины вдоль местной оси X1 (с учетом заданного угла согласования осей).

**Верхняя арматура в пластинах по оси Y** – отображение на расчетной схеме в виде отрезков или мозаики площади продольного армирования у верхней грани пластины вдоль местной оси Y1 (с учетом заданного угла согласования осей).

**Нижняя арматура в пластинах по оси Y** – отображение на расчетной схеме в виде отрезков или мозаики площади продольного армирования у нижней грани пластины вдоль местной оси Y1 (с учетом заданного угла согласования осей).

**Поперечная арматура вдоль X1** – графическое представление на расчетной схеме площади поперечной арматуры при заданном шаге или интенсивность поперечной на 1мм вдоль местной оси X1 (с учетом заданного угла согласования осей).

**Поперечная арматура вдоль Y1** – графическое представление на расчетной схеме площади поперечной арматуры при заданном шаге или интенсивность поперечной арматуры на 1мм вдоль местной оси Y1 (с учетом заданного угла согласования осей).

**Поперечная арматура на 1м<sup>2</sup>** – подбор поперечной арматуры в расчете на 1м<sup>2</sup> при установленном флажке **Подбирать поперечную арматуру на 1кв.м** в диалоговом окне **Общие характеристики** при задании параметров для ж/б конструкций.

**Раскрытие трещин в пластинах** (рис.125) – раскрывающийся список с заменой, который содержит операции по отображению непосредственно на расчетной схеме ширины длительного (продолжительного) и кратковременного (непродолжительного) раскрытия трещин в пластинчатых элементах:

- продолжительное раскрытие трещин;
- непродолжительное раскрытие трещин.

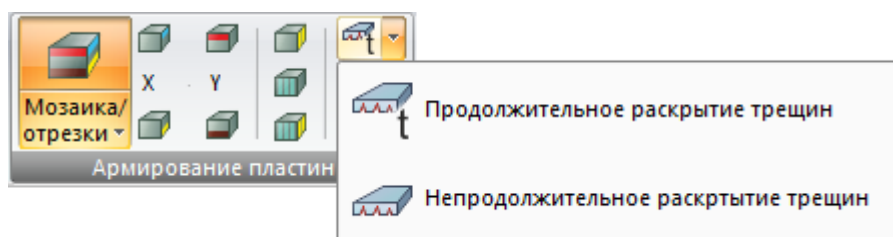


Рис. 125. Раскрывающийся список **Раскрытие трещин в пластинах**

**Минимальная арматура в виде отрезков** – отображение на расчетной схеме в виде отрезков результатов минимальной арматуры в пластинчатых элементах – площади продольной арматуры у нижней или верхней грани пластины вдоль местных осей X или Y, соответствующие минимальному проценту армирования.

**Коэффициенты запаса армирования по прочности для пластин** – отображение на расчетной схеме мозаик коэффициентов запаса заданного армирования для пластинчатых элементов. Коэффициент запаса вычисляется при выполнении проверки заданной продольной арматуры по прочности от действия  $M_x$ ,  $M_y$ ,  $M_{xy}$ ,  $N_x$ ,  $N_y$ ,  $T_{xy}$ .

Панель **Продавливание** (рис.119) содержит следующие команды:

**Расчет продавливания** – выполнение расчета пластин на продавливание и подбора поперечной арматуры продавливания для текущего варианта конструирования.

**Площадь арматура продавливания** – раскраска контуров продавливания в соответствии с вычисленными значениями площадей армирования при подборе поперечной арматуры продавливания в пластинчатых элементах (плита, оболочка).

**Коэффициент несущей способности** – раскраска контуров продавливания в соответствии с вычисленными значениями коэффициента несущей способности при подборе поперечной арматуры продавливания в пластинчатых элементах (плита, оболочка).

**Арматура для контуров продавливания** – результаты расчета продавливания в табличном виде.

Панель **Армирование стержней** (рис.120) содержит следующие команды:

**Площадь арматуры для стержней** (рис. 126) – раскрывающийся список с заменой, который содержит команды для выбора графического представления непосредственно на расчетной схеме площадей продольной или поперечной арматуры и ширины раскрытия трещин (продолжительного и непродолжительного) для стержневых элементов – в виде эпюр или в виде мозаик:

- мозаика армирования в стержнях;
- эпюры армирования в стержнях.

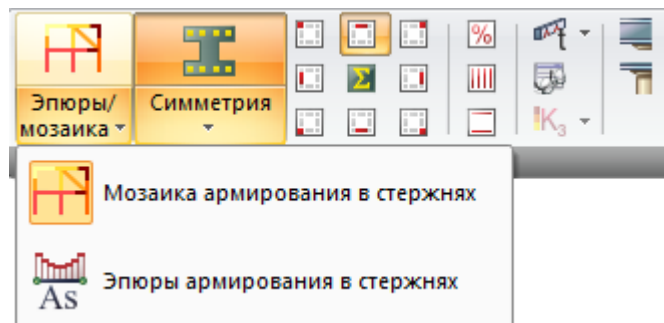
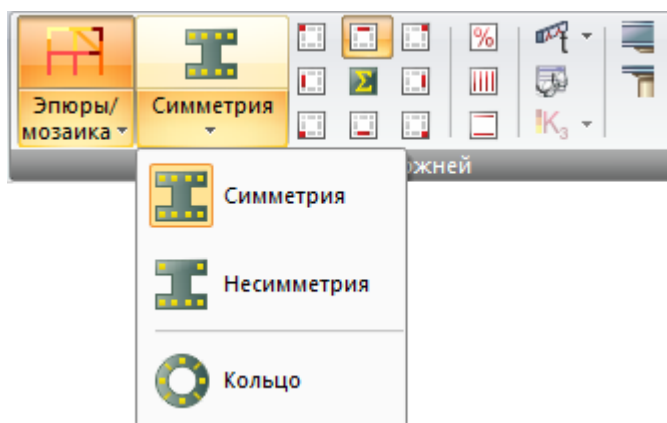


Рис. 126. Раскрывающийся список **Мозаика\Эпюры армирования стержней**

**Армирование** (рис.127) – раскрывающийся список с заменой, который содержит операции по выбору графического представления на расчетной схеме результатов подбора симметричного, несимметричного армирования или армирования кольца в сечениях стержневых элементов:

- симметрия;
- несимметрия;
- кольцо.

Рис. 127. Раскрывающийся список **Армирование стержней**

**Угловая арматура AU3** – графическое отображение площади продольной арматуры в верхнем левом углу сечения стержня с учетом трещиностойкости AU3.

**Распределенная арматура AS3** – графическое отображение площади продольной арматуры у левой боковой грани сечения с учетом трещиностойкости AS3.

**Угловая арматура AU1** – графическое отображение площади продольной арматуры в нижнем левом углу сечения стержня с учетом трещиностойкости AU1.

**Распределенная арматура AS2** – графическое отображение площади продольной арматуры у верхней грани сечения с учетом трещиностойкости AS2.

**Суммарная арматура** – отображение в графическом виде суммарной площади арматуры (продольной или поперечной) выбранного расположения. Например: AU1+AU2+AS1; AU1+AU2+AU3+AU4 и пр.

**Распределенная арматура AS1** – графическое отображение площади продольной арматуры у нижней грани сечения с учетом трещиностойкости AS1.

**Угловая арматура AU4** – графическое отображение площади продольной арматуры в верхнем правом углу сечения стержня с учетом трещиностойкости AU4.

**Распределенная арматура AS4** – графическое отображение площади продольной арматуры у правой боковой грани сечения с учетом трещиностойкости AS4.

**Угловая арматура AU2** – графическое отображение площади продольной арматуры в нижнем правом углу сечения стержня с учетом трещиностойкости AU2.

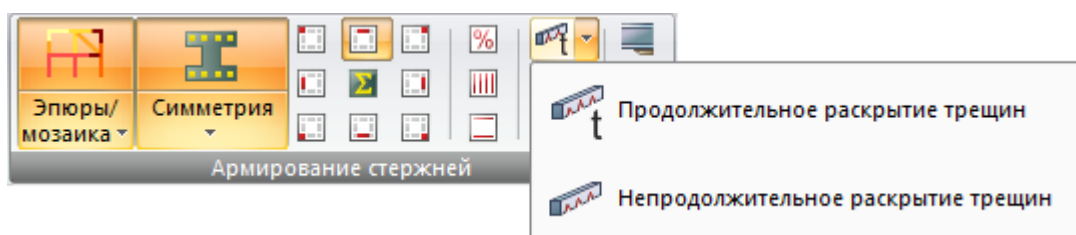
**Процент армирования** – графическое отображение процентного отношения площади подобранной арматуры к площади сечения стержня.

**Поперечная арматура ASW1** – графическое отображение площади вертикальной ASW1 поперечной арматуры при шаге 100 см.

**Поперечная арматура ASW2** – графическое отображение площади горизонтальной ASW2 поперечной арматуры при шаге 100 см.

**Раскрытие трещин в пластинах** (рис.128) – раскрывающийся список с заменой, который содержит операции по отображению непосредственно на расчетной схеме ширины длительного (продолжительного) и кратковременного (непродолжительного) раскрытия трещин в сечениях стержневых элементов:

- продолжительное раскрытие трещин;
- непродолжительное раскрытие трещин.

Рис. 128. Раскрывающийся список **Ширина продолжительного раскрытия трещин**

**Развернутые исходные данные** – информация о нормах проектирования, унифицированных группах, конструктивных элементах и унифицированных группах КЭ, а также о назначенных материалах, характеристиках бетона и арматуры.

**Конструирование балки** – запуск модуля **БАЛКА** для автоматизированного конструирования выбранного элемента расчетной схемы. Элемент должен входить в конструктивный элемент «балка», или ему должен быть назначен материал типа «балка».

**Конструирование колонны** – запуск модуля **КОЛОННА** для автоматизированного конструирования выбранного элемента расчетной схемы. Элемент должен входить в конструктивный элемент «колонна», или ему должен быть назначен материал типа «колонна».

Панель **Инструменты** (рис.121) содержит следующие команды:

**Открыть в САПФИР** – сохранение результатов расчета армирования пластинчатых и стержневых элементов расчетной схемы для текущего варианта конструирования в файле \*.asr и открытие файла модели здания \*.spf в программе САПФИР-ЖБК с импортом сохраненных результатов для последующего проектирования ж/б плит перекрытия, фундаментных плит, диафрагм, балок и колонн.

**Шкала** (рис.129) – раскрывающийся список, который содержит операции по управлению градуировкой и цветовой настройкой изополей и мозаик исходных данных расчетной схемы, результатов статического/динамического расчета, результатов проверки и подбора стальных сечений, результатов определения подбора площадей арматуры, а также операции для выбора цветового отображения объектов схемы на экране:

- параметры шкалы;
- цвета;
- начальная настройка шкалы;
- армирование пластин.

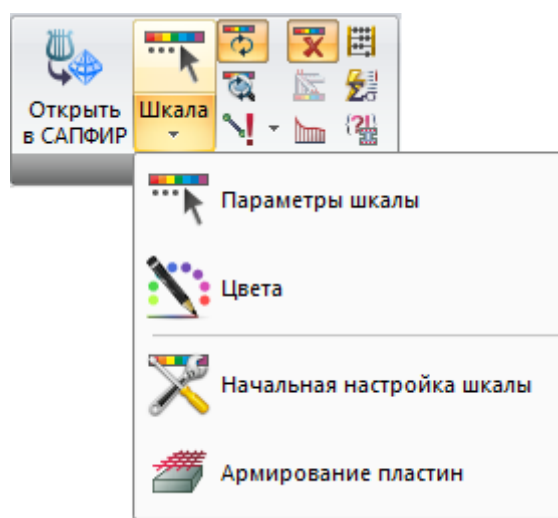


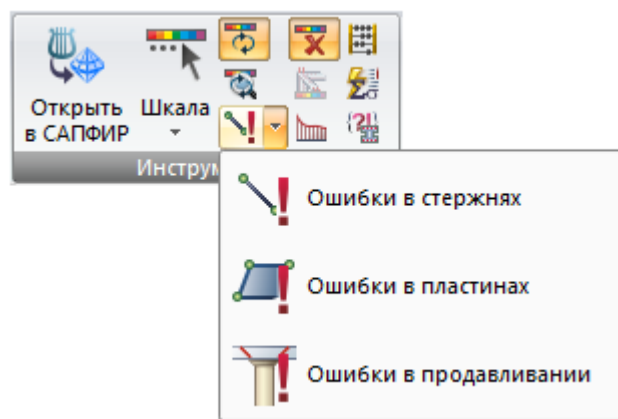
Рис. 129. Раскрывающийся список **Шкала**

**Обновление шкалы в режиме фрагментации** – см. вкладку **Создание и редактирование**, панель **Инструменты**, стр.32.

**Обновление шкалы в режиме масштабирования** – см. вкладку **Создание и редактирование**, панель **Инструменты**, стр.32.

**Ошибки подбора армирования** (рис.130) – раскрывающийся список, который содержит операции по выбору графического представления непосредственно на расчетной схеме кодов ошибок, которые возникают при подборе арматуры:

- ошибки в стержнях;
- ошибки в пластинах;
- ошибки в продавливании.

Рис. 130. Раскрывающийся список **Ошибки подбора армирования**

**Начальные шкалы в режиме армирования** – команда перестраивает шкалу армирования по умолчанию согласно **Начальным параметрам настройки**, на шкалу армирования с внесёнными и сохранёнными в ней изменениями.

**ТЗА на основании шкалы армирования** – вызов диалогового окна для формирования типов заданного армирования (ТЗА) на основании формульной шкалы армирования при просмотре мозаик армирования для пластинчатых и стержневых элементов.

**Эпюра по сечению пластин** – вызов диалогового окна для задания информации с целью создания графика ординат (эпюра) на пластинах вдоль заданного отрезка.

**Расход бетона и арматуры** – вызов диалогового окна, в котором дается информация о расходе бетона и теоретической продольной арматуры, полученной при расчете железобетонных сечений, а также о расходе гибкой и жесткой арматуры, полученной при расчете сталежелезобетонных сечений, для текущего варианта конструирования.

**Выполнить расчет унифицированных РСУ (для всех вариантов конструирования)** – команда запускает расчет, в результате которого для элементов или конструктивных элементов, объединенных в унифицированные группы, выполняется унификация РСУ. По результатам расчета формируются таблицы унифицированных усилий для всех вариантов конструирования (раздельно для каждого варианта).

**Связаться с результатами ж/б расчета** – восстановление связи графической среды с результатами подбора арматуры в стержневых и пластинчатых железобетонных элементах в режиме **Конструирования** (результаты читаются автоматически при открытии экрана визуализации результатов ж/б расчета).

**Документация** (рис.131) – раскрывающийся список с заменой, который содержит операции для формирования документации по текущей задаче, таблиц по результатам статического/динамического расчета, создание и компоновка чертежей с различными зафиксированными вариантами расчетной схемы и результатов расчета, формирование отчета или пояснительной записки.

- таблицы результатов для ЖБ;
- стандартные таблицы;
- интерактивные таблицы;
- ДОКУМЕНТАТОР;
- пояснительная записка;
- отчет (старый формат).

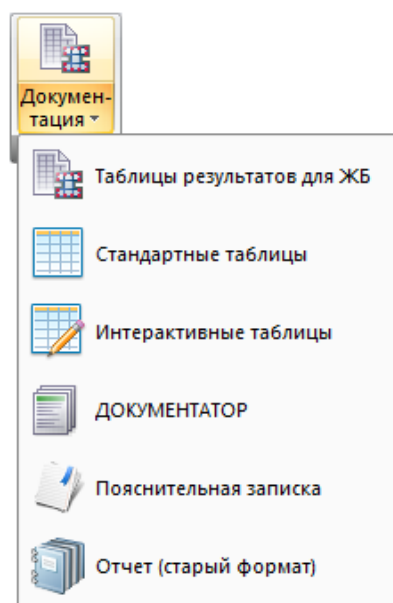


Рис. 131. Раскрывающийся список **Документация**

## Вкладка Сталь

Операции по заданию исходных данных для конструирования, проверка и подбор стальных сечений и узлов, анализ результатов.

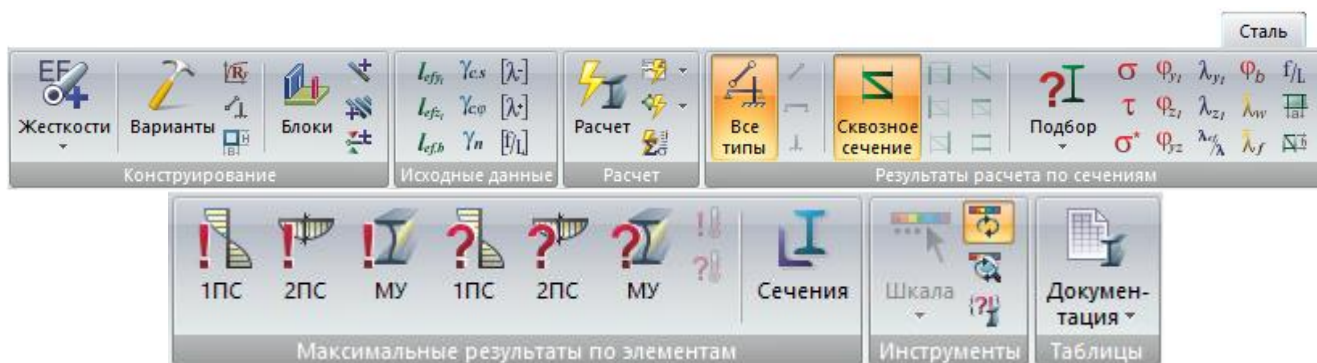


Рис. 132. Вкладка **Сталь**

Вкладка **Сталь** (рис.132) содержит следующие панели:

- **Конструирование** (рис.133) – операции, связанные с редактированием жесткостей и материалов, работа с вариантами проектирования, создание конструктивных блоков, конструктивных элементов, унифицированных групп и крепления для прогибов.
- **Исходные данные** (рис.134) – операции, связанные с просмотром раскраски стержней расчетной схемы по степени возрастания исследуемого параметра (мозаики) согласно назначенным исходным данным для конструирования стальных элементов.
- **Расчет** (рис.135) – операции, связанные с расчетом стальных элементов, а также запуском локальных режимов.

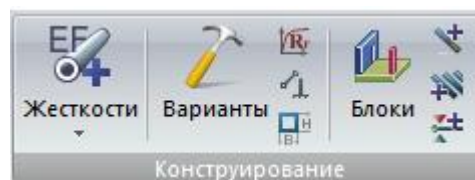


Рис. 133. Панель **Конструирование**

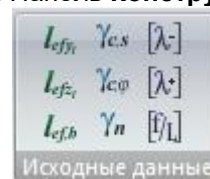


Рис. 134. Панель **Исходные данные**



Рис. 135. Панель **Расчет**

- **Результаты расчета по сечениям** (рис.136) – операции, связанные с просмотром раскраски стержней расчетной схемы по степени возрастания исследуемого параметра (мозаики) согласно результатам расчета (проверка или подбор) для указанных стальных элементов.



Рис. 136. Панель **Результаты расчета по сечениям**

- **Максимальные результаты по элементам** (рис.137) – операции, связанные с графическим отображением результатов проверки и подбора стальных сечений для элементов в целом, а также вызов диалогового окна для анализа подобранных сечений стальных конструкции входящих в основную схему или в состав суперэлемента.

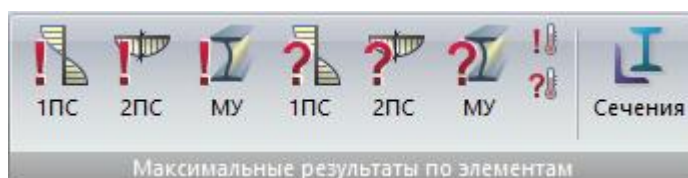


Рис. 137. Панель **Максимальные результаты по элементам**

- **Инструменты** (рис.138) – основные инструменты для настройки режима графического отображения схемы, функции по дополнительному анализу результатов, а также связаться с результатами стального расчета.

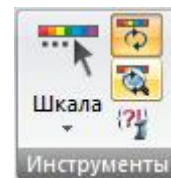


Рис. 138. Панель **Инструменты**

- **Таблицы** (рис.139) – вывод на экран численного представления результатов, а также запуск режимов для формирования отчета и пояснительной записки.

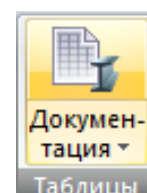


Рис. 139. Панель **Таблицы**

Панель **Конструирование** (рис.133) содержит следующие команды:

**Жесткости и материалы** – см. вкладку **Создание и редактирование**, панель **Жесткости и связи**, стр.28.

- **Варианты конструирования схемы** – см. вкладку **Создание и редактирование**, панель **Конструирование**, стр.29.
- **Материал** – вызов диалогового окна для задания параметров, характеризующие общие свойства стали;
- **Дополнительные характеристики** – вызов диалогового окна для задания конструктивных особенностей, необходимых для расчета элементов стальных конструкций;
- **Ограничения подбора** – вызов диалогового для задания необязательных параметров, необходимых для подбора сечения.
- **Конструктивные блоки** – см. вкладку **Создание и редактирование**, панель **Конструирование**, стр.30.
- **Конструктивные элементы** – см. вкладку **Создание и редактирование**, панель **Конструирование**, стр.30.

**Унификация элементов** – см. вкладку **Создание и редактирование**, панель **Конструирование**, стр.30.

**Расшить схему** – см. вкладку **Расширенное редактирование**, панель **Схема**, стр.36.

Панель **Исходные данные** (рис.134) содержит следующие команды:

$I_{efy1}$  – мозаика расчетных длин стальных ферм и колонн относительно оси Y1.

$I_{efz1}$  – мозаика расчетных длин стальных ферм и колонн относительно оси Z1.

$I_{ef,b}$  – мозаика расстояний между раскреплениями сжатого пояса стальных элементов.

$\gamma_{c,s}$  – мозаика коэффициентов условий работы при расчете на прочность стальных элементов.

$\gamma_{c,\phi}$  – мозаика коэффициентов условий работы на устойчивость стальных элементов.

$\gamma_n$  – мозаика коэффициентов по назначению здания или сооружения.

$[\lambda^-]$  – мозаика предельных гибкостей на сжатие стальных ферм и колонн.

$[\lambda^+]$  – мозаика предельных гибкости на растяжение стальных ферм и колонн.

$[f/L]$  – мозаика предельных прогибов стальных балок.

Панель **Расчет** (рис.135) содержит следующие команды:

**Стальной расчет** – вызов диалогового окна для запуска процесса подбора и/или проверки сечений стальных элементов расчетной схемы.

**Расчет стального элемента** (рис.140) – раскрывающийся список с заменой. Вызов модуля **СТК-САПР**, который позволяет выполнить подбор и/или проверку сечений стального элемента схемы (локальный режим) или стального элемента, не связанного со схемой (автономный режим):

- расчет стального элемента схемы;
- расчет нового элемента.

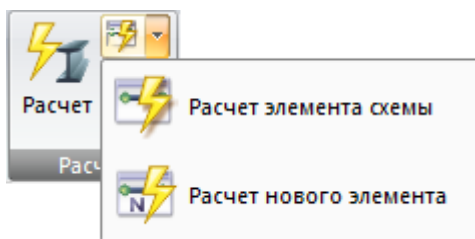


Рис. 140. Раскрывающийся список **Расчет элемента**

**Расчет узла схемы** (рис.141) – раскрывающийся список с заменой. Расчет узла стальных элементов схемы, новых и составных узлов.

- расчет стального узла схемы;
- расчет нового узла;
- составные узлы.

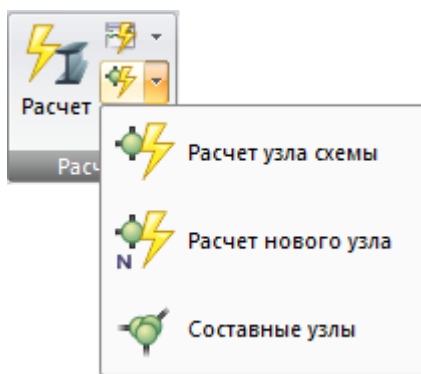


Рис. 141. Раскрывающийся список **Расчет узла**

**Выполнить расчет унифицированных РСУ (для всех вариантов конструирования)** – команда запускает расчет, в результате которого для элементов или конструктивных элементов, объединенных в унифицированные группы выполняется унификация РСУ. По результатам расчета формируются таблицы унифицированных усилий для всех вариантов конструирования (раздельно для каждого варианта).

**Панель Результаты расчета по сечениям** (рис.136) содержит следующие команды:

**Для всех типов элементов** – показывать мозаику результатов расчета стальных элементов всех типов: ферм, канатов, балок, колонн.

**Для ферм и канатов** – показывать мозаику результатов расчета стальных элементов стальных ферм и канатов.

**Для балок** – показывать мозаику результатов расчета стальных элементов балок.

**Для колонн** – показывать мозаику результатов расчета стальных элементов колонн.

**Во всех компонентах сквозного сечения, максимальный** – показывать мозаику максимального из результатов расчета всех компонентов сквозного сечения.

**В сквозном сечении, в целом** – показывать мозаику результатов расчета сквозного сечения как стержня в целом.

**В ветви сквозного сечения** – показывать мозаику результатов расчета ветви сквозного сечения.

**Во второй ветви** – показывать мозаику результатов расчета второй ветви несимметричного сквозного сечения.

**В раскосе** – показывать мозаику результатов расчета раскоса соединительной решетки сквозного сечения.

**В распорке** – показывать мозаику результатов расчета распорки соединительной решетки сквозного сечения.

**В планке** – показывать мозаику результатов расчета планки безраскосной соединительной решетки сквозного сечения.

**Показывать результаты** (рис.142) – раскрывающийся список. Выбор вида расчета стальных элементов для просмотра результатов.

**Проверка** – показывать результаты проверки поперечных сечений, назначенных в исходных данных.

**Подбор** – показывать результаты расчета в подобранных поперечных сечениях.

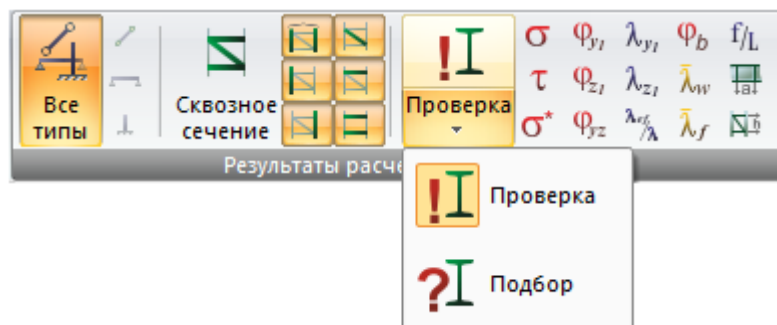


Рис. 142. Раскрывающийся список **Показывать результаты**

**Нормальные напряжения ( $\sigma$ )** – мозаика результатов расчета по нормальным напряжениям в стальных элементах, % несущей способности.

**Касательные напряжения ( $\tau$ )** – мозаика результатов расчета по касательным напряжениям в стальных элементах, % несущей способности.

**Приведенные напряжения ( $\sigma^*$ )** – мозаика результатов расчета по приведенным напряжениям в стальных элементах, % несущей способности.

**Устойчивость относительно Y1 ( $\varphi_{y1}$ )** – мозаика результатов расчета по устойчивости относительно Y1 в стальных элементах, % несущей способности.

**Устойчивость относительно Z1 ( $\varphi_{z1}$ )** – мозаика результатов расчета по устойчивости относительно Z1 в стальных элементах, % несущей способности.

**Устойчивость в двух плоскостях ( $\varphi_{yz}$ )** – мозаика результатов расчета по устойчивости в двух плоскостях в стальных элементах, % несущей способности.

**Гибкость относительно Y1 ( $\lambda_{y1}$ )** – мозаика результатов расчета по гибкости относительно Y1 в стальных элементах, % от предельной.

**Гибкость относительно Z1 ( $\lambda_{z1}$ )** – мозаика результатов расчета по гибкости относительно Z1 в стальных элементах, % от предельной.

**Соотношение гибкостей ( $\lambda_{ef}/\lambda$ )** – мозаика соотношений гибкости ветви к гибкости сквозного сечения в стальных элементах, %.

**Общая устойчивость балки ( $\varphi_b$ )** – мозаика результатов расчета по общей устойчивости стальных балок, % несущей способности.

**Устойчивость стенок ( $\lambda_w$ )** – мозаика результатов расчета устойчивости стенок в стальных элементах, % несущей способности.

**Устойчивость полок ( $\lambda_f$ )** – мозаика результатов расчета устойчивости полок в стальных элементах, % несущей способности.

**Относительный прогиб балки ( $f/L$ )** – мозаика результатов расчета стальных балок по прогибу, % от предельного.

**Шаг ребер** – мозаика шагов поперечных ребер жесткости.

**Шаг решетки** – мозаика шагов соединительной решетки.

Панель **Максимальные результаты по элементам** (рис.137) содержит следующие команды:

**Проверка, 1ПС** – раскраска стержней в соответствии со значениями процента использования назначенных сечений по прочности и общей устойчивости.

**Проверка, 2ПС** – раскраска стержней в соответствии со значениями процента использования назначенных сечений по прогибу и предельной гибкости.

**Проверка, МУ** – раскраска стержней в соответствии со значениями процента использования назначенных сечений по местной устойчивости их полки и стенки.

**Подбор, 1ПС** – раскраска стержней в соответствии со значениями процента использования подобранных сечений по прочности и общей устойчивости.

**Подбор, 2ПС** – раскраска стержней в соответствии со значениями процента использования подобранных сечений по прогибу и предельной гибкости.

**Подбор, МУ** – раскраска стержней в соответствии со значениями процента использования подобранных сечений по местной устойчивости их полки и стенки.

**Проверка, Тсг** – показывать мозаику результатов расчета огнестойкости стальных стержней с поперечными сечениями, назначенными в исходных данных. Одно значение на весь элемент.

**Подбор, Тсг** – показывать мозаику результатов расчета огнестойкости стальных стержней с подобранными поперечными сечениями. Одно значение на весь элемент.

**Подобранные сечения** – вызов диалогового окна для анализа подобранных сечений стальных конструкции входящих в основную схему или в состав суперэлемента.

Панель **Инструменты** (рис.138) содержит следующие команды:

**Шкала** – см. вкладку **Создание и редактирование**, панель **Инструменты**, стр.32.

**Обновление шкалы в режиме фрагментации** – см. вкладку **Создание и редактирование**, панель **Инструменты**, стр.32.

**Обновление шкалы в режиме масштабирования** – см. вкладку **Создание и редактирование**, панель **Инструменты**, стр.32.

**Связаться с результатами стального расчета** – восстановление связи графической среды с результатами проверки и подбора стальных сечений в режиме **Конструирования** (результаты читаются автоматически при открытии экрана визуализации результатов расчета).

**Документация** (рис.143) – раскрывающийся список с заменой, который содержит операции для формирования документации по текущей задаче, таблиц по результатам статического/динамического расчета, создание и компоновка чертежей с различными зафиксированными вариантами расчетной схемы и результатов расчета, формирование отчета или пояснительной записки.

- таблицы результатов для ЖБ;
- стандартные таблицы;
- интерактивные таблицы;
- ДОКУМЕНТАТОР;
- пояснительная записка;
- отчет (старый формат).

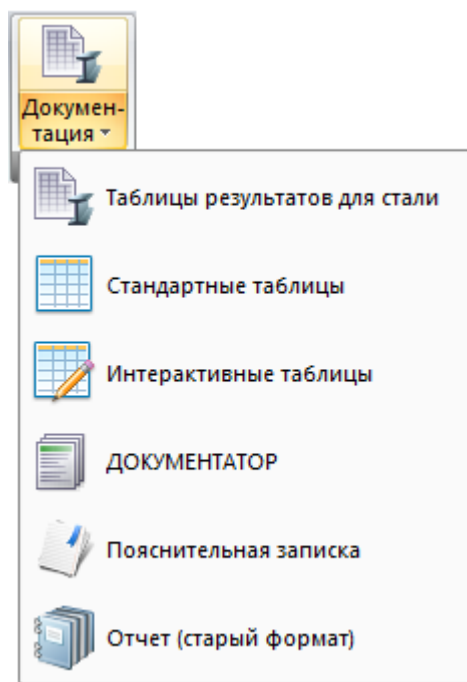


Рис.143. Раскрывающийся список **Документация**

## Вкладка Кирпич

Операции по заданию исходных данных для конструирования, проверка прочности кладки и подбор армирования, анализ результатов.

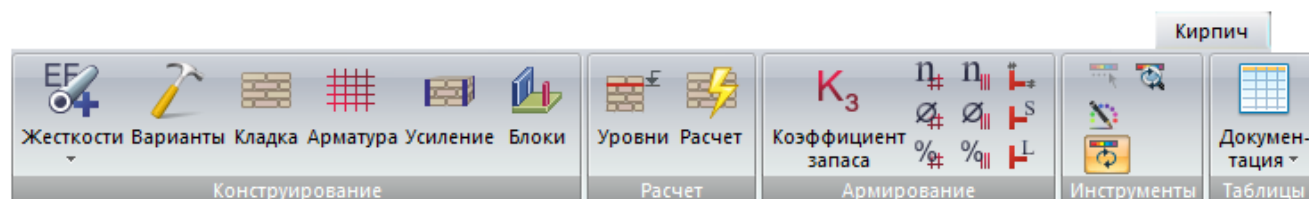


Рис. 144. Вкладка **Кирпич**

Вкладка **Кирпич** (рис.144) содержит следующие панели:

**Конструирование** (рис.145) – операции, связанные с редактированием жесткостей и материалов, работа с вариантами проектирования, создание конструктивных блоков.

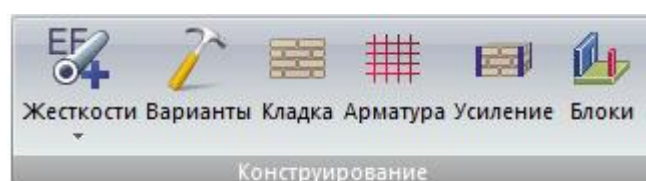


Рис. 145. Панель **Конструирование**

- **Расчет** (рис. 146) – операции, связанные с редактированием расчетных уровней и расчет элементов из кладки.

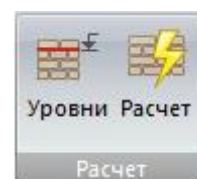


Рис. 146. Панель **Расчет**

- **Армирование** (рис.147) – графическое отображение результатов проверки прочности кладки и подбора арматуры в элементах из кладки, а также характеристик расчетных групп простенков.

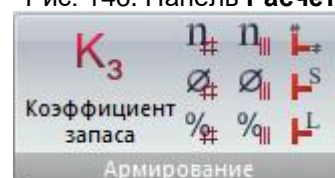


Рис. 147. Панель **Армирование**

- **Инструменты** (рис.148) – основные инструменты для настройки режима графического отображения схемы, функции по дополнительному анализу результатов, а также связаться с результатами стального расчета.



Рис. 148. Панель **Инструменты**

- **Таблицы** (рис.149) – вывод на экран численного представления результатов, а также запуск режимов для формирования отчета и пояснительной записки.

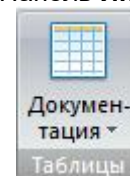


Рис. 149. Панель **Таблицы**

Панель **Конструирование** (рис.145) содержит следующие команды:

**Жесткости и материалы** – см. вкладку **Создание и редактирование**, панель **Жесткости и связи**, стр.27.

**Варианты конструирования схемы** – см. вкладку **Создание и редактирование**, панель **Конструирование**, стр.29.

**Кладка** – вызов диалогового окна для задания параметров, характеризующие свойства каменной кладки.

**Арматура** – вызов диалогового окна для задания параметров, характеризующие свойства арматуры.

**Усиление** – вызов диалогового для задания параметров, характеризующие свойства внешнего усиления простенков.

**Конструктивные блоки** – см. вкладку **Создание и редактирование**, панель **Конструирование**, стр.30.

Панель **Расчет** (рис.146) содержит следующие команды:

**Расчетные уровни кладки** – вызов диалогового окна для назначения и редактирования расчетных уровней кладки. Объединение участков стен в группы для формирования расчетных сечений.

**Расчет простенков** – расчет элементов из кладки для текущего варианта конструирования. В качестве расчетного сечения элемента рассматривается назначенная группа – часть стены (простенок) в заданном расчетном уровне.

Панель **Армирование** (рис.147) содержит следующие команды:

**Коэффициент запаса** – мозаика коэффициентов запаса прочности кладки, вычисленных в расчетных уровнях кладки для простенков/групп.

**Количество рядов кладки для установки сеток** – мозаика расчетного количества рядов кладки для установки сеток в простенках/группах.

**Диаметр армирования сетками** – мозаика расчетных диаметров стержней сеток для простенков.

**Процент армирования сетками** – мозаика расчетных процентов армирования простенков сетками.

**Количество вертикальных стержней** – мозаика расчетного количества вертикальных стержней для простенков/групп. Расчетное положение этих стержней – в торцах группы (для сложных форм рассматривается приведенное прямоугольное сечение).

**Диаметр вертикальных стержней** – мозаика расчетных диаметров вертикальных стержней для простенков.

**Процент вертикального армирования** – мозаика расчетных процентов армирования простенков вертикальными стержнями.

**Толщина простенков** – мозаика толщин простенков.

**Площадь простенков** – мозаика площадей сечений простенков.

**Длина участков** – мозаика суммарных длин участков, входящих в группы.

Панель **Инструменты** (рис.138) содержит следующие команды:

**Параметры шкалы** – управление градуировкой и цветовой настройки мозаик и изополей исходных данных расчетной схемы, результатов проверки сечений из кладки.

**Цвета** – вызов диалогового для настройки цветов графического отображения объектов схемы, выбор файла цветовых установок.

**Обновление шкалы в режиме фрагментации** – см. вкладку **Создание и редактирование**, панель **Инструменты**, стр.32.

**Обновление шкалы в режиме масштабирования** – см. вкладку **Создание и редактирование**, панель **Инструменты**, стр.32.

**Документация** (рис.150) – раскрывающийся список с заменой, который содержит операции для формирования документации по текущей задаче, таблиц по результатам статического/динамического расчета, создание и компоновка чертежей с различными зафиксированными вариантами расчетной схемы и результатов расчета, формирование отчета или пояснительной записки.

- таблицы результатов для ЖБ;
- стандартные таблицы;
- интерактивные таблицы;
- ДОКУМЕНТАТОР;
- пояснительная записка;
- отчет (старый формат).

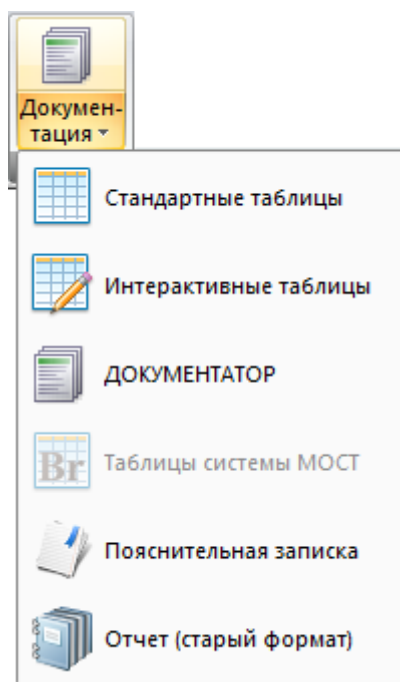


Рис. 150. Раскрывающийся список **Документация**

### Контекстная вкладка **Работа с узлами**

Операции, применимые к узлам схемы, активируется при отметке узлов. Контекстная вкладка содержит команды только по созданию и редактированию схемы и не может быть вызвана из вкладок **Анализ**, **Расширенный анализ**, **Железобетон**, **Сталь**, **Кирпич**.

Контекстная вкладка **Работа с узлами** (рис. 151) содержит следующую панель:

- **Редактирование узлов** (рис. 152) – операции по назначению и редактированию свойств узлов схемы.

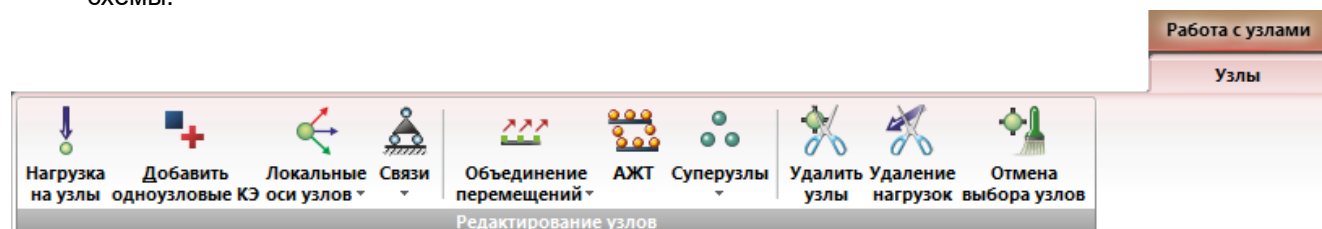


Рис. 151. Контекстная вкладка **Работа с узлами**

Панель **Редактирование узлов** (рис. 152) содержит следующие команды:

**Нагрузка на узлы** – назначение нагрузки на отмеченные узлы схемы.

**Добавить одноузловые КЭ** – вызов диалогового окна **Добавить узел** на закладке создания одноузловых КЭ.

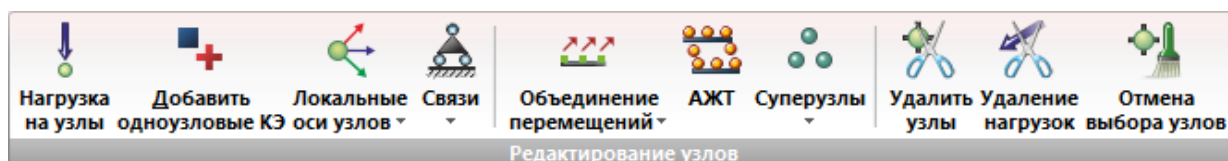


Рис. 152. Панель **Редактирование узлов**

**Локальные оси узлов** (рис. 153) – раскрывающийся список, который содержит операции по формированию локальной системы координат узла:

- локальные оси узлов;
- удалить локальные оси узлов.

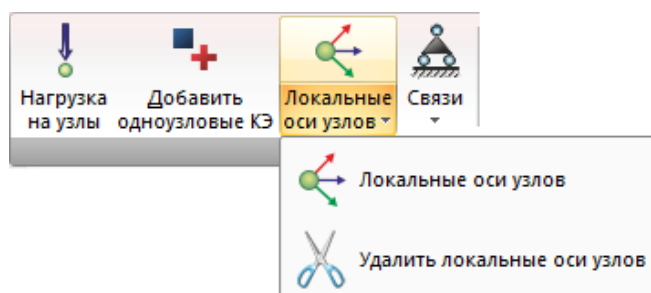


Рис. 153. Раскрывающийся список **Локальные оси узлов**

**Связи** – см. вкладку **Создание и редактирование**, панель **Жесткости и связи**, стр.28

**Объединение перемещений** – см. вкладку **Создание и редактирование**, панель **Жесткости и связи**, стр.28

**АЖТ** (абсолютно жесткое тело) – см. вкладку **Создание и редактирование**, панель **Жесткости и связи**, стр.28

**Суперузлы** (рис.154) – раскрывающийся список, который содержит команды по назначению узлам схемы или отмене статуса суперузлов.

- суперузлы;
- отменить суперузлы.

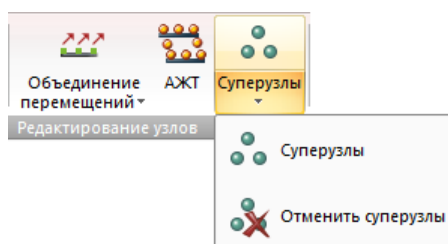


Рис. 154. Раскрывающийся список **Суперузлы**

**Удалить узлы** – удаление выделенных узлов из расчетной схемы.

**Удаление нагрузок** – удаление нагрузок только с узлов схемы.

**Отмена выбора узлов** – отмена выделения узлов и закрытие контекстной вкладки **Работа с узлами**.

### Контекстная вкладка **Работа со стержнями**

Операции, применимые только к стержням схемы, активируется при отметке стержней. Контекстная вкладка содержит команды только по созданию и редактированию схемы и не может быть вызвана из вкладок **Анализ**, **Расширенный анализ**, **Конструирование**.

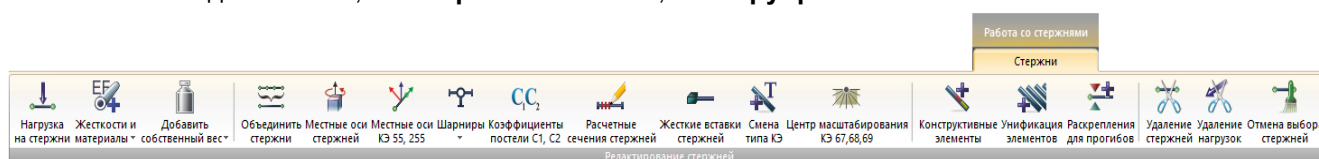


Рис. 155. Контекстная вкладка **Работа со стержнями**

Контекстная вкладка **Работа со стержнями** (рис.155) содержит следующую панель:

- **Редактирование стержней** (рис. 156) – операции по назначению и редактированию свойств стержневых элементов схемы.

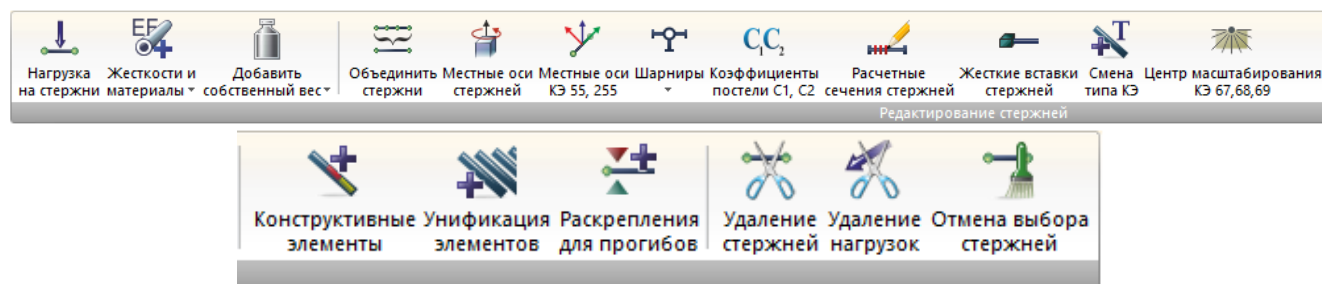


Рис. 156. Панель **Редактирование стержней**

Панель **Редактирование стержней** (рис.156) содержит следующие команды:

**Нагрузка на стержни** – назначение нагрузки на отмеченные стержневые элементы схемы.

**Жесткости и материалы** (рис.157) – раскрывающийся список, который содержит операции по выбору требуемых типов (параметров) жесткости из библиотеки жесткостных характеристик, назначение расчетных и нормативных характеристик для материалов и присвоения их конечным элементам схемы.

- жесткости;
- железобетон;
- сталь;
- заданное армирование.

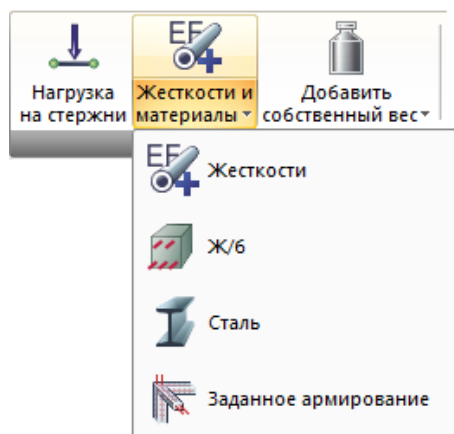


Рис.157. Раскрывающийся список **Жесткости и материалы**

**Добавить собственный вес** – см. вкладку **Создание и редактирование**, панель **Нагрузки**, стр.30

**Объединить стержни** – вызов диалогового окна для объединения отмеченных на схеме стержней в один стержень.

**Местные оси стержней** – вызов диалогового окна для задания угла чистого вращения стержней.

**Шарниры** (рис. 158) – раскрывающийся список, который содержит операции по заданию или удалению шарниров в начале или в конце стержня.

- задать шарниры;
- удалить шарниры.

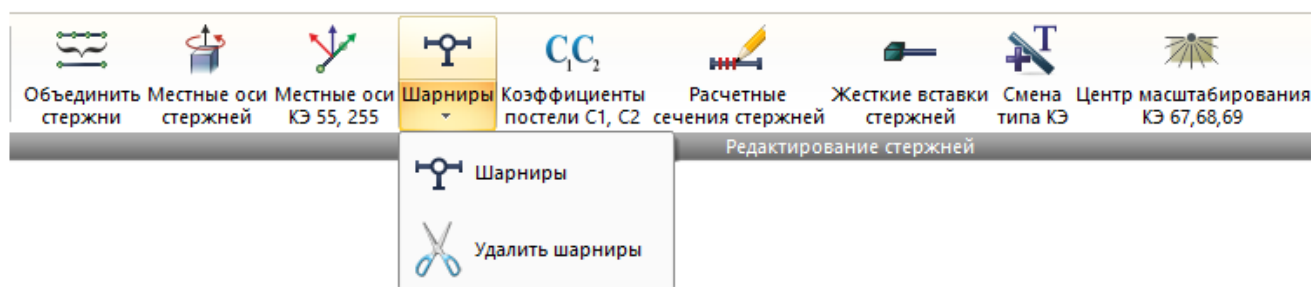


Рис. 158. Раскрывающийся список Шарниры

**Коэффициенты постели C1, C2** – см. вкладку **Создание и редактирование**, панель **Жесткости и связи**, стр.29.

**Расчетные сечения стержней** – вызов диалогового окна для указания количества сечений стержневых элементов, в которых вычисляются усилия и напряжения (по умолчанию оно равно двум - в начале и в конце стержня).

**Жесткие вставки стержней** – раскрывающийся список, который содержит операции по заданию и удалению жестких вставок в начале (1-й узел) и/или в конце (2-ой узел) стержня.

**Смена типа КЭ** – см. вкладку **Расширенное редактирование**, панель **Схема**, стр.36 .

**Центр масштабирования КЭ 67, 68, 69** – вызов диалогового окна для задания группе КЭ 67 или КЭ 68, КЭ 69 центра масштабирования. Центр масштабирования О – это координаты самой высокой и горизонтально равноудаленной точки от всей группы КЭ 67 или КЭ 68, 69.

**Конструктивные элементы** – см. вкладку **Создание и редактирование**, панель **Конструирование**, стр.30 .

**Унификация элементов** – см. вкладку **Создание и редактирование**, панель **Конструирование**, стр.30 .

**Раскрепления для прогибов** – см. вкладку **Создание и редактирование**, панель **Конструирование**, стр.30 .

**Удаление стержней** – удаление выделенных стержней из расчетной схемы.

**Удаление нагрузок** – удаление нагрузок только со стержней схемы.

**Отмена выбора стержней** – отмена выделения стержней и закрытие контекстной вкладки **Работа со стержнями**.

### Контекстная вкладка Работа с пластинами

Операции, применимые только к пластинам схемы, активируется при отметке пластин. Контекстная вкладка содержит команды только по созданию и редактированию схемы и не может быть вызвана из вкладок **Анализ**, **Расширенный анализ**, **Конструирование**.

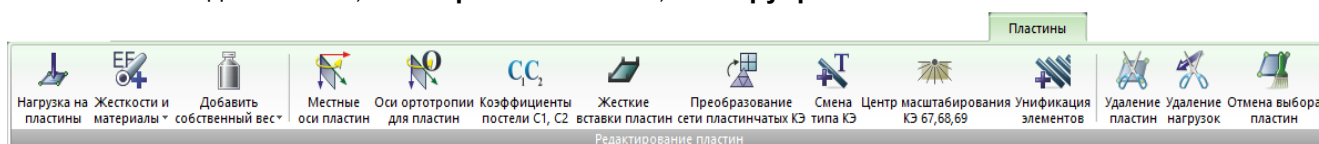


Рис.159. Контекстная вкладка Работа с пластинами

Контекстная вкладка **Работа с пластинами** (рис. 159) содержит следующую панель:

- **Редактирование пластин** (рис.160) – операции по назначению и редактированию свойств пластинчатых элементов схемы.

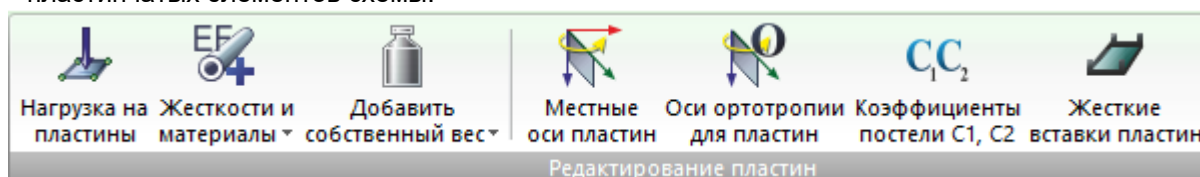
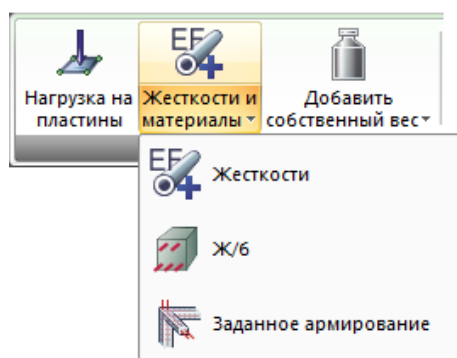


Рис.160. Панель Редактирование пластин

Панель **Редактирование пластин** (рис.160) содержит следующие команды:

**Нагрузка на пластины** – назначение нагрузки на отмеченные пластинчатые элементы схемы.



**Жесткости и материалы** (рис.161) – раскрывающийся список, который содержит операции по выбору требуемых типов (параметров) жесткости из библиотеки жесткостных характеристик, назначение расчетных и нормативных характеристик для материалов и присвоения их конечным элементам схемы.

- жесткости;
- железобетон;
- заданное армирование.

Рис.161. Раскрывающийся список **Жесткости и материалы**

**Добавить собственный вес** – см. вкладку **Создание и редактирование**, панель **Нагрузки**, стр.31

**Местные оси пластин** – применение этой команды приводит к единообразной ориентации местных осей в предварительно отмеченных конечных элементах пластин - балки-стенки, плиты и оболочки.

**Оси ортотропии для пластин** – вызов диалогового окна для задания направления главных осей ортотропии в КЭ пластин относительно заданных местных осей КЭ.

**Коэффициенты постели C1, C2** – см. вкладку **Создание и редактирование**, панель **Жесткости и связи**, стр. 29.

**Жесткие вставки пластин** – вызов диалогового окна для задания размеров жестких вставок в КЭ пластин по направлению местной оси Z1 конечного элемента.

**Преобразование сети пластинчатых КЭ** – см. вкладку **Создание и редактирование**, панель **Редактирование**, стр.27.

**Смена типа КЭ** – см. вкладку **Расширенное редактирование**, панель **Схема**, стр.36.

**Центр масштабирования КЭ 67, 68, 69** – вызов диалогового окна для задания группе КЭ 67 или КЭ 68, КЭ 69 центра масштабирования. Центр масштабирования О – это координаты самой высокой и горизонтально равноудаленной точки от всей группы КЭ 67 или КЭ 68, 69.

**Унификация элементов** – см. вкладку **Создание и редактирование**, панель **Конструирование**, стр. 30.

**Удаление пластин** – удаление выделенных пластин из расчетной схемы.

**Удаление нагрузок** – удаление нагрузок только с пластин схемы.

**Отмена выбора пластин** – отмена выделения пластин и закрытие контекстной вкладки **Работа с пластинами**.

## Панель инструментов Выбор

Операции, позволяющие отмечать различные узлы и элементы схемы для последующего выполнения над ними каких-либо действий (удаление, назначение жесткости, приложение нагрузок и т.д.). А также операции по отображению фрагмента расчетной схемы на экране путем фрагментации схемы или ее масштабирования.



Рис. 162. Панель инструментов **Выбор**

Панель инструментов **Выбор** (рис.162) может видоизменяться в зависимости от добавляемых или удаляемых пользователем команд. По умолчанию, данная панель инструментов содержит следующие команды:

**Полигональная отметка** – отметка узлов и элементов путем их обведения многоугольным контуром.

**Отметка узлов** (рис.163) – раскрывающийся список с заменой, который содержит операции по отметке узлов расчетной схемы одним из способов:

- отметка узлов;
- отметить совпадающие узлы.

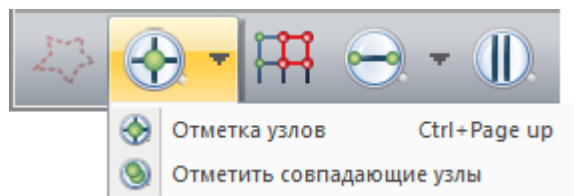


Рис. 163. Раскрывающийся список **Отметка узлов**

**Отметить узлы, принадлежащие отмеченным элементам** – автоматическая отметка узлов, принадлежащих ранее отмеченным элементам.

**Отметка элементов** (рис.164) – раскрывающийся список с заменой, который содержит операции по отметке элементов расчетной схемы одним из способов:

- отметка элементов;
- отметить совпадающие элементы.

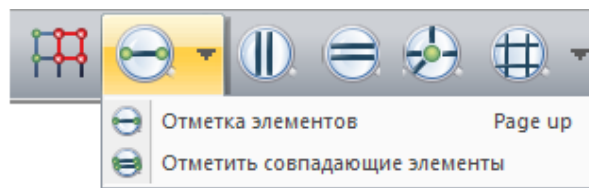


Рис. 164. Раскрывающийся список **Отметка элементов**

**Отметка вертикальных стержней** – отметка вертикальных стержней на схеме одиночным указанием курсора или обведением нужных стержней прямоугольной рамкой.

**Отметка горизонтальных стержней** – отметка горизонтальных стержней на схеме одиночным указанием курсора или обведением нужных стержней прямоугольной рамкой.

**Отметить элементы, примыкающие к отмеченным узлам** – автоматическая отметка элементов, примыкающих к ранее отмеченным узлам.

**Отметка блока** (рис.165) – раскрывающийся список с заменой, который содержит операции по отметке фрагмента схемы или всей схемы, если им был ранее присвоен статус блока, в том числе конструктивного блока (КоБ), одиночным указанием курсора на любой элемент блока:

- отметка блока;
- отметить блока с узлами.



Рис. 165. Раскрывающийся список **Отметка блока**

**Отметка элементов с одинаковыми свойствами** (рис.166) – раскрывающийся список с заменой, который содержит операции по отметке элементов, имеющих такие же свойства как элемент, указанный на схеме курсором:

- отметка по жесткости;
- отметка по типу заданного армирования.



Рис. 166. Раскрывающийся список **Отметка элементов с одинаковыми свойствами**

**Отметка конструктивного элемента** (рис.167) – раскрывающийся список с заменой, который содержит операции по отметке конструктивных и унифицированных элементов расчетной схемы.

- отметка конструктивного элемента;
- отметка унифицированной группы элементов;
- отметка унифицированной группы конструктивных элементов.



Рис. 167. Раскрывающийся список **Отметка конструктивного элемента**

**Конструктивные блоки** – см. вкладку **Создание и редактирование**, панель **Конструирование**, стр.30.

**ПолиФильтр** – вызов диалогового окна, предназначенного для управления отображением расчетной схемы с учетом свойств составляющих ее объектов. В этом окне находятся все функции выбора и отметки однотипных объектов схемы, над которыми предполагается производить какие-либо операции.

**Инверсия выбора** – отмена сделанной ранее отметки узлов и элементов и наоборот, отметка не отмеченных ранее узлов и элементов.

**Предыдущая отметка** – возврат к последнему выделению узлов и элементов.

**Отмена выделения или изорежима** – отмена сделанной ранее отметки узлов и элементов или, если ни один элемент не был отмечен, отмена изорежима.

**Фрагментация** – отображение на экране только заранее отмеченных узлов и элементов схемы.

**Фрагментация на проекцию** – отображение на экране только заранее отмеченных узлов и элементов схемы, находящихся в одной плоскости, в проекции на эту плоскость.

**Инверсная фрагментация** – отображение на экране только неотмеченных узлов и элементов схемы.

**Предыдущий фрагмент** – возврат к отображению на экране последних фрагментированных или инверсно фрагментированных элементов схемы.

**Восстановление конструкции** – восстановление расчетной схемы конструкции в первоначальном виде после операции.

**Местоположение фрагмента** – вызов окна (навигатора), в котором на полном изображении схемы выделен рассматриваемый фрагмент.

**Увеличить** – увеличение изображения расчетной схемы

**Исходный размер** – восстановление исходного размера расчетной схемы после выполнения операции **Увеличить** и размещение ее с наиболее рациональным использованием площади рабочего окна.

**Информация об узле или элементе** – вызов диалогового окна с информацией об узлах и элементах схемы и их атрибутах.

**Информация о размерах** (рис.168) – раскрывающийся список с заменой, который содержит операции для вычисления геометрических параметров схемы – расстояний между двумя узлами, углов, площадей плоских фигур, сумм длин стержней, площадей пластин и объема объемных КЭ:



Рис. 168. Раскрывающийся список **Информация о размерах**

- информация о длинах – вычисление расстояния между двумя узлами схемы;
- информация об углах – вычисление угла путем указывания трех узлов схемы;
- информация о площадях – вычисление площади фигуры путем последовательного указывания узлов, являющихся ее вершинами.
- информация для отмеченных – вычисление суммарной длины отмеченных стержней, суммарной площади отмеченных пластин, суммарного объема отмеченных объемных КЭ.

**Перерисовать** – перерисовка схемы в случае необходимости.

**Флаги рисования** – установка флагов рисования. Выбор информации, изображаемой непосредственно на схеме, а также установка опций отображения схемы.

## Панель инструментов Проекция

Операции, позволяющие представлять расчетную схему на экране различными способами.

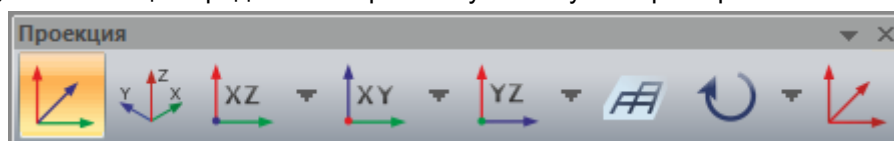


Рис. 169. Панель инструментов **Проекция**

Панель инструментов **Проекция** (рис.169) может видоизменяться в зависимости от добавляемых или удаляемых пользователем команд. По умолчанию, данная панель инструментов содержит следующие команды:

**Диметрическая проекция** – представление расчетной схемы в диметрической фронтальной проекции.

**Изометрическая проекция** – представление расчетной схемы в изометрической проекции, где оси образуют между собой углы в  $120^\circ$ , пользователь смотрит на схему как бы из начала системы координат.

**Проекция XOZ** (рис.170) – раскрывающийся список с заменой, который содержит команды по представлению расчетной схемы в проекции на плоскость XOZ.

- проекция XOZ (+);
- проекция XOZ (-).

**Проекция XOY** (рис.171) – раскрывающийся список с заменой, который содержит команды по представлению расчетной схемы в проекции на плоскость XOY.

- проекция XOY (+);
- проекция XOY (-).

**Проекция YOZ** (рис.172) – раскрывающийся список с заменой, который содержит команды по представлению расчетной схемы в проекции на плоскость YOZ.

- проекция YOZ (+);
- проекция YOZ (-).

**Поворот** (рис.173) – раскрывающийся список с заменой, который содержит команды для поворота расчетной схемы:

- положительный поворот вокруг оси X;
- положительный поворот вокруг оси Y;
- положительный поворот вокруг оси Z;
- отрицательный поворот вокруг оси X;
- отрицательный поворот вокруг оси Y;
- отрицательный поворот вокруг оси Z;
- начальное положение;
- изменение угла поворота.

**Начальное положение** – восстановление начального положения схемы после выполнения операций поворота.

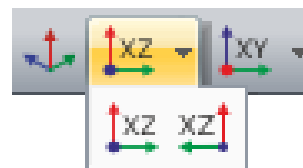


Рис. 170. Раскрывающийся список  
**Проекция на плоскость XOZ**

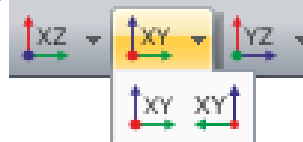


Рис. 171. Раскрывающийся список  
**Проекция на плоскость XOY**

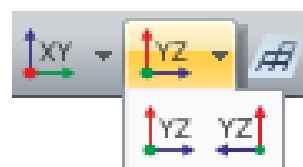


Рис. 172. Раскрывающийся список  
**Проекция на плоскость YOZ**

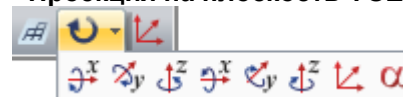


Рис. 173. Раскрывающийся список  
**Поворот**

## Панель инструментов Проекция 2

Операции для быстрой навигации в расчетной схеме.

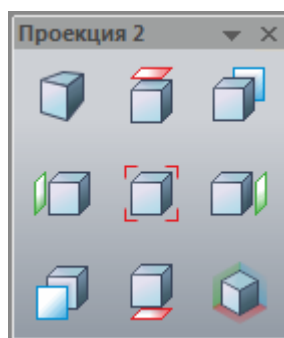


Рис. 174. Панель инструментов **Проекция 2**

Панель инструментов **Проекция 2** (рис.174) может видоизменяться в зависимости от добавляемых или удаляемых пользователем команд. По умолчанию, данная панель инструментов содержит следующие команды:

- изометрическая проекция;
- вид сверху;
- вид сзади;
- вид слева;
- показать все – отображение расчетной схемы на экране в исходном размере после выполнения операции **Увеличить** и размещение ее с наиболее рациональным использованием рабочего пространства;
- вид справа;
- вид спереди;
- вид снизу;
- исходный вид – отображение расчетной схемы на экране в изометрической проекции, а также в исходном размере после выполнения операции **Увеличить** и размещение ее с наиболее рациональным использованием площади рабочего окна.

## Структура обучающих примеров

Руководство пользователя содержит серию примеров, предназначенных для освоения приемов работы с программным комплексом ЛИРА-САПР® с ленточным видом интерфейса.

Примеры подобраны таким образом, чтобы пользователь мог в дальнейшем самостоятельно решать стоящие перед ним задачи.

Для облегчения восприятия и простоты усвоения в каждом из примеров **материал излагается по этапам**. Рассматриваются **поэтапные техники**, используемые при;

- формировании расчетных схем и их атрибутов;
- анализе результатов расчета;
- автоматизированном проектировании железобетонных и стальных конструкций.

Каждый пример снабжен необходимыми комментариями, поясняющими те или иные особенности структуры исходных данных и принятых алгоритмов расчета.

В данном руководстве пользователя приведены следующие обучающие примеры для ПК ЛИРА-САПР® версии 2018:

**Пример 1. Расчет плоской рамы**

**Пример 2. Расчет плиты**

**Пример 3. Расчет рамы промышленного здания**

**Пример 4. Расчет пространственного каркаса здания с фундаментной плитой на упругом основании**

**Пример 5. Расчет металлической башни**

**Пример 6. Расчет цилиндрического резервуара**

**Пример 1. Расчет плоской рамы****Цели и задачи:**

- составить расчетную схему плоской рамы;
- показать процедуру использования вариантов конструирования;
- заполнить таблицы редактора загружений и РСУ;
- подобрать арматуру для элементов рамы;
- законструировать неразрезную балку;
- законструировать колонну.

**Исходные данные:**

Схема рамы и ее закрепление показаны на рис.1.1.

Сечения элементов рамы показаны на рис.1.2.

Материал рамы – железобетон В30.

**Нагрузки:**

- постоянная равномерно распределенная  $g_1 = 2$  т/м;
- постоянная равномерно распределенная  $g_2 = 1.5$  т/м;
- постоянная равномерно распределенная  $g_3 = 3$  т/м;
- временная длительная равномерно распределенная  $g_4 = 4.67$  т/м;
- временная длительная равномерно распределенная  $g_5 = 2$  т/м;
- ветровая (слева)  $P_1 = -1$  т;
- ветровая (слева)  $P_2 = -1.5$  т;
- ветровая (слева)  $P_3 = -0.75$  т;
- ветровая (слева)  $P_4 = -1.125$  т;
- ветровая (справа)  $P_1 = 1$  т;
- ветровая (справа)  $P_2 = 1.5$  т;
- ветровая (справа)  $P_3 = 0.75$  т;
- ветровая (справа)  $P_4 = 1.125$  т.

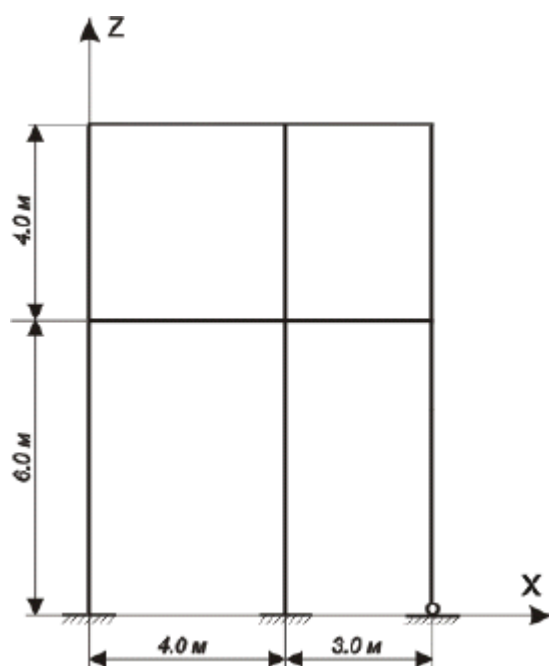


Рис.1.1. Схема рамы

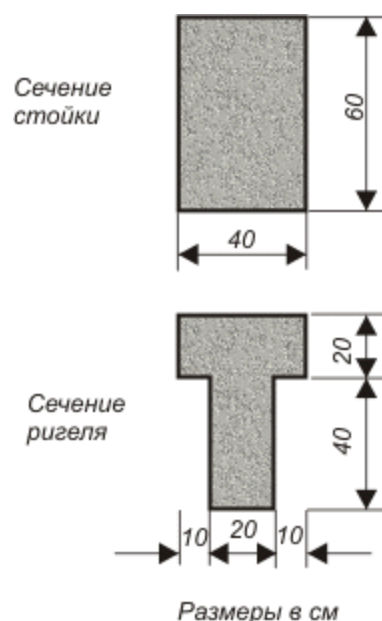


Рис.1.2. Сечения элементов рамы

Расчет произвести в четырех загрузениях, показанных на рис.1.3.

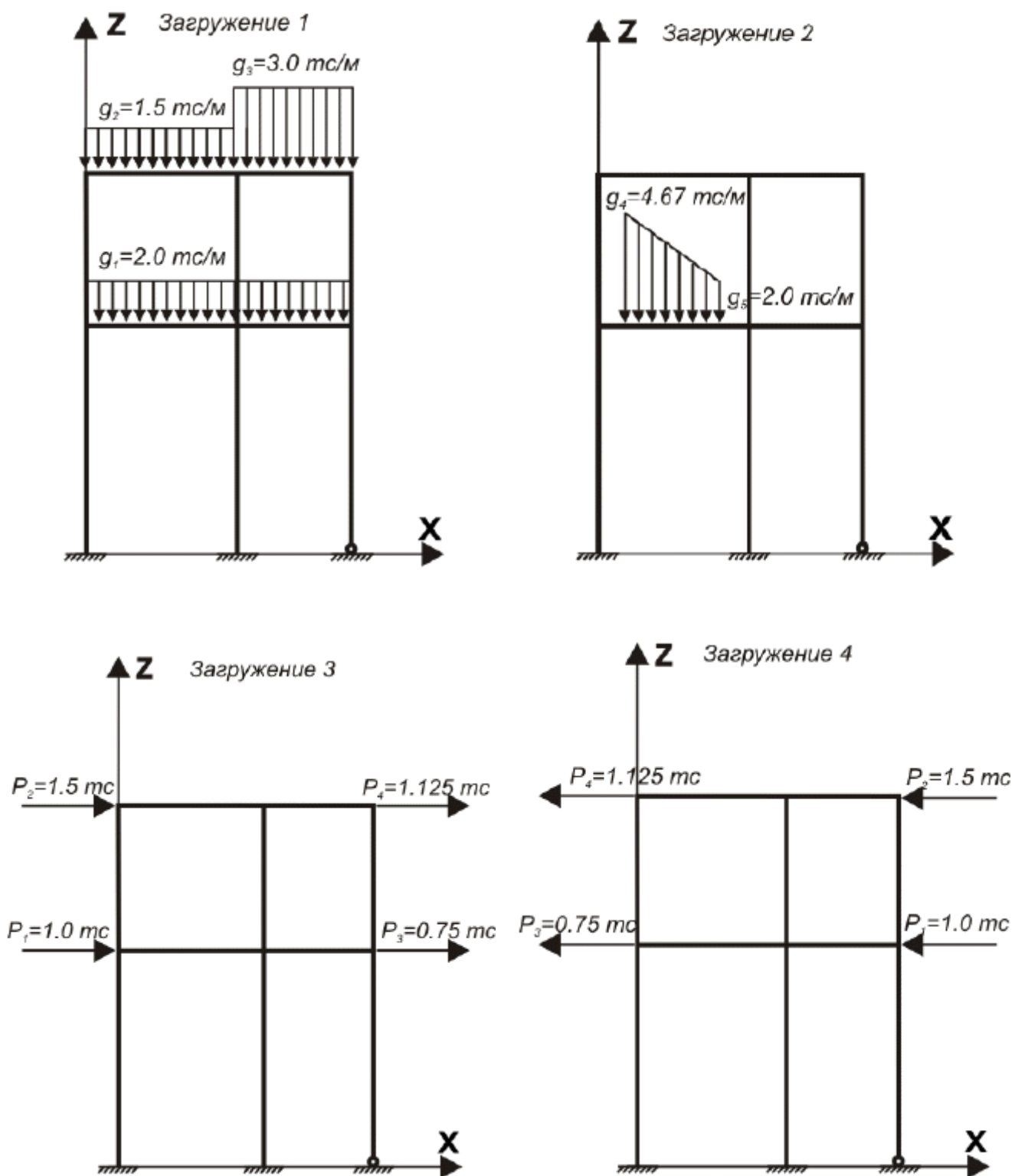



Рис.1.3. Схемы загрузений рамы

Для того чтобы начать работу с ПК ЛИРА-САПР®, выполните следующую команду Windows:

Пуск ⇒ Программы (Все программы) ⇒ LIRA SAPR ⇒ ЛИРА-САПР 2018 ⇒ ЛИРА-САПР 2018.

## Этап 1. Создание новой задачи

Для создания новой задачи откройте меню **Приложения** и выберите пункт **Новый** (кнопка  на панели быстрого доступа). В появившемся диалоговом окне **Описание схемы** (рис.1.4) задайте следующие параметры:

- имя создаваемой задачи – **Пример1**;
- в раскрывающемся списке **Признак схемы** выберите строку **2 – Три степени свободы в узле (перемещения X,Z,Uy) X0Z**.

После этого щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

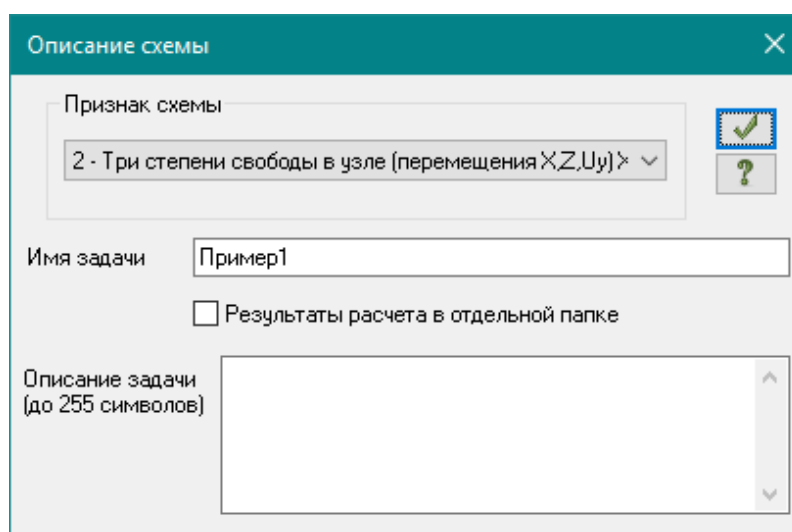



Рис.1.4. Диалоговое окно **Описание схемы**



Диалоговое окно **Описание схемы** также можно открыть с уже выбранным признаком схемы. Для этого в меню **Приложения** в раскрывающемся списке пункта **Новый** выберите команду



**2 – Второй признак схемы (Три степени свободы в узле)** или на панели быстрого

доступа в раскрывающемся списке **Новый** выберите команду  **2 – Второй признак схемы (Три степени свободы в узле)**. После этого нужно задать только имя задачи.

Установка флажка **Результаты расчета в отдельной папке** в диалоговом окне **Описание схемы** дает возможность сохранять все результаты расчета для конкретной задачи в отдельной папке с именем, которое совпадает с именем задачи. Данная папка создается в каталоге хранения результатов расчета. Это удобно в том случае, если нужно найти результаты расчета для конкретной задачи и последующей передаче файлов результатов расчета или просмотра и анализа этих файлов с помощью проводника или других файловых менеджеров.

**Признак 1** – схемы, располагаемые в плоскости XOZ; каждый узел имеет 2 степени свободы – линейные перемещения вдоль осей X, Z. В этом признаке схемы рассчитываются плоские фермы и балки-стенки.

**Признак 2** – схемы, располагаемые в плоскости XOZ; каждый узел имеет 3 степени свободы – линейные перемещения вдоль осей X, Z и поворот вокруг оси Y. В этом признаке схемы рассчитываются плоские рамы и допускается включение элементов ферм и балок-стенок.


**Признак 3** – схемы, располагаемые в плоскости XOY; каждый узел имеет 3 степени свободы – линейное перемещение вдоль оси Z и повороты вокруг осей X, Y. В этом признаке рассчитываются балочные ростверки и плиты, допускается учет упругого основания.

**Признак 4** – пространственные схемы, каждый узел которых имеет 3 степени свободы – линейные перемещения вдоль осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ . В этом признаке рассчитываются пространственные фермы и объемные тела.

**Признак 5** – пространственные схемы общего вида с 6 степенями свободы в узле. В этом признаке схемы рассчитываются пространственные каркасы, оболочки и допускается включение объемных тел, учет упругого основания и т.п.

**Признак 6** – пространственные схемы общего вида с 7 степенями свободы в узле. То же что и Признак 5, но с дополнительной степенью свободы  $W$  – деформация сечения стержня.


## Этап 2. Создание геометрической схемы рамы

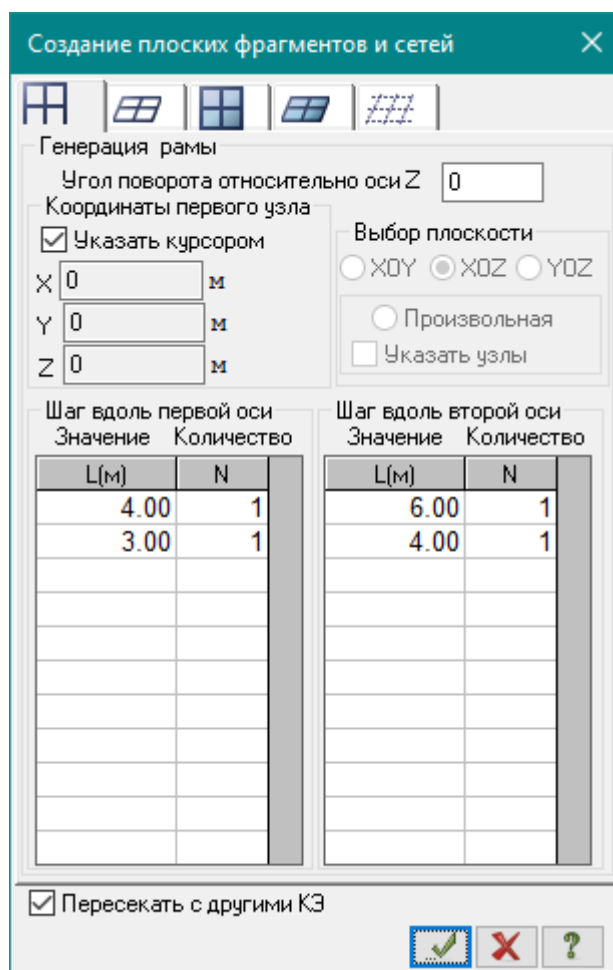
Вызовите диалоговое окно **Создание плоских фрагментов и сетей** щелчком по кнопке  – **Генерация регулярных фрагментов** (панель **Создание** на вкладке **Создание и редактирование**). В этом диалоговом окне задайте:

- Шаг вдоль первой оси: Шаг вдоль второй оси:

L(м)	N	L(м)	N
4	1	6	1
3	1	4	1

- Остальные параметры принимаются по умолчанию (рис.1.5).

После этого щелкните по кнопке  – **Применить**.



**Создание плоских фрагментов и сетей**

Генерация рамы  
Угол поворота относительно оси Z: 0

Координаты первого узла  
☒ Указать курсором  
X: 0 м  
Y: 0 м  
Z: 0 м

Выбор плоскости  
☐ XOY ☒ XOZ ☐ YOZ  
☐ Произвольная  
☐ Указать узлы

Шаг вдоль первой оси  
Значение Количество

L(м)	N
4.00	1
3.00	1

Шаг вдоль второй оси  
Значение Количество

L(м)	N
6.00	1
4.00	1

☒ Пересекать с другими КЭ




  

Рис.1.5. Диалоговое окно **Создание плоских фрагментов и сетей**

### Сохранение информации о расчетной схеме

Для сохранения информации о расчетной схеме откройте меню **Приложения** и выберите пункт



**Сохранить** (кнопка на панели быстрого доступа). В появившемся диалоговом окне **Сохранить как** задайте:

- имя задачи – **Пример1**;
- папку, в которую будет сохранена эта задача (по умолчанию выбирается папка – **Data**).


Щелкните по кнопке **Сохранить**.

### **Этап 3. Задание граничных условий**

#### Вывод на экран номеров узлов и элементов



Щелкните по кнопке – **Флаги рисования** на панели инструментов **Панель выбора** (по умолчанию находится в нижней области рабочего окна). В диалоговом окне **Показать** при активной закладке **Элементы** установите флажок **Номера элементов**. После этого перейдите на вторую закладку

**Узлы** и установите флажок **Номера узлов**. Щелкните по кнопке  – **Перерисовать**.

На рис.1.6 представлена полученная схема.

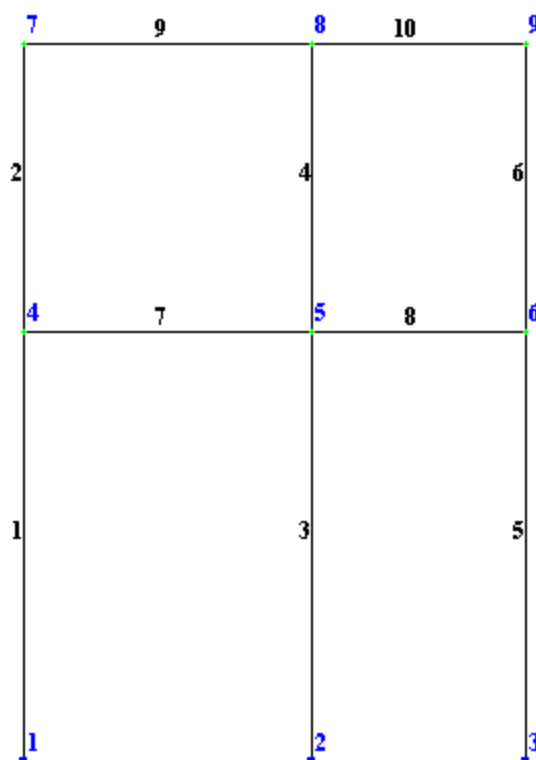


Рис.1.6. Нумерация узлов и элементов расчетной схемы

#### Выделение узлов № 1 и 2



Щелкните по кнопке – **Отметка узлов** в раскрывающемся списке **Отметка узлов** на панели инструментов **Панель выбора** (по умолчанию находится в нижней области рабочего окна). С помощью курсора выделите узлы № 1 и 2 (узлы окрашиваются в красный цвет).



Отметка узлов выполняется с помощью одиночного указания курсором или растягиванием вокруг нужных узлов «резинового окна».

### Задание граничных условий в узлах № 1 и 2



Щелчком по кнопке **Связи** (панель **Жесткости и связи** на вкладке **Создание и редактирование**) вызовите диалоговое окно **Связи в узлах** (рис.1.7). В этом окне, с помощью установки флажков, отметьте направления, по которым запрещены перемещения узлов (**X**, **Z**, **UY**). После этого



щелкните по кнопке **Добавить связи в отмеченных узлах** (узлы окрашиваются в синий цвет, а в списке **Комбинации связей** добавляется строка назначенной комбинации связей).

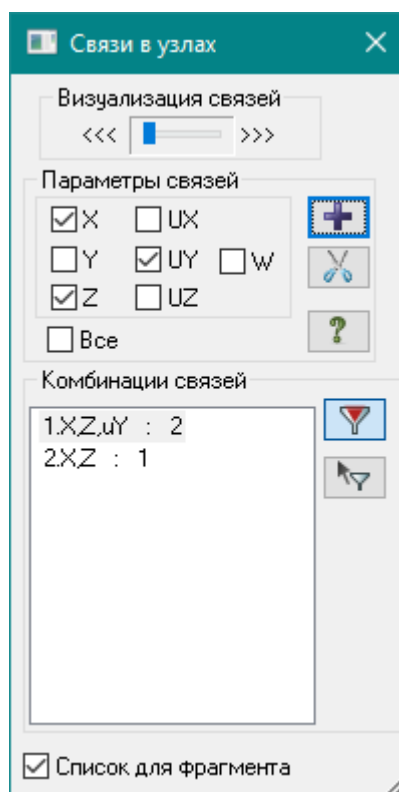


Рис.1.7. Диалоговое окно **Связи в узлах**

### Задание граничных условий в узле № 3

Выделите узел № 3 с помощью курсора. В диалоговом окне **Связи в узлах** отметьте направления, по которым запрещено перемещение узла (**X**, **Z**). Для этого необходимо снять флажок с направления **UY**.



Щелкните по кнопке **Добавить связи в отмеченных узлах**.



Щелкните по кнопке **Отметка узлов** в раскрывающемся списке **Отметка узлов** на панели инструментов **Панель выбора**, чтобы снять активность с операции выделения узлов.

### Этап 4. Задание вариантов конструирования



Вызовите диалоговое окно **Варианты конструирования** (рис.1.8) щелчком по кнопке **Варианты конструирования схемы** (панель **Конструирование** на вкладке **Создание и редактирование**). В этом диалоговом окне задайте параметры для первого варианта конструирования:

- в списке **Расчет сечений по:** включите радио-кнопку **PCY**;

- для выбора таблицы РСУ щелкните по кнопке  – **Добавить/Редактировать таблицу РСУ**;
- в появившемся диалоговом окне **Расчетные сочетания усилий** щелкните по кнопке  – **Подтвердить**;
- остальные параметры диалогового окна **Варианты конструирования** принимаются по умолчанию.

После этого в диалоговом окне **Варианты конструирования** щелкните по кнопке  – **Применить**.

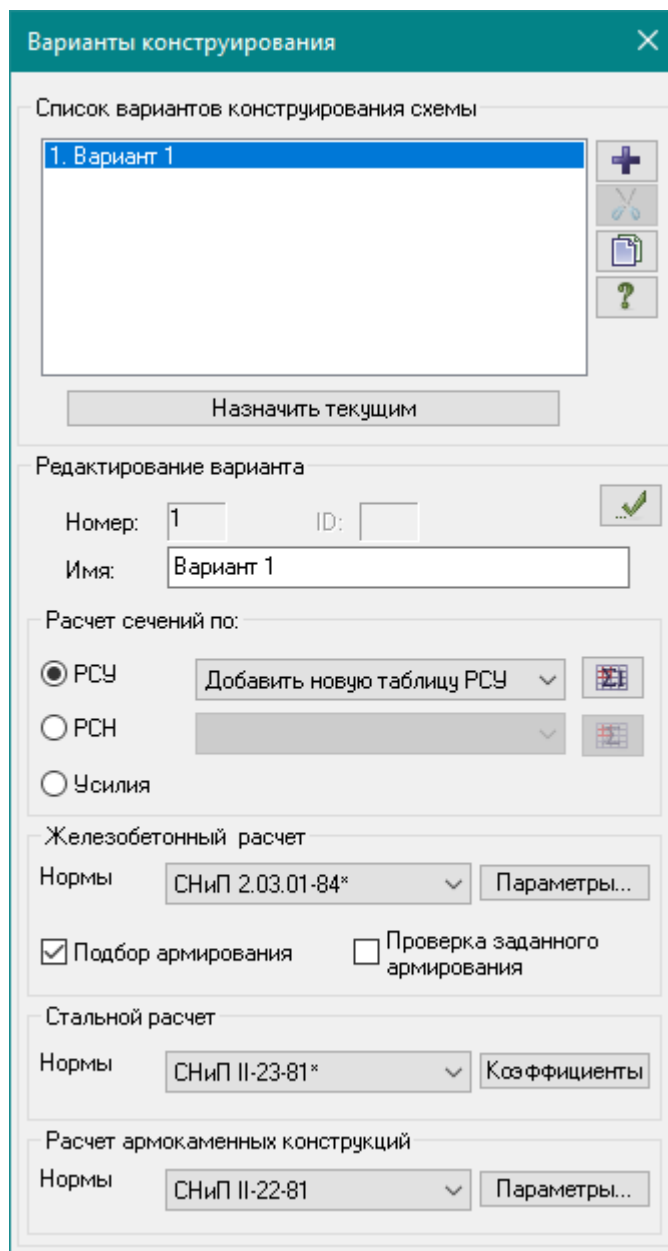



Рис.1.8. Диалоговое окно **Варианты конструирования**

Закройте диалоговое окно **Варианты конструирования** щелчком по кнопке  – **Заккрыть**.

## Этап 5. Задание жесткостных параметров и параметров материалов элементам рамы


### Формирование типов жесткости



Для расчета необходимо задать жесткостные параметры элементов. Их количество зависит от типа конечных элементов. К этим параметрам относятся: площади поперечных сечений, моменты инерции сечений, толщина плитных и оболочечных элементов, модули упругости и сдвига.


Общая схема задания жесткостных характеристик такова:

- вводятся числовые данные жесткостных характеристик. Каждый набор характеристик мы будем называть **типом жесткости** или просто **жесткость**. Каждому типу жесткости будет присвоен порядковый номер;
- один из типов жесткости назначается **текущим**;
- отмечаются элементы, которым будет присвоена текущая жесткость;

- кнопкой  – **Применить** всем выделенным элементам присваиваются жесткостные характеристики, содержащиеся в текущем типе жесткости.

Диалоговое окно **Добавить жесткость**, которое вызывается щелчком по кнопке **Добавить** диалогового окна **Жесткости и материалы** при активной закладке **Жесткости**, имеет четыре закладки графического меню и предоставляет доступ к **библиотеке жесткостных характеристик**. По умолчанию открывается закладка **Стандартные типы сечений**. Три другие закладки содержат: диалоговые окна для задания характеристик из базы типовых сечений стального проката, диалоговые окна для задания параметров сталежелезобетонных сечений и диалоговые окна для задания параметров пластин и объемных элементов, а также численных жесткостных параметров, соответствующих некоторым типам конечных элементов; здесь же находятся кнопки выбора типа **произвольного, нестандартного и тонкостенного сечений**.



Щелчком по кнопке  – **Жесткости и материалы элементов** (панель **Жесткости и связи** на вкладке **Создание и редактирование**) вызовите диалоговое окно **Жесткости и материалы** (рис.1.9 а). В этом окне щелчком по кнопке **Добавить** вызовите диалоговое окно **Добавить жесткость**, для того чтобы вывести список стандартных типов сечений (рис.1.9 б).

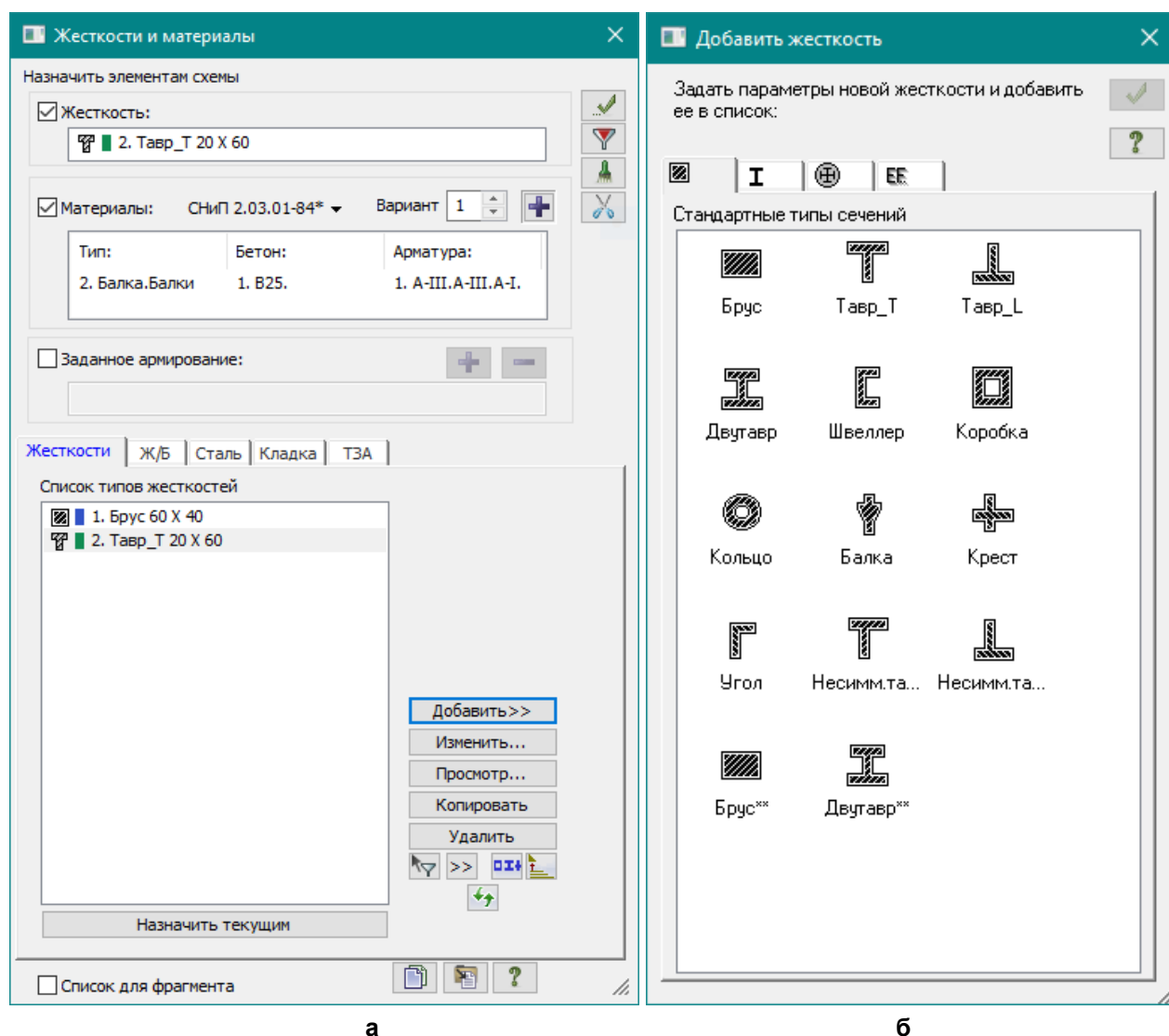



Рис.1.9. Диалоговые окна: а – Жесткости и материалы, б – Добавить жесткость

Выберите двойным щелчком мыши на элементе графического списка тип сечения **Брус** (на экран выводится диалоговое окно для задания жесткостных характеристик выбранного типа сечения). В диалоговом окне **Задание стандартного сечения** (рис.1.10) задайте параметры сечения **Брус**:

- модуль упругости –  $E = 3 \times 10^6 \text{ т/м}^2$  (при английской раскладке клавиатуры);
- геометрические размеры –  $B = 60 \text{ см}$ ;  $H = 40 \text{ см}$ .

Чтобы увидеть эскиз создаваемого сечения со всеми размерами, щелкните по кнопке **Нарисовать**.

Для ввода данных щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

Задание стандартного сечения

E: 3e6 Т/М<sup>2</sup>

B: 60 см

H: 40 см

Ro: 0 Т/М<sup>3</sup>

Учет нелинейности ☐

Параметры материала

Параметры арматуры

☐ Нелинейный закон для арматуры из Т.3А

Учет сдвига ☐

Нарисовать

Комментарий

Цвет

✓ ✗ ?

Рис.1.10. Диалоговое окно **Задание стандартного сечения**

Далее в диалоговом окне **Добавить жесткость** выберите тип сечения **Тавр\_Т**. В новом окне **Задание стандартного сечения** задайте параметры сечения **Тавр\_Т**:

- геометрические размеры – **B** = 20 см; **H** = 60 см; **B1** = 40 см; **H1** = 20 см;
- остальные параметры по умолчанию принимаются равными последним заданным значениям (как в предыдущей жесткости).

Для ввода данных щелкните по кнопке – **Подтвердить**.

Чтобы скрыть библиотеку жесткостных характеристик, в диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке **Добавить**.

#### Задание материалов для железобетонных конструкций



**Режим Железобетонные конструкции** предназначен для подбора арматуры и конструирования железобетонных стержневых и пластинчатых элементов. Проверка и конструирование сечений выполняется в соответствии с требованиями норм СНиП 2.03.01-84, ТСН102-00, ДСТУ 3760-98, СП 63.13330.2012, ДБН В.2.6-98:2009 и другие.

Исходные данные для работы системы задаются в процессе формирования расчетной схемы (задание материалов для железобетонных конструкций можно произвести непосредственно в режиме **Железобетонные конструкции**. После этого нужно производить расчет армирования).

Данные, характеризующие применяемые материалы и условия работы проектируемого элемента, вводятся с помощью диалогового окна **Материалы для расчета Ж/Б конструкций**. Для подбора арматуры по первой и второй группам предельных состояний используются четыре модуля армирования: **стержень**; **балка-стенка**; **плита**; **оболочка**.

В диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по второй закладке **Ж/Б (Задание параметров для железобетонных конструкций)**. При включенной радио-кнопке **Тип** щелкните по кнопке **Редактировать**. На экран выводится диалоговое окно **Материалы для расчета Ж/Б конструкций** (рис.1.11), в котором щелкните по первой строке в списке **ТИП: СТЕРЖЕНЬ** и после этого в правой части окна задайте следующие параметры для колонн:

- в строке **Название** задайте **Колонны**;
- в раскрывающемся списке **Вид расчета** выберите строку **Колонна рядовая**;
- в раскрывающемся списке **Армирование** выберите тип армирования **Симметричное**;

- в поле **Расчет** установите флажок **Учитывать конструктивные требования**;
- в поле **Расчет по предельным состояниям II-й группы**, при включенной радио-кнопке **Диаметр арматурных стержней**, в раскрывающемся списке выберите строку соответствующую диаметру арматуры **25 мм**;
- в поле **Длина элемента, Расчетные длины** включите радио-кнопку **Коэффициент**;
- задайте параметры **LY = 0.7, LZ = 0.7**;
- все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.

Рис.1.11. Диалоговое окно **Материалы для расчета Ж/Б конструкций**

Для добавления новой строки задания параметров стержневым элементам щелкните по кнопке



– **Добавить** и после этого в правой части окна задайте следующие параметры для балок:

- в строке **Название** задайте **Балки**;
- в раскрывающемся списке **Вид расчета** выберите строку **Балка**;
- в раскрывающемся списке **Армирование** выберите тип армирования **Несимметричное**;
- в поле **Расчет** установите флажок **Учитывать конструктивные требования**;
- в поле **Расчет по предельным состояниям II-й группы**, при включенной радио-кнопке **Диаметр арматурных стержней**, в раскрывающемся списке выберите строку соответствующую диаметру арматуры **25 мм**;
- в поле **Длина элемента, Расчетные длины** задайте параметры **LY = 0, LZ = 0**;
- все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.

После этого щелкните по первой строке в списке **БЕТОН** и в правой части окна задайте следующие параметры:

- в раскрывающемся списке **Класс бетона** выберите строку **B25**;
- все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.


Далее щелкните по первой строке в списке **АРМАТУРА** и в правой части окна задайте следующие параметры:

- в раскрывающемся списке **Поперечная арматура** выберите строку **A-I**;
- в раскрывающемся списке **Максимальный диаметр продольной арматуры, мм** выберите строку **25**;
- все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.

После этого щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.


### Назначение жесткостей и материалов элементам рамы


В диалоговом окне **Жесткости и материалы** установите флажок **Материалы** в поле **Назначить элементам схемы**. В этом окне в списке текущего типа жесткости должна быть установлена жесткость – **2.Тавр\_Т 20х60**, а в списке текущих материалов должны быть установлены в качестве текущих: тип – **2.Балка**, класс бетона – **1.В25** и класс арматуры – **1.А-III**.

Щелкните по кнопке  – **Отметка горизонтальных стержней** на панели инструментов **Панель выбора**. С помощью курсора выделите все горизонтальные элементы схемы (выделенные элементы окрашиваются в красный цвет).



*Отметка элементов выполняется с помощью одиночного указания курсором или растягиванием вокруг нужных элементов «резинового окна».*

В диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке  – **Применить**. На экране появляется диалоговое окно **Предупреждение**, в котором щелкните по кнопке **Нет** (с элементов снимается выделение. Это свидетельство того, что выделенным элементам присвоена текущая комбинация жесткости и материала).

Щелкните по кнопке  – **Отметка горизонтальных стержней** на панели инструментов **Панель выбора**, чтобы снять активность с операции выделения горизонтальных стержневых элементов.

После этого в диалоговом окне **Жесткости и материалы** в списке типов общих свойств материалов для железобетонных конструкций выделите курсором строку **1.Колонна рядовая.Колонны**. Щелкните по кнопке **Назначить текущим** (при этом выбранный тип общих свойств материалов записывается в строке редактирования **Материалы** поля **Назначить элементам схемы**. Можно назначить текущий тип общих свойств материалов двойным щелчком по строке списка).

Далее в диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по первой закладке **Жесткости** и в списке типов жесткостей выделите курсором тип жесткости **1.Брус 60х40**. Щелкните по кнопке **Назначить текущим** (при этом выбранный тип жесткости записывается в строке редактирования **Жесткость** поля **Назначить элементам схемы**).

После этого щелкните по кнопке  – **Отметка вертикальных стержней** на панели инструментов **Панель выбора**. С помощью курсора выделите все вертикальные элементы. Затем в

диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке  – **Применить**.

Щелкните по кнопке  – **Отметка вертикальных стержней** на панели инструментов **Панель выбора**, чтобы снять активность с операции выделения вертикальных стержневых элементов.

### Этап 6. Задание нагрузок



#### Выбор загрузки

*Допускается задание до 1000 загрузений. Каждому загрузению присваивается номер, произвольное имя и вид. Загружение может содержать любое количество нагрузок. Номер, имя и вид загрузки присваиваются с помощью диалогового окна **Редактор загрузений** (рис.1.12),*



*которое вызывается щелчком по кнопке **№** – **Редактор загрузений** (панель **Нагрузки** на вкладке **Создание и редактирование**). По умолчанию, в начале работы программы, принято имя **Загружение 1**. Вид загрузки позволяет автоматически формировать таблицу РСУ с параметрами, принятыми по умолчанию. Взаимосвязь между загрузениями задается в таблице РСУ.*

#### Задание нагрузок

*Нагрузки на узлы и элементы задаются с помощью диалогового окна **Задание нагрузок** (рис.1.13), которое вызывается после выбора одной из команд раскрывающегося списка **Нагрузки на узлы и элементы** (панель **Нагрузки** на вкладке **Создание и редактирование**). Диалоговое окно содержит закладки для задания нагрузок на **узлы, стержни, пластины,***

**объемные элементы и суперэлементы**, а также для задания нагрузок для расчета на **динамику во времени**. По умолчанию принимается, что **нагрузки принадлежат одному и тому же текущему загрузению**, номер которого был задан заранее. Окно содержит также закладку для **корректировки или удаления нагрузок текущего загрузения**. В окне содержатся радио-кнопки для задания систем координат – **глобальной, местной (для элемента), локальной (для узла)** и **направления воздействия – X, Y, Z**, а также кнопки для задания **статической нагрузки** (коричневый цвет), **заданного смещения** (желтый цвет) и **динамического воздействия** (розовый цвет) – меню этих кнопок изменяется в зависимости от типа загружаемого конечного элемента. При нажатии этих кнопок вызывается диалоговое окно для задания параметров нагрузки. Приложенные нагрузки и воздействия заносятся в поле списка нагрузок – **Текущая нагрузка**.

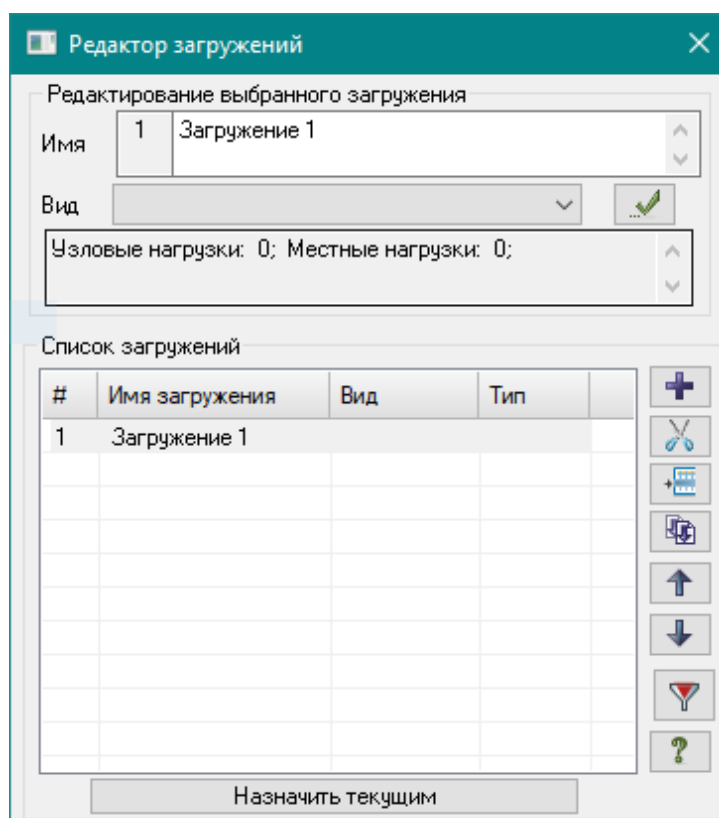





Рис.1.12. Диалоговое окно **Редактор загрузений**

#### Задание расширенной информации о загрузениях

Вызовите диалоговое окно **Редактор загрузений** (рис.1.12) щелчком по кнопке  – **Редактор загрузений** (панель **Нагрузки** на вкладке **Создание и редактирование**). Для Загрузения 1 в поле **Редактирование выбранного загрузения** выберите в раскрывающемся списке **Вид** строку

**Постоянное** и щелкните по кнопке  – **Применить**.

Чтобы добавить второе загрузение, в поле **Список загрузений** щелкните по кнопке  – **Добавить загрузение (в конец)**. Для Загрузения 2 в поле **Редактирование выбранного загрузения** выберите в раскрывающемся списке **Вид** строку **Временное длит. / Длительное** и щелкните по кнопке

 – **Применить**.



Чтобы добавить третье загрузку, в поле **Список загрузок** щелкните по кнопке **Добавить загрузку (в конец)**. Для Загрузки 3 в поле **Редактирование выбранного загрузения**

выберите в раскрывающемся списке **Вид строку** **Мгновенное** и щелкните по кнопке – **Применить**.



Чтобы добавить четвертое загрузку, в поле **Список загрузок** щелкните по кнопке **Добавить загрузку (в конец)**. Для Загрузки 4 в поле **Редактирование выбранного загрузения**

выберите в раскрывающемся списке **Вид строку** **Мгновенное** и щелкните по кнопке – **Применить**.

Чтобы перейти к формированию первого загрузения, в поле **Список загрузок** выделите первую строку **1. Загрузка 1** и щелкните по кнопке **Назначить текущим** (можно назначить текущее загрузение двойным щелчком по строке списка).



*Задание расширенной информации о загрузениях можно также после формирования загрузений. В этом случае нужно задать только вид загрузения.*

### Формирование загрузения № 1



Щелкните по кнопке **Отметка горизонтальных стержней** на панели инструментов **Панель выбора**. Выделите горизонтальные элементы № 7 и 8.

Вызовите диалоговое окно **Задание нагрузок** на закладке **Нагрузки на стержни** (рис.1.13) выбрав



команду **Нагрузка на стержни** в раскрывающемся списке **Нагрузки на узлы и элементы** (панель **Нагрузки** на вкладке **Создание и редактирование**). В этом окне по умолчанию указана система координат **Глобальная**, направление – вдоль оси **Z**.

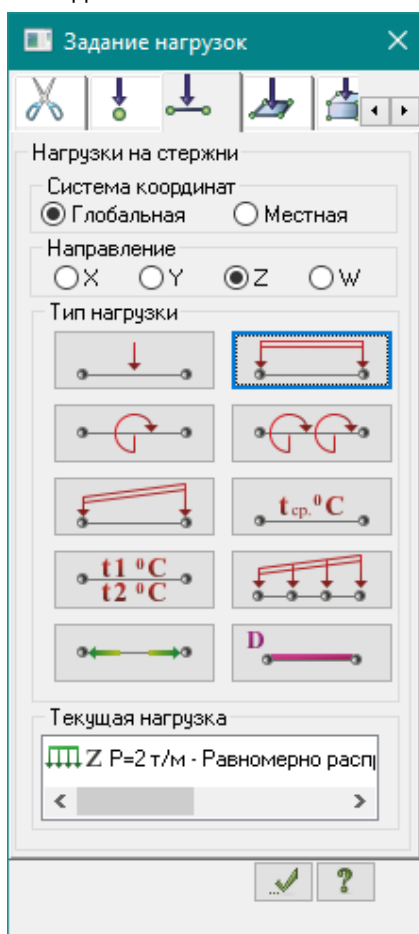



Рис.1.13. Диалоговое окно **Задание нагрузок**

Щелчком по кнопке равномерно распределенной нагрузки вызовите диалоговое окно **Параметры**.

В этом окне задайте интенсивность нагрузки  $p = 2$  т/м (рис.1.14). Щелкните по кнопке  – **Подтвердить** (после подтверждения величины нагрузки происходит автоматическое назначение этой нагрузки на выделенные элементы).

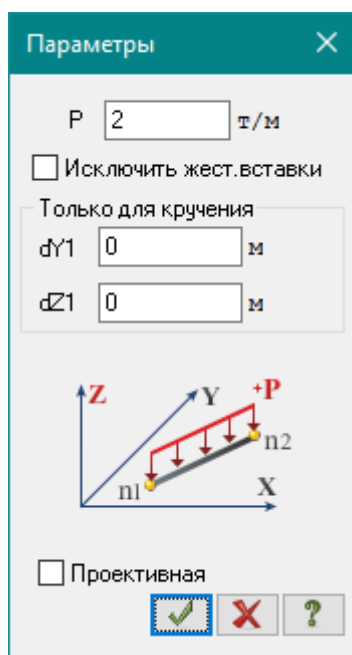


Рис.1.14. Диалоговое окно **Параметры**


Выделите элемент № 9. В диалоговом окне **Задание нагрузок** щелчком по кнопке равномерно распределенной нагрузки вызовите диалоговое окно **Параметры**. В этом окне задайте интенсивность

$p = 1.5$  т/м. Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.


Выделите элемент № 10. В диалоговом окне **Задание нагрузок** щелчком по кнопке равномерно распределенной нагрузки вызовите диалоговое окно **Параметры**. В этом окне задайте интенсивность

$p = 3$  т/м. Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

### Формирование загрузки № 2

Смените номер текущего загрузки щелчком по кнопке  – **Следующее загрузение** в строке состояния (находится в нижней области рабочего окна) или с помощью диалогового окна **Редактор загрузений**.

Выделите элемент № 7. В диалоговом окне **Задание нагрузок** щелчком по кнопке трапецевидной нагрузки вызовите диалоговое окно **Параметры**. В этом окне задайте параметры:  $P1 = 4.67$  т/м,

$A1 = 0.5$  м,  $P2 = 2$  т/м,  $A2 = 3.5$  м (рис.1.15). Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

**Параметры**

Назначать нагрузку на:

☐ всю гибкую часть (без ж.вст.)

☐ всю длину (с ж.вст.)

P1  т/м

A1  м

P2  т/м

A2  м

Только для кручения

dY1  м

dZ1  м


☐ Проективная


3D diagram showing a frame structure with nodes n1 and n2, and a trapezoidal load with parameters P1, A1, P2, A2.

Buttons: [OK] [Cancel] [Help]


Рис.1.15. Диалоговое окно **Параметры** (трапециевидная нагрузка)

### Формирование загрузки № 3

Смените номер текущего загрузки щелчком по кнопке  – **Следующее загрузение** в строке состояния или с помощью диалогового окна **Редактор загрузений**.

Щелкните по кнопке  – **Отметка узлов** в раскрывающемся списке **Отметка узлов** на панели инструментов **Панель выбора**. С помощью курсора выделите узел № 4.

В диалоговом окне **Задание нагрузок** перейдите на вторую закладку **Нагрузки в узлах**. Затем радио-кнопками укажите систему координат **Глобальная**, направление – вдоль оси **X**. Щелчком по кнопке сосредоточенной силы вызовите диалоговое окно **Параметры нагрузки**. В этом окне введите

значение **P** = -1 т. Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

Выделите узел № 7. В диалоговом окне **Задание нагрузок** щелчком по кнопке сосредоточенной силы вызовите диалоговое окно **Параметры нагрузки**. В этом окне введите значение **P** = -1.5 т.


Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

Аналогично предыдущим операциям задайте нагрузки:

- в узле № 6 – **P3** = -0.75 т;
- в узле № 9 – **P4** = -1.125 т.

### Формирование загрузки № 4

Смените номер текущего загрузки на **4**. Выделите узел № 4. В диалоговом окне **Задание нагрузок** щелчком по кнопке сосредоточенной силы вызовите диалоговое окно **Параметры нагрузки**. В

этом окне введите значение **P** = 0.75 т. Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

Аналогично предыдущим операциям задайте нагрузки:

- в узле № 6 – **P1** = 1 т;
- в узле № 9 – **P2** = 1.5 т;

- в узле № 7 –  $P_4 = 1.125$  т.



Щелкните по кнопке – **Отметка узлов** в раскрывающемся списке **Отметка узлов** на панели инструментов **Панель выбора**, чтобы снять активность с операции выделения узлов.

## Этап 7. Генерация таблицы РСУ



В соответствии со строительными нормами расчет армирования, подбор и проверка металлических сечений производится по наиболее опасным сочетаниям усилий. Поэтому для дальнейшей работы в режиме **Железобетонные конструкции** нужно производить расчет РСУ или РСН.

Вычисление расчетных сочетаний усилий (PCY) производится по критерию экстремальных значений напряжений в характерных точках сечений элементов на основании правил, установленных нормативными документами (в отличие от вычисления РСН, где вычисления производятся непосредственным суммированием соответствующих значений перемещений узлов и усилий в элементах).

Подробное описание таблицы РСУ смотрите в конце примера.



Щелчком по кнопке – **Таблица РСУ** (панель **PCY** на вкладке **Расчет**) вызовите диалоговое окно **Расчетные сочетания усилий** (рис.1.16).



Так как вид загрузений задавался в диалоговом окне **Редактор загрузений** (рис.1.12) таблицу РСУ можно сформировать с параметрами, принятыми по умолчанию для каждого загрузения,

щелчком по кнопке – **Заполнить таблицу РСУ значениями по умолчанию**. Далее нужно только изменить параметры для третьего и четвертого загрузений.

В этом окне, при выбранных строительных нормах **СНиП 2.01.07-85\***, для формирования таблицы

PCY со значениями, принятыми по умолчанию для каждого загрузения, щелкните по кнопке – **Заполнить таблицу РСУ значениями по умолчанию**. После этого задайте следующие данные:

- в сводной таблице для вычисления РСУ выделите строку соответствующую 3-му загрузению. Затем в текстовом поле **№ группы взаимоисключающих загрузений** задайте **1** и щелкните по кнопке – **Применить**;
- далее в сводной таблице для вычисления РСУ выделите строку соответствующую 4-му загрузению. Затем в текстовом поле **№ группы взаимоисключающих загрузений** задайте **1** и щелкните по кнопке – **Применить**.

Закройте диалоговое окно щелчком по кнопке – **Подтвердить**.

**Расчетные сочетания усилий**

Номер таблицы РСУ: 1

Имя таблицы РСУ: СНиП\_1

Строительные нормы: СНиП 2.01.07-85\*

Номер загрузки: 4 Загрузка 4

Вид загрузки: Мгновенное(7) ☒ По умолчанию

N группы объединяемых временных загрузок: 0

Учитывать знакопеременность: ☐

N группы взаимоисключающих загрузок: 1

NN сопутствующих загрузок: 0 0

Коэффициент надежности: 1.40

Доля длительности: 0.00

Не учитывать для II-го пред. сост.: ☐

Ограничения для кранов и тормозов: Кран ☐ Тормоз ☐

Коэффициенты для РСУ

#	1 основ.	2 основ.	Особ.(С)	Особ.(6 С)	5 сочет.	6 сочет.
1	1.00	1.00	0.90	1.00	0.00	0.00
2	1.00	0.95	0.80	0.95	0.00	0.00
3	1.00	0.90	0.50	0.80	0.00	0.00
4	1.00	0.90	0.50	0.80	0.00	0.00

Сводная таблица для вычисления РСУ:

№	Имя загрузки...	Вид	Параметры РСУ	Коэффициенты РСУ
1	Загрузка 1	Постоянное(0)	0 0 0 0 0 0 1.10 1.00	1.00 1.00 0.90 1.00
2	Загрузка 2	Временное д...	1 0 0 0 0 0 1.20 1.00	1.00 0.95 0.80 0.95
3	Загрузка 3	Мгновенное(7)	7 0 0 1 0 0 0 1.40 0.00	1.00 0.90 0.50 0.80
4	Загрузка 4	Мгновенное(7)	7 0 0 1 0 0 0 1.40 0.00	1.00 0.90 0.50 0.80

Рис.1.16. Диалоговое окно Расчетные сочетания усилий



### Этап 8. Задание расчетных сечений для ригелей

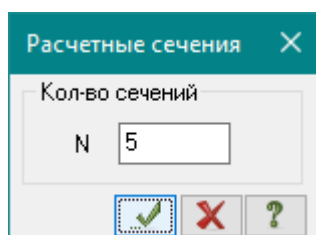
Выделите на схеме все горизонтальные элементы.



После выделения узлов или элементов расчетной схемы для ленточного вида интерфейса выводятся контекстные вкладки ленты. Каждая из контекстных вкладок содержит операции, которые относятся к выделенным объектам или выбранной команде. Контекстная вкладка закрывается по завершении работы с командой или снятии выделения с объектов. Контекстные вкладки, предназначенные для работы с узлами или элементами схемы, содержат команды только по созданию и редактированию схемы и не могут быть вызваны из вкладок **Анализ**, **Расширенный анализ**, **Конструирование**.


Для стержневых элементов по умолчанию принято 2 расчетных сечения (в начале и в конце стержня), в которых будут вычисляться усилия и производится подбор арматуры. Для конструирования колонн этого достаточно. Для конструирования балок (изгибаемых элементов) нужно задать не менее трех расчетных сечений, чтобы получить усилия и армирование не только на опорах, но и в пролете балок.

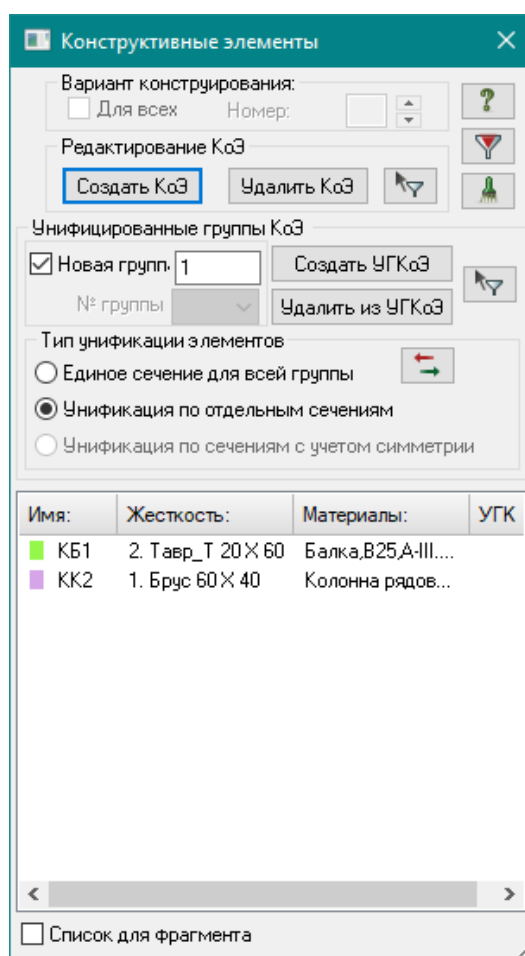
Щелчком по кнопке  – **Расчетные сечения стержней** (панель **Редактирование стержней** на контекстной вкладке **Стержни**) вызовите диалоговое окно **Расчетные сечения** (рис.1.17). В этом окне задайте количество расчетных сечений **N** = 5. Щелкните по кнопке  – **Применить**.

Рис.1.17. Диалоговое окно **Расчетные сечения**

## Этап 9. Назначение конструктивных элементов

### Создание конструктивного элемента БАЛКА

Выделите горизонтальные элементы № 7 и 8. Для создания конструктивных элементов вызовите диалоговое окно **Конструктивные элементы** (рис.1.18) щелчком по кнопке  – **Конструктивные элементы** (панель **Конструирование** на вкладке **Создание и редактирование**). В появившемся диалоговом окне в поле **Редактирование КоЭ** щелкните по кнопке **Создать КоЭ** (конструктивный элемент БАЛКА назначается для того, чтобы учесть, что это именно неразрезная балка).

Рис.1.18. Диалоговое окно **Конструктивные элементы**

[Создание конструктивного элемента КОЛОННА](#)

Щелкните по кнопке **Отметка вертикальных стержней** на панели инструментов **Панель выбора**. Выделите вертикальные элементы № 1 и 2. В диалоговом окне **Конструктивные элементы** в поле **Редактирование КоЭ** щелкните по кнопке **Создать КоЭ** (конструктивный элемент КОЛОННА назначается для того, чтобы учесть, что это именно сплошная колонна).

**Этап 10. Полный расчет рамы**

Запустите задачу на расчет щелчком по кнопке **Выполнить полный расчет** (панель **Расчет** на вкладке **Расчет**).

**Этап 11. Просмотр и анализ результатов статического расчета**

В режиме просмотра результатов расчета по умолчанию расчетная схема отображается с учетом перемещений узлов (рис.1.19). Для отображения схемы без учета перемещений узлов щелкните по



кнопке **Исходная схема** (панель **Деформации** на вкладке **Анализ**).

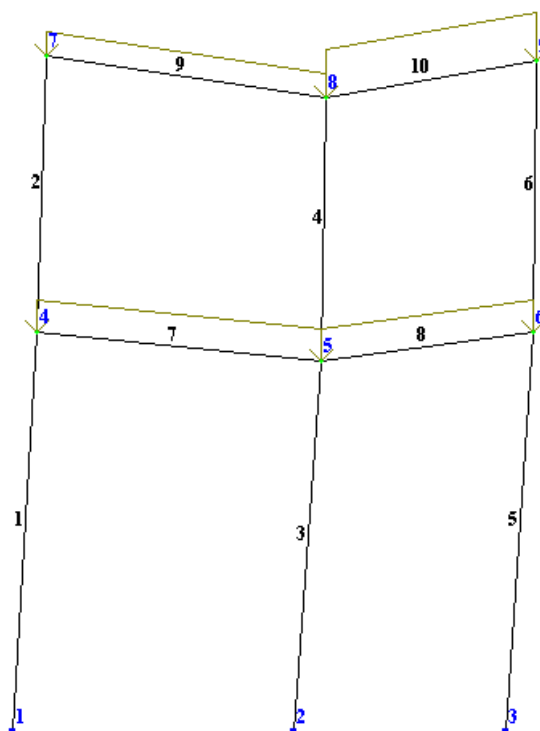


Рис.1.19. Расчетная схема с учетом перемещений узлов

[Вывод на экран эпюр внутренних усилий](#)

$M_y$

Выведите на экран эпюру  **$M_y$**  (рис.1.20) щелчком по кнопке **Эпюры  $M_y$**  (панель **Усилия в стержнях** на вкладке **Анализ**).

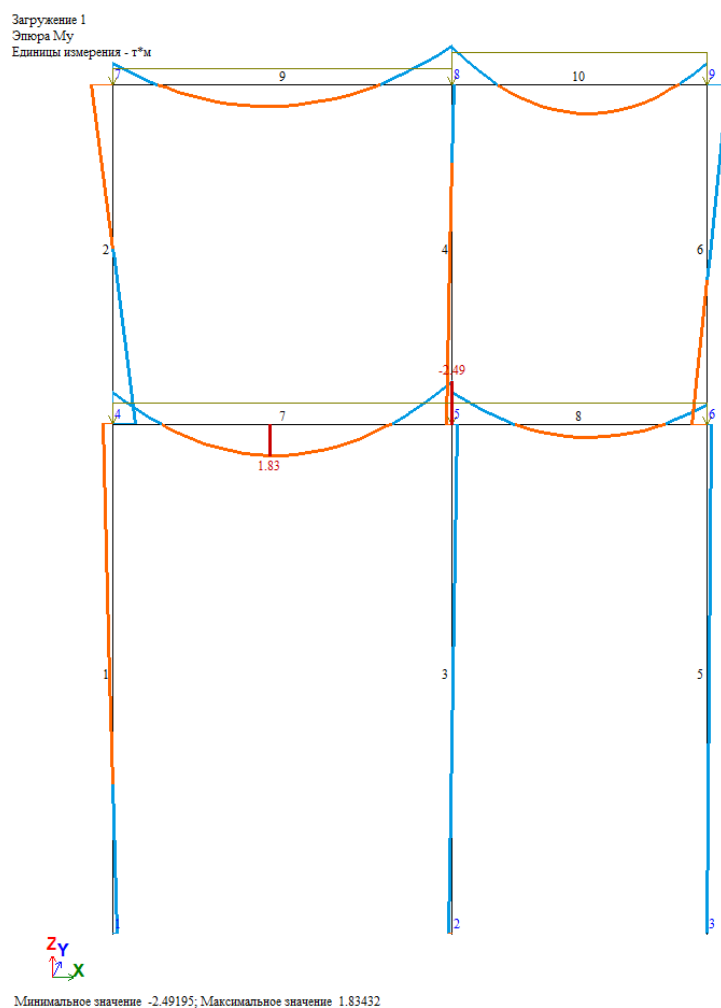

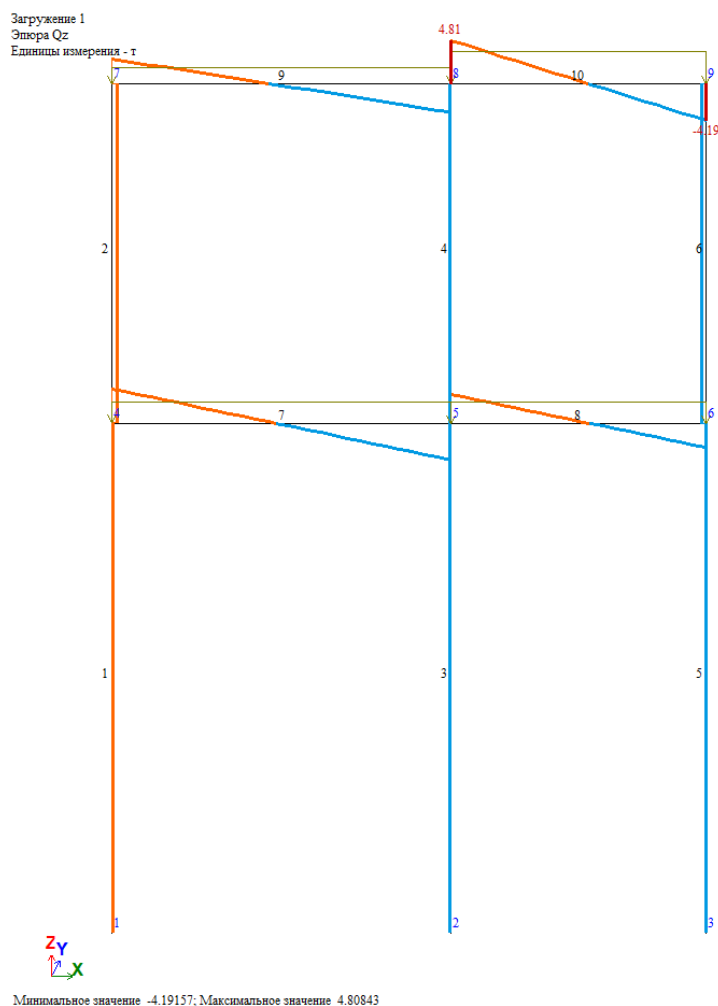



Рис.1.20. Эпюры изгибающих моментов  $M_y$

Для вывода эпюры  $Q_z$  (рис.1.21), щелкните по кнопке  – Эпюры поперечных сил  $Q_z$  (панель **Усилия в стержнях** на вкладке **Анализ**).


Чтобы вывести мозаику усилий  $Q_z$ , выберите команду  – Мозаика усилий в стержнях в раскрывающемся списке **Эпюры/мозаика** (панель **Усилия в стержнях** на вкладке **Анализ**).

Рис.1.21. Эпюры поперечных сил  $Q_z$ 



### Смена номера текущего нагружения

В строке состояния (находится в нижней области рабочего окна) в раскрывающемся списке **Сменить номер нагружения** выберите строку соответствующую второму нагружению или щелкните по кнопке  – **Следующее нагружение**.



По умолчанию в строке состояния включена опция **Применять текущий номер нагружения автоматически** и в таком случае переключение на выбранное нагружение происходит автоматически. В случае отключения данной опции, для переключения на выбранное нагружение, нужно в строке состояния щелкнуть по кнопке  – **Применить**.

### Формирование и просмотр таблиц результатов расчета

Для вывода на экран таблицы со значениями расчетных сочетаний усилий в элементах схемы, выберите команду  – **Стандартные таблицы** в раскрывающемся списке **Документация** (панель **Таблицы** на вкладке **Анализ**). После этого в диалоговом окне **Таблицы** (рис.1.22) выделите строку **PCY** расчетные. Щелкните по кнопке  – **Применить**.



По умолчанию стандартные таблицы создаются в формате CSV. Информация, которая выводится в данных таблицах, разделена по разным закладкам: исходные данные (например, коэффициенты для РСУ), если такие имеются; результаты для стержневых элементов; результаты для пластинчатых элементов и т. д.

При установке флажка **Включить таблицу в Книгу отчетов** таблица будет создана только в формате CSV и вставлена в «Книгу отчетов». Таблицу, которая находится в «Книге отчетов», можно в дальнейшем обновлять в случае необходимости и верстать в отчет средствами «Книги отчетов».

Чтобы изменить формат создаваемой таблицы, нужно в диалоговом окне **Стандартные таблицы** щелкнуть по кнопке **Другой** и в появившемся окне **Формат таблиц** выбрать нужный формат и подтвердить выбор щелчком по кнопке **Подтвердить** (для создания таблиц в текстовом формате нужно включить радио-кнопку **Текстовые**. Для создания таблиц в формате HTML нужно включить радио-кнопку **HTML**. Для создания таблиц в формате для дальнейшей работы в режиме программы «Графический Макетировщик» нужно включить радио-кнопку **RPT**).

Выбранный формат таблиц запоминается и будет использован по умолчанию при дальнейшей работе со стандартными таблицами.

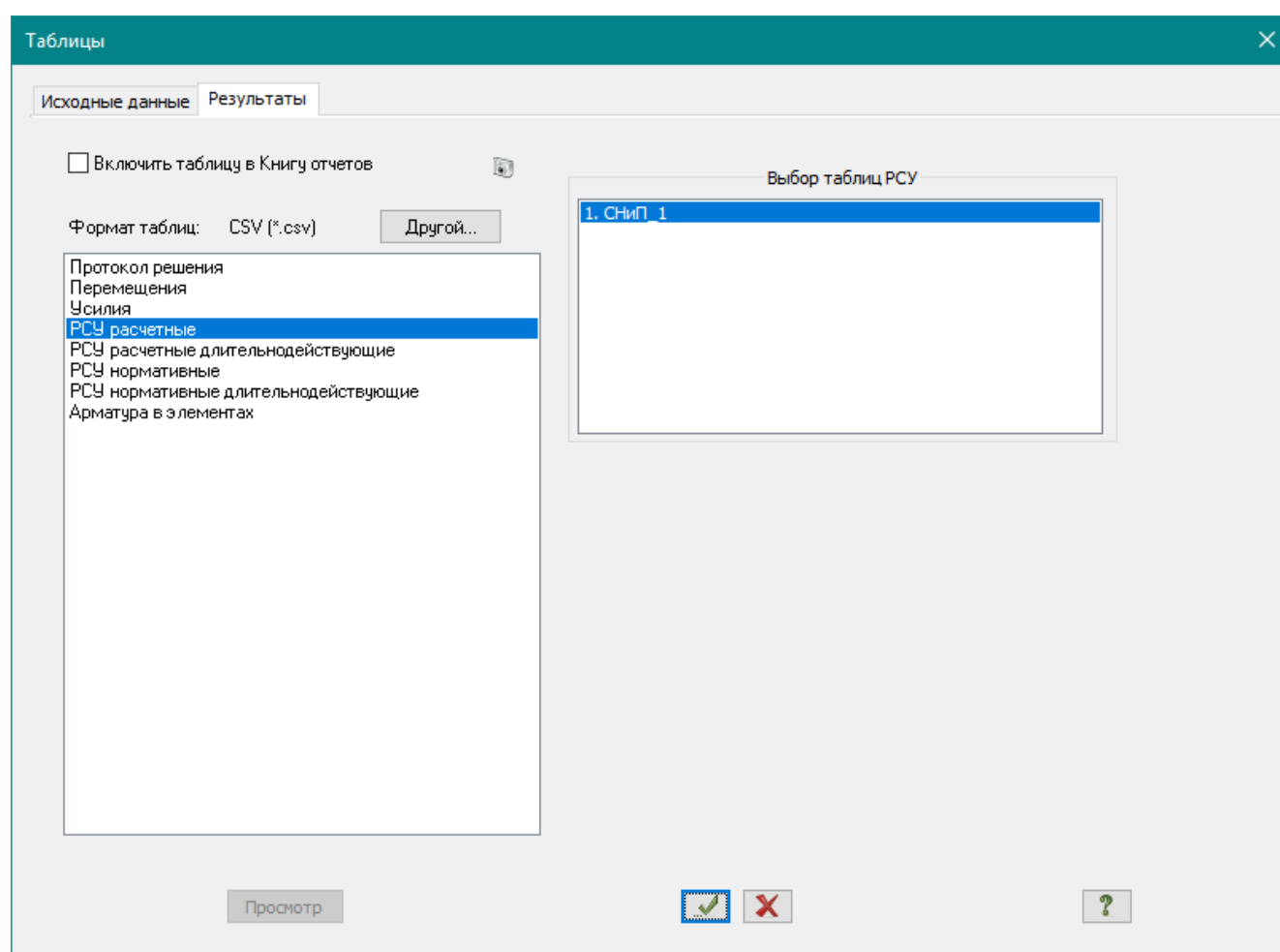



Рис.1.22. Диалоговое окно **Таблицы**

После анализа закройте таблицу щелчком по кнопке  – **Заккрыть**.

## Этап 12. Просмотр и анализ результатов армирования

### Просмотр результатов армирования

Для просмотра информации о выбранной арматуре в одном из элементов, щелкните по кнопке



– **Информация об узле или элементе** на панели инструментов **Панель выбора** и укажите курсором на любой элемент. В появившемся диалоговом окне перейдите на закладку **Информация о подобранной арматуре** (в этом окне содержится полная информация о выбранном элементе, в том



числе и с результатами подбора арматуры). Закройте диалоговое окно щелчком по кнопке **Заккрыть**.

Для установки режима отображения симметричного армирования в сечениях стержней, выберите



команду **Симметричное армирование** в раскрывающемся списке **Армирование** (панель **Армирование стержней** на вкладке **Железобетон**). Чтобы посмотреть мозаику отображения площади



продольной арматуры в нижнем левом угле сечения стержня AU1, щелкните по кнопке **Угловая арматура AU1** (панель **Армирование стержней** на вкладке **Железобетон**).

Чтобы посмотреть мозаику отображения площади продольной арматуры в нижнем правом угле



сечения стержня AU2, щелкните по кнопке **Угловая арматура AU2** (панель **Армирование стержней** на вкладке **Железобетон**).

Для установки режима отображения несимметричного армирования в сечениях стержней,



выберите команду **Несимметричное армирование** в раскрывающемся списке **Армирование** (панель **Армирование стержней** на вкладке **Железобетон**).

### Формирование и просмотр таблиц результатов подбора арматуры



Вызовите диалоговое окно **Таблицы**, выбрав команду **Таблицы результатов для ЖБ** в раскрывающемся списке **Документация** (панель **Таблицы** на вкладке **Железобетон**). В этом окне по умолчанию выделена строка **Арматура в элементах**, а в поле **Арматура** включена радио-кнопка **в стержнях**. Для создания таблицы результатов подбора арматуры в стержневых элементах щелкните по



кнопке **Применить**.

## Конструирование ригеля железобетонной рамы

### Этап 13. Вызов чертежа балки



Для того чтобы получить автоматизированное конструирование балок, щелкните по кнопке **Конструирование балки** (панель **Армирование стержней** на вкладке **Железобетон**). Укажите курсором на элемент № 7 (загружается модуль БАЛКА).



Выполните полный расчет балки с помощью меню **Расчет** (кнопка **Расчет** на панели инструментов). Выведите эпюру материалов, воспользовавшись пунктом меню **Результаты** ⇒ **Эпюра материалов**



(кнопка **Эпюра материалов** на панели инструментов). Чтобы посмотреть чертеж балки, выполните пункт меню






**Результаты** ⇒ **Чертеж** (кнопка **Чертеж** на панели инструментов).

## Конструирование колонны железобетонной рамы

### Этап 14. Вызов чертежа колонны

Для того чтобы получить автоматизированное конструирование колонн, щелкните по кнопке – **Конструирование колонны** (панель **Армирование стержней** на вкладке **Железобетон**). Укажите курсором на элемент № 1 (загружается модуль КОЛОННА).

Выполните полный расчет колонны с помощью меню **Расчет** (кнопка  на панели инструментов). Выведите эпюру материалов, воспользовавшись пунктом меню **Результаты** ⇒ **Эпюра материалов** (кнопка  на панели инструментов). Чтобы посмотреть чертеж колонны, выполните пункт меню **Результаты** ⇒ **Чертеж** (кнопка  на панели инструментов).

### Расчетные сочетания усилий

В программном комплексе предусмотрено автоматизированное формирование расчетных сочетаний усилий (PCY), соответствующее нормативным документам, действующим в проектировании объектов строительства.

Определение PCY заключается в нахождении экстремальных значений тех компонентов напряженно-деформированного состояния (НДС), которые служат критериями наибольшей опасности этого НДС. При этом учитываются особенности НДС конечных элементов различного типа, а количество рассматриваемых PCY существенно сокращается.

В качестве критериев опасности PCY для стержневых элементов приняты экстремальные значения нормальных и касательных напряжений, вычисленные в характерных точках приведенного прямоугольного сечения, а также экстремальные значения усилий в сечении.

Для элементов плоского напряженного состояния, плит и оболочек в качестве критерия приняты напряжения, определяемые по методу Вуда-Армера.

Критерием для объемных КЭ приняты экстремальные значения напряжений.

Общие правила формирования таблицы PCY заключаются в следующем:

- параметры расчетных сочетаний задаются для каждого из загружений задачи;
- реализовано 9 видов загружений, с помощью которых программно обеспечивается их корректная логическая взаимосвязь. При этом существует возможность учета знакопеременности, взаимоисключения и сопутствия загружений. Каждому из видов загружений присвоен номер:
  - (0) – постоянное;
  - (1) – временное длительное;
  - (2) – кратковременное;
  - (3) – крановое;
  - (4) – тормозное;
  - (5) – сейсмическое;
  - (6) – особое (кроме сейсмического);
  - (7) – мгновенное;
  - (9) – неактивное (ветровое статическое при учете пульсации ветра).

Эта классификация несколько отличается от нормативной. Так, например, снеговое нагружение или гололед не выделены в отдельную группу. Но пользователь может по своему усмотрению назначить им вид нагружения – либо длительное, либо кратковременное, что и оговорено в нормах.

- программным комплексом автоматически (по умолчанию) генерируются параметры, соответствующие текущему виду нагружения. Однако, пользователь может по своему усмотрению изменить любой из параметров;
- все операции по формированию PCY выполняются с помощью диалогового окна **Расчетные сочетания усилий** (рис.1.16);
- данные для формирования PCY могут быть введены до расчета, в режиме формирования расчетной схемы.



**Внимание.** Термин **загружение** используется в следующих случаях:

**Номер загрузки** – уникальный номер, заданный пользователем для определенной группы нагрузок, действующих на схему одновременно;

**Вид загрузки** – наименование вида загрузки, установленное в ПК ЛИРА-САПР.

## Параметры РСУ

Таблица РСУ должна быть составлена для всех загружений, принятых в задаче. Поэтому одним из первых параметром РСУ в верхней части диалогового окна помещен счетчик.

Каждое загружение может иметь название.

Номер загрузки устанавливается в первый столбец заполняемой таблицы. Полностью вы ее видите в нижней части диалогового окна, а частично – в списке поля **Коэффициенты для РСУ**. Список можно прокручивать по строкам и по столбцам.

Все параметры, определяющие РСУ, разделены на две группы: собственно **Параметры РСУ** и **Коэффициенты РСУ**.

Параметры РСУ включают:

- **Коэффициенты надежности по нагрузке  $\gamma_f$ .** Коэффициенты, формируемые по умолчанию, имеют такие значения:
  - постоянные загрузки  $\gamma_f = 1.1$ ;
  - временные длительные  $\gamma_f = 1.2$ ;
  - кратковременные  $\gamma_f = 1.2$ ;
  - крановые и тормозные  $\gamma_f = 1.1$ ;
  - мгновенные  $\gamma_f = 1.4$ ;
  - особые  $\gamma_f = 1.0$ .
- **Доля длительности  $\psi_g$ .** Коэффициент, показывающий, какая часть нагрузки в рассматриваемом загружении принимается как длительно действующая. По умолчанию генерируются такие значения:
  - постоянное и длительно действующие загрузки  $\psi_g = 1.0$ ;
  - кратковременные  $\psi_g = 0.35$ ;
  - крановые загрузки  $\psi_g = 0.6$ ;
  - прочие загрузки  $\psi_g = 0.0$ ;
- **Сопутствующие загрузки.** Имеются в виду загрузки (не более двух), которые могут рассматриваться совместно с основным загружением. Например, если основным является загружение вертикальными крановыми нагрузками, то сопутствующим является загружение горизонтальным тормозным воздействием.

Этот параметр РСУ, равно как и последующие два, введены для учета логических связей между загружениями.

- **№ группы взаимоисключающих загружений.** Этим параметром вводятся ограничения на те загрузки, которые в одно сочетание не могут входить одновременно. Таковыми, например, являются загрузки **Ветер справа** и **Ветер слева**;
- **Учитывать знакопеременность.** Установленный флажок означает, что в РСУ следует учесть вероятность изменения знака основного усилия сочетания. К таким усилиям относятся, например, сейсмические.

На логические связи между загружениями все же налагаются некоторые ограничения:

- а) загрузки видов **0** и **3** не могут быть знакопеременными;
- б) объединение загружений допускается для видов **1, 2, 7**;
- в) загружение вида **4** (тормозное) может сопутствовать только загружению вида **3** (крановое);
- г) загрузки видов **1, 2, 5, 6, 7** могут быть объявлены сопутствующими для загружений **1, 2, 5, 6, 7** в любой комбинации;
- д) двойное соупутствие (соупутствие одного и того же загружения двум другим и более) допускается;
- е) никакое сопутствующее загружение не может быть включено в группы объединения и взаимоисключения;
- ж) допускается вводить до 9 групп объединения или взаимоисключения;

з) динамическое нагружение не может быть сопутствующим.

### Коэффициенты РСУ

Для каждого РСУ рассматривается четыре сочетания: два основных, особое при наличии сейсмического нагружения и особое при наличии особого (не сейсмического) нагружения (см. рис.1.16). В каждую строку соответственно рассматриваемому РСУ заносятся коэффициенты усилий в сочетаниях  $\psi_i$ ,  $i = 1, 2, 3$ .

В зависимости от вида нагружения значения коэффициентов генерируются по умолчанию (см. табл.1.1).

**Таблица 1.1.** Значения коэффициентов РСУ, принимаемых по умолчанию

Вид нагружения	Основные сочетания		Особое сочетание при наличии сейсмики	Особое сочетание без наличия сейсмики
	1-е	2-е		
Постоянное	1.0	1.0	0.9	1
Длительно действующее	1.0	0.95	0.8	0.95
Кратковременное	1.0	0.90	0.5	0.8
Крановое	1.0	0.90	0.0	0.0
Тормозное	1.0	0.90	0.0	0.0
Сейсмическое	0	0	1.0	0.0
Особое (кроме сейсмического)	0	0	0	1.0
Мгновенное	1.0	0.9	0.5	0.8
Ветровое статическое	0	0	0	0

**Сводная таблица для вычисления РСУ** приведена в нижней части диалогового окна.

Обратите внимание на то, что для ветрового статического нагружения все коэффициенты по умолчанию равны нулю. Это связано со спецификой формирования нагружения ветровой нагрузкой с учетом пульсации.

Сводная таблица заполняется автоматически, по мере заполнения полей ввода в основной части окна. В таблице 13 столбцов. На рис.1.24 приведены наименования каждого из столбцов и, в качестве примера, строка №1 из сводной таблицы.

№ и название нагружения	Параметры РСУ									Коэффициенты РСУ			
	Вид нагружения	№ группы объединяемых временных нагружений	Знакопеременные	№ группы взаимоисключающих нагружений		№ сопутствующих нагружений	№ сопутствующих нагружений	Коэффициент надежности	Доля длительности	1-е основное	2-е основное	Особое при наличии сейсмики	Особое без наличия сейсмики
1	0	0	0	0	0	0	0	1.10	1.00	1.00	1.00	0.90	1.00

**Рис.1.24.** Столбцы сводной таблицы для вычисления РСУ

Сводная таблица доступна для редактирования. Любой из ее параметров можно корректировать, установив курсор на текстовое поле параметра.

## Пример 2. Расчет плиты

### Цели и задачи:

- продемонстрировать процедуру построения расчетной схемы плиты;
- показать технику задания нагрузок и составления РСУ;
- показать процедуру использования вариантов конструирования для подбора арматуры по теории Карпенко и по теории Вуда.

### Исходные данные:

Железобетонная плита размером 3 x 6 м, толщиной 150 мм. Дальняя сторона плиты свободно оперта по всей длине, ближняя – свободно оперта своими концами на колонны. Длинные стороны плиты – свободны.

Расчет производится для сетки конечных элементов 6 x 12.

### Нагрузки:

- загрузка 1 – собственный вес плиты;
- загрузка 2 – сосредоточенные нагрузки  $P = 1\text{ т}$ , приложенные по схеме рис.2.1, загрузка 2;
- загрузка 3 – сосредоточенные нагрузки  $P = 1\text{ т}$ , приложенные по схеме рис.2.1, загрузка 3.

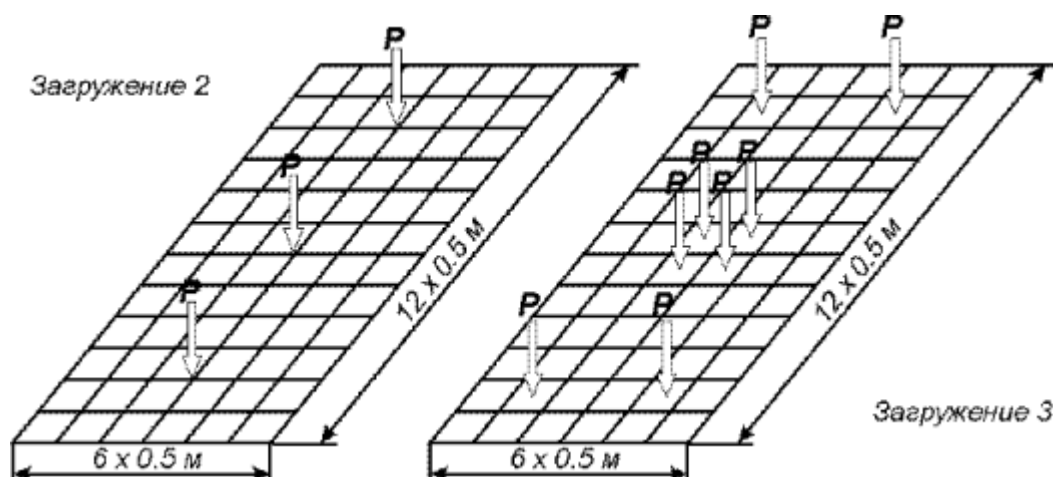



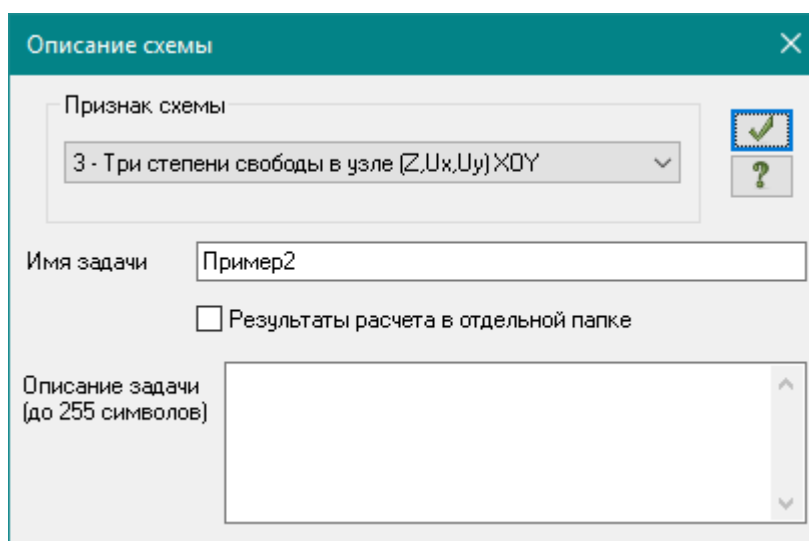
Рис.2.1. Расчетная схема плиты

## Этап 1. Создание новой задачи

Для создания новой задачи откройте меню **Приложения** и выберите пункт **Новый** (кнопка  на панели быстрого доступа). В появившемся диалоговом окне **Описание схемы** (рис.2.2) задайте следующие параметры:

- имя создаваемой задачи – **Пример2**;
- в раскрывающемся списке **Признак схемы** выберите строку **3 – Три степени свободы в узле (перемещения Z, Ux, Uy) XOY**.


После этого щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

Рис.2.2. Диалоговое окно **Описание схемы**

Диалоговое окно **Описание схемы** также можно открыть с уже выбранным признаком схемы. Для этого в меню **Приложения** в раскрывающемся списке пункта **Новый** выберите команду




**Третий признак схемы (Три степени свободы в узле)** или на панели быстрого

доступа в раскрывающемся списке **Новый** выберите команду  **Третий признак схемы (Три степени свободы в узле)**. После этого нужно задать только имя задачи. **Признак 3** – схемы, располагаемые в плоскости XOY; каждый узел имеет 3 степени свободы – линейное перемещение вдоль оси Z и повороты вокруг осей X, Y. В этом признаке рассчитываются балочные ростверки и плиты, допускается учет упругого основания.

## Этап 2. Создание геометрической схемы плиты

Вызовите диалоговое окно **Создание плоских фрагментов и сетей** на закладке **Генерация**

плиты, выбрав команду  **Генерация плиты** в раскрывающемся списке **Генерация регулярных фрагментов** (панель **Создание** на вкладке **Создание и редактирование**) или щелкните по кнопке



**Генерация регулярных фрагментов** (панель **Создание** на вкладке **Создание и редактирование**). В таблице диалогового окна задайте шаг конечно-элементной сетки вдоль первой и второй осей:

- Шаг вдоль первой оси: Шаг вдоль второй оси:

L(м)	N	L(м)	N
0.5	6	0.5	12.

- Остальные параметры принимаются по умолчанию (рис.2.3).

После этого щелкните по кнопке  **Применить**.

**Создание плоских фрагментов и сетей**

Генерация плиты

Угол поворота относительно оси Z:

Координаты первого узла

☒ Указать курсором

X:  м

Y:  м

Z:  м

Выбор плоскости

☒ XOY ☐ XOZ ☐ YOZ

☐ Произвольная

☐ Указать узлы

Шаг вдоль первой оси

Значение	Количество
L(м)	N
0.50	6

Шаг вдоль второй оси


Значение	Количество
L(м)	N
0.50	12

☒ Пересекать с другими КЭ

☒ ☐ ☐



Рис.2.3. Диалоговое окно **Создание плоских фрагментов и сетей**Сохранение информации о расчетной схеме

Для сохранения информации о расчетной схеме откройте меню **Приложения** и выберите пункт

**Сохранить** (кнопка  на панели быстрого запуска).

### Этап 3. Задание граничных условий

#### Вывод на экран номеров узлов

Щелкните по кнопке  – **Флаги рисования** на панели инструментов **Панель выбора** (по умолчанию находится в нижней области рабочего окна). В диалоговом окне **Показать** (рис.2.4) перейдите на вторую закладку **Узлы** и установите флажок **Номера узлов**. После этого щелкните по кнопке  – **Перерисовать**.

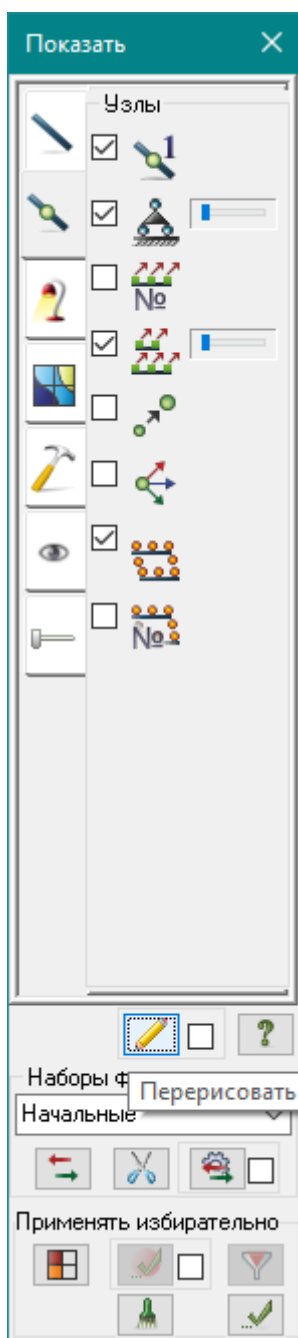


Рис.2.4. Диалоговое окно **Показать**

Полученная схема представлена на рис.2.5.

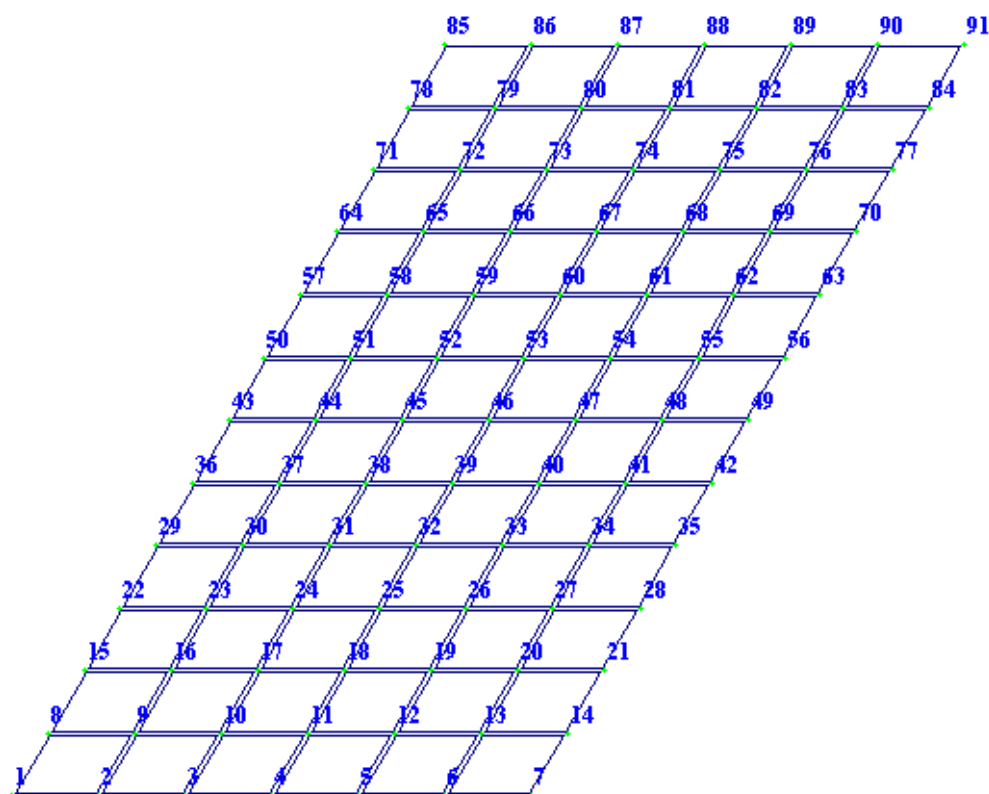



Рис.2.5. Нумерация узлов расчетной схемы плиты

#### Выделение узлов опирания




Щелкните по кнопке  – **Отметка узлов** в раскрывающемся списке **Отметка узлов** на панели инструментов **Панель выбора** (по умолчанию находится в нижней области рабочего окна). С помощью курсора выделите узлы опирания № 1, 7, 85 – 91 (узлы окрашиваются в красный цвет).



*Отметка узлов выполняется в соответствии с исходными данными. Узлы № 1 и 7 являются угловыми по ближней грани (узлы опирания на колонны), а узлы № 85 – 91 располагаются на дальней грани (узлы опирания на стену).*

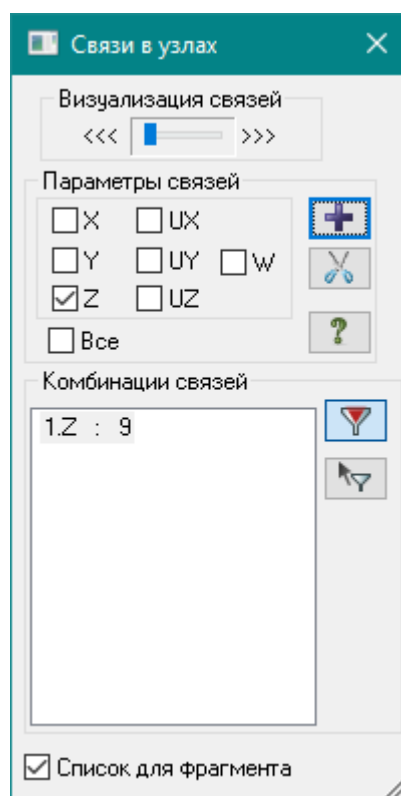
#### Задание граничных условий в узлах опирания




Щелчком по кнопке  – **Связи** (панель **Жесткости и связи** на вкладке **Создание и редактирование**) вызовите диалоговое окно **Связи в узлах** (рис.2.6). В этом окне, с помощью установки флажков, отметьте направления, по которым запрещены перемещения узлов (**Z**). После этого щелкните




по кнопке  – **Добавить связи в отмеченных узлах** (узлы окрашиваются в синий цвет, а в списке **Комбинации связей** добавляется строка назначенной комбинации связей).

Рис.2.6. Диалоговое окно **Связи в узлах**

Щелкните по кнопке  – **Отметка узлов** в раскрывающемся списке **Отметка узлов** на панели инструментов **Панель выбора**, чтобы снять активность с операции выделения узлов.


#### Этап 4. Задание вариантов конструирования

Вызовите диалоговое окно **Варианты конструирования** (рис.2.7) щелчком по кнопке  – **Варианты конструирования схемы** (панель **Конструирование** на вкладке **Создание и редактирование**). В этом диалоговом окне задайте параметры для первого варианта конструирования (подбор арматуры по теории Карпенко):

- в списке **Расчет сечений по:** включите радио-кнопку **PCY**;
- для выбора таблицы PCY щелкните по кнопке  – **Добавить/Редактировать таблицу PCY**;
- в появившемся диалоговом окне **Расчетные сочетания усилий** щелкните по кнопке  – **Подтвердить**;
- остальные параметры диалогового окна **Варианты конструирования** принимаются по умолчанию.

После этого в диалоговом окне **Варианты конструирования** щелкните по кнопке  – **Применить**.

Рис.2.7. Диалоговое окно **Варианты конструирования**

Для создания нового варианта конструирования необходимо нажать кнопку  – **Создать новый вариант конструирования схемы** (по умолчанию все параметры нового варианта конструирования получают значения, заданные в диалоговом окне **Параметры расчета** на соответствующих закладках).


После этого нужно задать следующие параметры:

- имя варианта конструирования;
- нормы для железобетонного и стального расчетов;
- вид расчета сечений (PCY, PCN или Усилия).


Ввод данных для варианта конструирования производится щелчком по кнопке  – **Применить**.

Щелчок по кнопке **Назначить текущим** или двойной щелчок по строке **Списка вариантов конструирования схемы** делает выбранный вариант активным в графической среде. Выбор материалов для варианта конструирования происходит в диалоговом окне **Жесткости и материалы** (рис.2.8,а).

### Создание второго варианта конструирования

Для создания второго варианта конструирования щелкните по кнопке  – **Создать новый вариант конструирования схемы**. Далее задайте параметры для второго варианта конструирования (подбор арматуры по теории Вуда):

- в списке **Расчет сечений по:** включите радио-кнопку **PCY** (заданная ранее таблица PCY автоматически подтянется в качестве текущей для данного варианта конструирования);
- остальные параметры диалогового окна **Варианты конструирования** принимаются по умолчанию.


После этого щелкните по кнопке  – **Применить**.

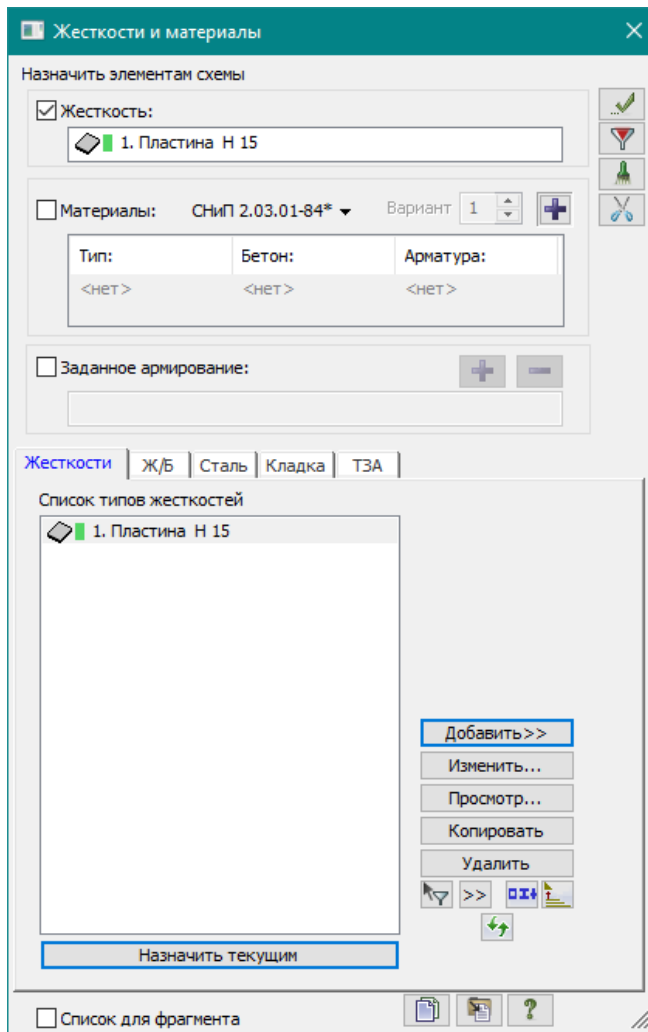
Для назначения текущим первого варианта конструирования, в списке вариантов конструирования схемы выделите строку **Вариант1** и щелкните по кнопке **Назначить текущим**.

Закройте диалоговое окно **Варианты конструирования** щелчком по кнопке  – **Заккрыть**.

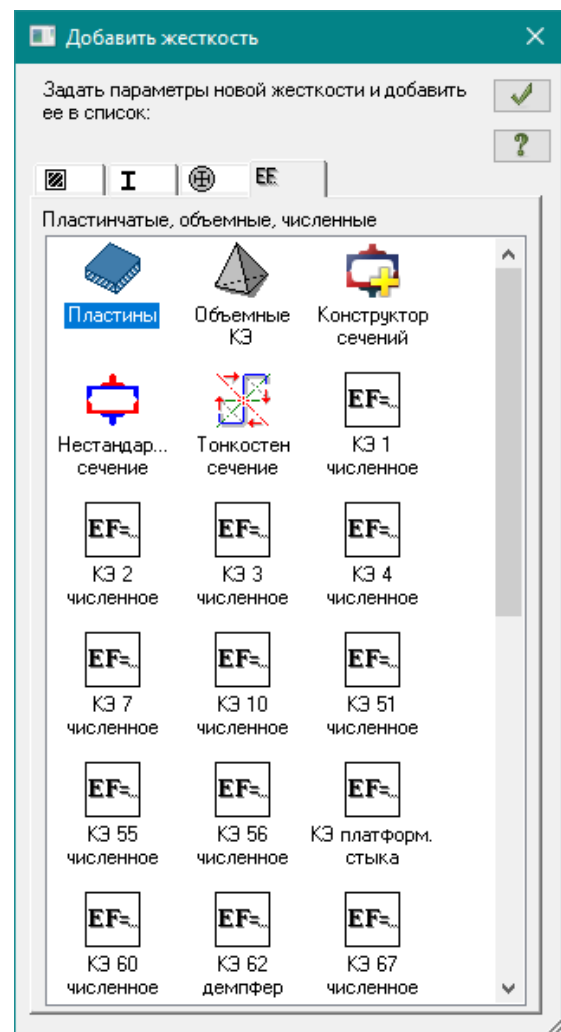
## **Этап 5. Задание жесткостных параметров и параметров материалов элементам плиты**

### Формирование типов жесткости

Щелчком по кнопке  – **Жесткости и материалы** (панель **Жесткости и связи** на вкладке **Создание и редактирование**) вызовите диалоговое окно **Жесткости и материалы** (рис.2.8,а). В этом окне щелкните по кнопке **Добавить** и в появившемся окне **Добавить жесткость** (библиотеке жесткостных характеристик) щелкните по четвертой закладке численного описания жесткости (рис.2.8,б). Выберите двойным щелчком мыши на элементе графического списка тип сечения **Пластины** (на экран выводится диалоговое окно для задания жесткостных характеристик выбранного типа сечения).



а




б

Рис.2.8. Диалоговые окна: а – Жесткости и материалы, б – Добавить жесткость

В диалоговом окне **Задание жесткости для пластин** задайте параметры сечения **Пластины** (рис.2.9):

- модуль упругости –  $E = 3e6 \text{ т/м}^2$  (при английской раскладке клавиатуры);
- коэф. Пуассона –  $\nu = 0.2$ ;
- толщина –  $H = 15 \text{ см}$ ;
- удельный вес материала –  $R_o = 2.75 \text{ т/м}^3$ .

Подтвердите введенные данные щелчком по кнопке  – **Подтвердить**.

Задание жесткости для пластин

☐ Учет ортотропии

E  Т/М<sup>2</sup> E2

V  V21

G

H  см Ro  Т/М<sup>3</sup>

Учет нелинейности ☐

Тип КЭ

☒ Плита, оболочка ☐ Балка-стенка

Параметры материала

Параметры арматуры

☐ Нелинейный закон для арматуры из ТЗА

☐ Учет сдвига

Меньший размер пластины  м

Комментарий

Цвет

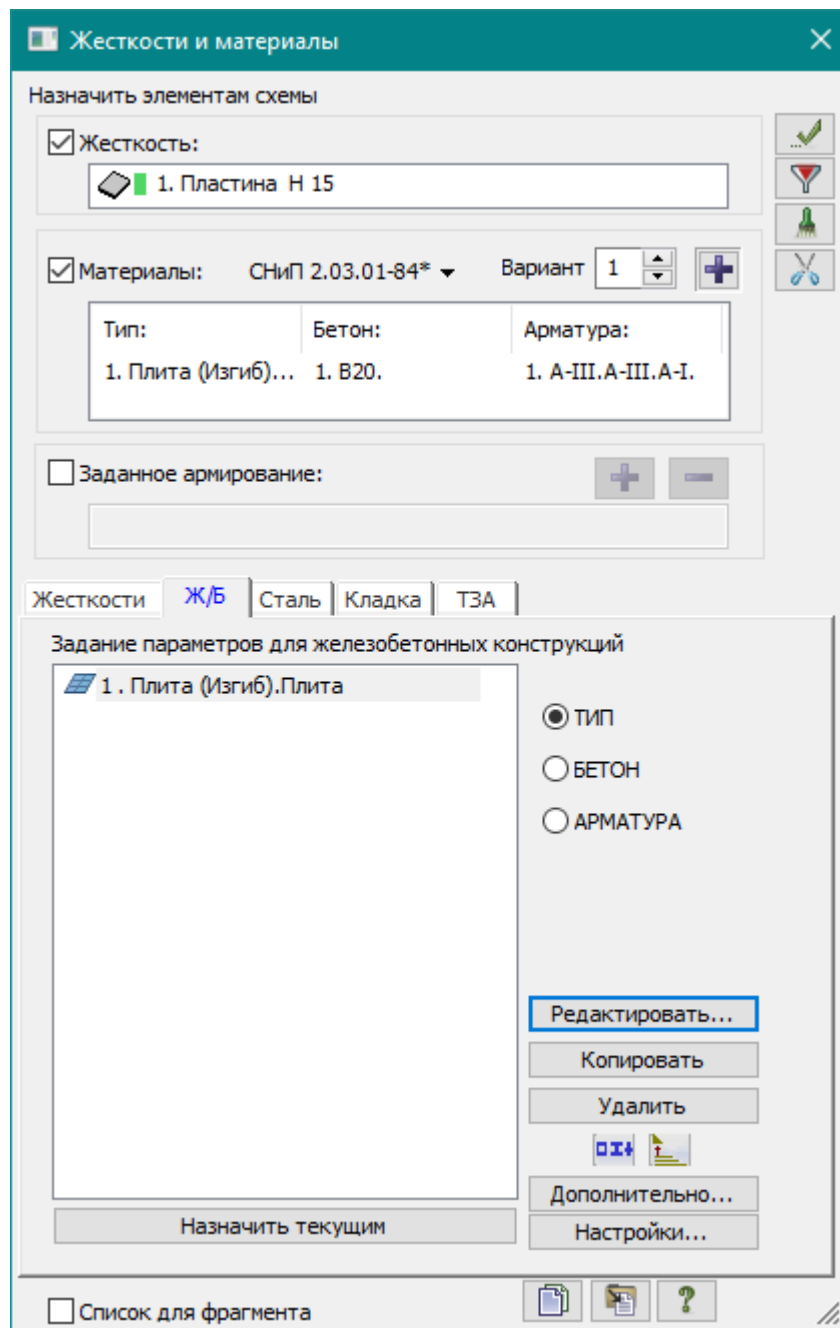
☒ ☐ ☐

Рис.2.9. Диалоговое окно **Задание жесткости для пластин**

Чтобы скрыть библиотеку жесткостных характеристик, в диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке **Добавить**.

#### [Задание материалов для первого варианта конструирования железобетонных конструкций](#)

В диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по второй закладке **Ж/Б (Задание параметров для железобетонных конструкций)**. При включенной радио-кнопке **Тип** щелкните по кнопке **Редактировать** (рис.2.10).

Рис.2.10. Диалоговое окно **Жесткости и материалы**

На экран выводится диалоговое окно **Материалы для расчета Ж/Б конструкций** (рис.2.11), в котором щелкните по первой строке в списке **ТИП: ПЛАСТИНА** и после этого в правой части окна задайте следующие параметры для пластинчатых элементов:

- в строке **Комментарий** задайте **Плита**;
- в раскрывающемся списке **Вид расчета** выберите строку **Плита**;
- все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.

После этого щелкните по первой строке в списке **БЕТОН** и в правой части окна задайте следующие параметры:

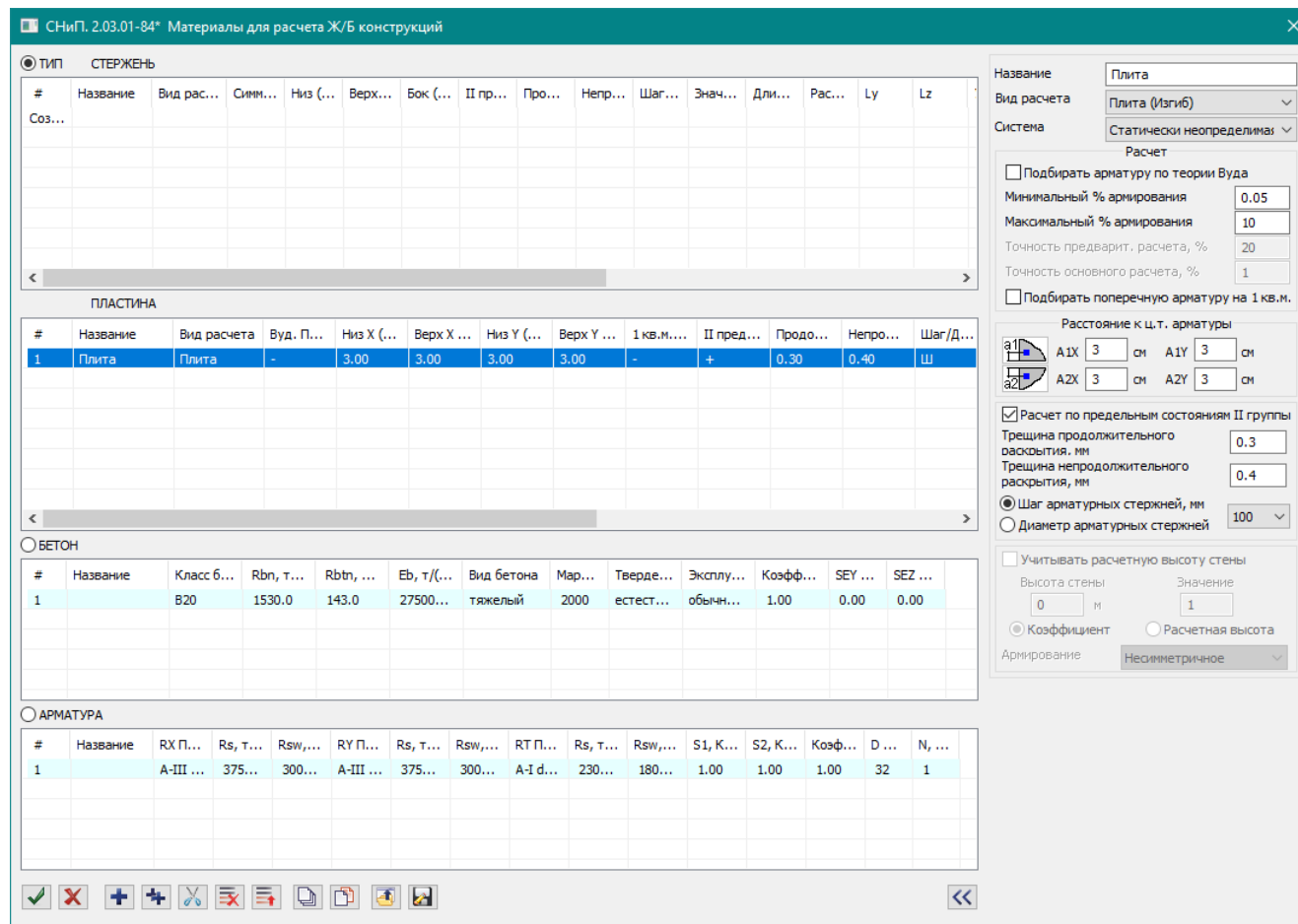
- в раскрывающемся списке **Класс бетона** выберите строку **В20**;
- все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.

Далее щелкните по первой строке в списке **АРМАТУРА** и в правой части окна задайте следующие параметры:

- в раскрывающемся списке **Поперечная арматура** выберите строку **А-I**;

- все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.

После этого щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.



**СНиП. 2.03.01-84\* Материалы для расчета Ж/Б конструкций**

**ТИП СТЕРЖЕНЬ**

#	Название	Вид рас...	Симм...	Низ (...)	Верх...	Бок (...)	II пр...	Про...	Непр...	Шаг...	Знач...	Дли...	Рас...	Ly	Lz
1	Плита	Плита	-	3.00	3.00	3.00	3.00	-	+	0.30	0.40	Ш			

**ПЛАСТИНА**

#	Название	Вид расчета	Вуд. П...	Низ X (...)	Верх X ...	Низ Y (...)	Верх Y ...	1 кв.м...	II пред...	Продо...	Непро...	Шаг/Д...
1	Плита	Плита	-	3.00	3.00	3.00	3.00	-	+	0.30	0.40	Ш

**БЕТОН**

#	Название	Класс б...	R <sub>bt</sub> , т...	R <sub>bt</sub> , ...	E <sub>b</sub> , т/с...	Вид бетона	Мар...	Тверде...	Эксплу...	Коефф...	SEY ...	SEZ ...
1		B20	1530.0	143.0	27500...	тяжелый	2000	естест...	обычн...	1.00	0.00	0.00

**АРМАТУРА**

#	Название	R <sub>x</sub> П...	R <sub>s</sub> , т...	R <sub>sw</sub> ,...	R <sub>y</sub> П...	R <sub>s</sub> , т...	R <sub>sw</sub> ,...	R <sub>t</sub> П...	R <sub>s</sub> , т...	R <sub>sw</sub> ,...	S <sub>1</sub> , К...	S <sub>2</sub> , К...	Коефф...	D ...	N, ...
1	A-III ...	375...	300...	A-III ...	375...	300...	A-I d...	230...	180...	1.00	1.00	1.00	32	1	

**Параметры расчета:**

Название: Плита  
Вид расчета: Плита (Изгиб)  
Система: Статически неопределима

**Расчет**

☐ Подбирать арматуру по теории Вуда

Минимальный % армирования: 0.05  
Максимальный % армирования: 10  
Точность предварит. расчета, %: 20  
Точность основного расчета, %: 1

☐ Подбирать поперечную арматуру на 1 кв.м.

**Расстояние к с.т. арматуры**

A1X 3 см A1Y 3 см  
A2X 3 см A2Y 3 см

☒ Расчет по предельным состояниям II группы

Трещина продолжительного раскрытия, мм: 0.3  
Трещина непродолжительного раскрытия, мм: 0.4

☒ Шаг арматурных стержней, мм: 100  
☐ Диаметр арматурных стержней

☐ Учитывать расчетную высоту стены

Высота стены: 0 м Значение: 1


☒ Коэффициент ☐ Расчетная высота

Армирование: Несимметричное

Рис.2.11. Диалоговое окно **Материалы для расчета Ж/Б конструкций**

### Задание материалов для второго варианта конструирования стальных конструкций


В диалоговом окне **Жесткости и материалы** установите флажок **Материалы** в поле **Назначить элементам схемы**. Для переключения на второй вариант конструирования, с помощью счетчика **Номер текущего варианта конструирования схемы** переключитесь на номер варианта конструирования **2**. После этого щелкните по кнопке **Добавить**. На экран выводится диалоговое окно **Материалы для**

**расчета Ж/Б конструкций**, в котором щелкните по кнопке  – **Добавить** и после этого в правой части окна задайте следующие параметры для пластинчатых элементов:


- в строке Комментарий задайте Плита **Вуд**;
- в раскрывающемся списке **Вид расчета** выберите строку **Плита**;
- установите флажок **Подбирать арматуру по теории Вуда**;
- все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.

Затем щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

### Назначение жесткостей и материалов элементам плиты

Щелкните по кнопке  – **Отметка элементов** в раскрывающемся списке **Отметка элементов** на панели инструментов **Панель выбора**. В диалоговом окне **Жесткости и материалы** в списке

текущего типа жесткости должна быть установлена жесткость – **1.Пластина Н 15**, а в списке текущих материалов должны быть установлены в качестве текущих: тип – **2.Плита**, класс бетона – **1.B20** и класс арматуры – **1.A-III**). С помощью курсора выделите все элементы схемы (выделенные элементы


окрашиваются в красный цвет). В диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке  – **Применить** (с элементов снимается выделение. Это свидетельство того, что выделенным элементам присвоена текущая комбинация жесткости и материала).


Для переключения на первый вариант конструирования, в диалоговом окне **Жесткости и материалы** с помощью счетчика **Номер текущего варианта конструирования схемы** переключитесь на номер варианта конструирования **1**. Чтобы назначить материалы для первого варианта конструирования, снимите флажок **Жесткость** в поле **Назначить элементам схемы**. Далее в диалоговом окне **Жесткости и материалы** в списке общих свойств материалов для железобетонных элементов выделите курсором строку **1.Плита (Изгиб). Плита**. Щелкните по кнопке **Назначить текущим**. С помощью курсора выделите все элементы схемы. Затем в диалоговом окне **Жесткости и материалы**

щелкните по кнопке  – **Применить**.

## Этап 6. Задание нагрузок

### Формирование загрузки № 1

Для задания нагрузки от собственного веса плиты, щелчком по кнопке  – **Добавить собственный вес** (панель **Нагрузки** на вкладке **Создание и редактирование**) вызовите диалоговое окно **Добавить собственный вес** (рис.2.12). В этом окне, при включенной радио-кнопке **все элементы**

**схемы** и заданном коэф. надежности по нагрузке равном **1**, щелкните по кнопке  – **Применить** (в соответствии с заданным объемным весом  $R_0$  элементы загружаются нагрузкой от собственного веса).

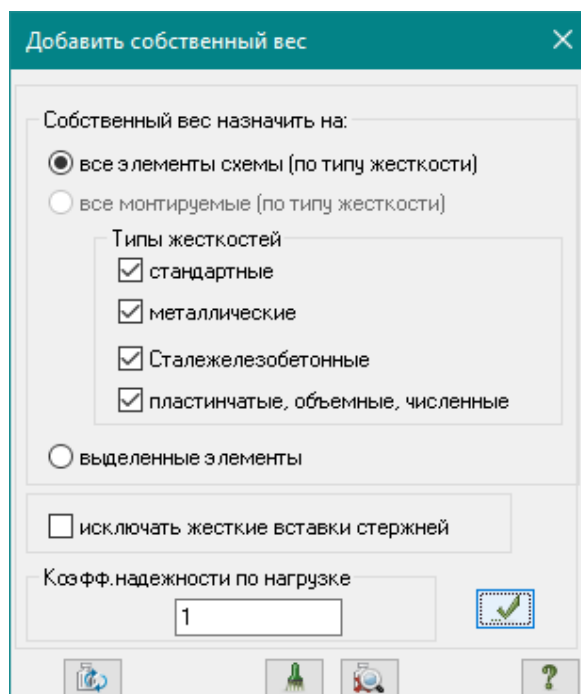





Рис.2.12. Диалоговое окно **Добавить собственный вес**

### Формирование загрузки № 2

Смените номер текущего загрузки щелчком по кнопке  – **Следующее загрузка** в строке состояния (находится в нижней области рабочего окна).

Щелкните по кнопке  – **Отметка узлов** в раскрывающемся списке **Отметка узлов** на панели инструментов **Панель выбора**. С помощью курсора выделите узлы № 18, 46 и 74 (в соответствии со схемой загрузки 2). Вызовите диалоговое окно **Задание нагрузок** на закладке **Нагрузки в узлах**

(рис.2.13) выбрав команду  – **Нагрузка на узлы** в раскрывающемся списке **Нагрузки на узлы и элементы** (панель **Нагрузки** на вкладке **Создание и редактирование**). В этом окне для закладки **Нагрузки в узлах** по умолчанию указана система координат **Глобальная**, направление – вдоль оси **Z**.

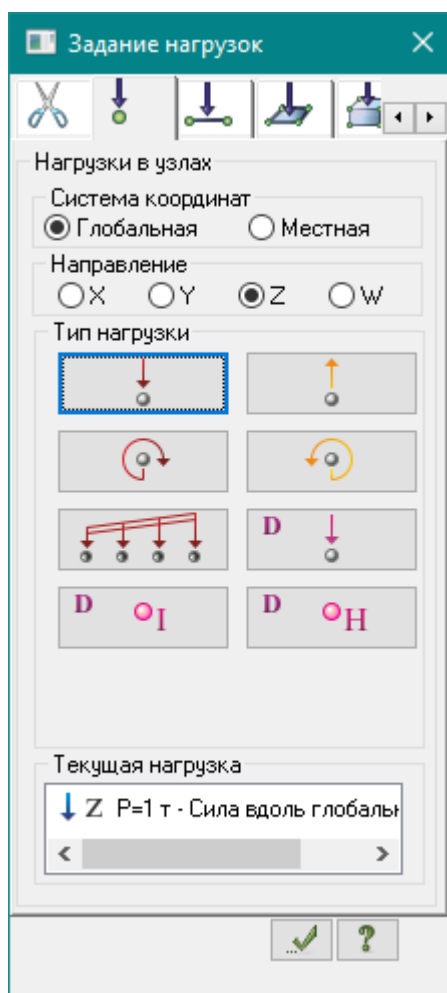

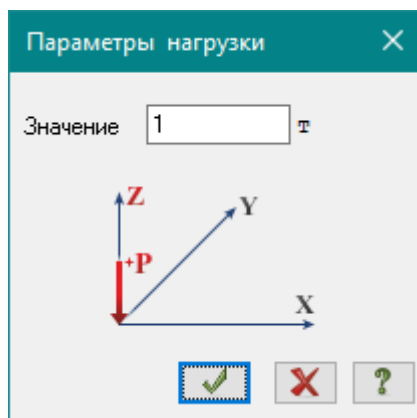




Рис.2.13. Диалоговое окно **Задание нагрузок**

Щелчком по кнопке сосредоточенной силы вызовите диалоговое окно **Параметры нагрузки**. В появившемся окне введите значение **P = 1 т** (рис.2.14). Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

Рис.2.14. Диалоговое окно **Параметры нагрузки**

### Формирование загрузки № 3


Смените номер текущего загрузки щелчком по кнопке  – **Следующее загрузка** в строке состояния. Для вывода на экран номеров элементов, в диалоговом окне **Показать** (рис.2.4) перейдите на первую закладку **Элементы** и установите флажок **Номера элементов**. Щелкните по кнопке  – **Перерисовать**.


Выделите элементы № 14, 23, 30, 31, 42, 43, 50, 59 (в соответствии со схемой загрузки 3). В диалоговом окне **Задание нагрузок** (рис.2.13) перейдите на закладку **Нагрузки на пластины** (по умолчанию указана система координат **Глобальная**, направление – вдоль оси **Z**). Щелчком по кнопке сосредоточенной силы вызовите диалоговое окно **Параметры**. В этом окне задайте следующие параметры:

- **P** = 1 т;
- **A** = 0.25 м;
- **B** = 0.25 м.

Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

### Задание расширенной информации о загрузках


Вызовите диалоговое окно **Редактор загрузок** (рис.2.15) щелчком по кнопке  – **Редактор загрузок** (панель **Нагрузки** на вкладке **Создание и редактирование**). В этом диалоговом окне в списке загрузок выделите строку соответствующую первому загрузке. Далее в поле **Редактирование выбранного загрузки** выберите в раскрывающемся списке **Вид** строку

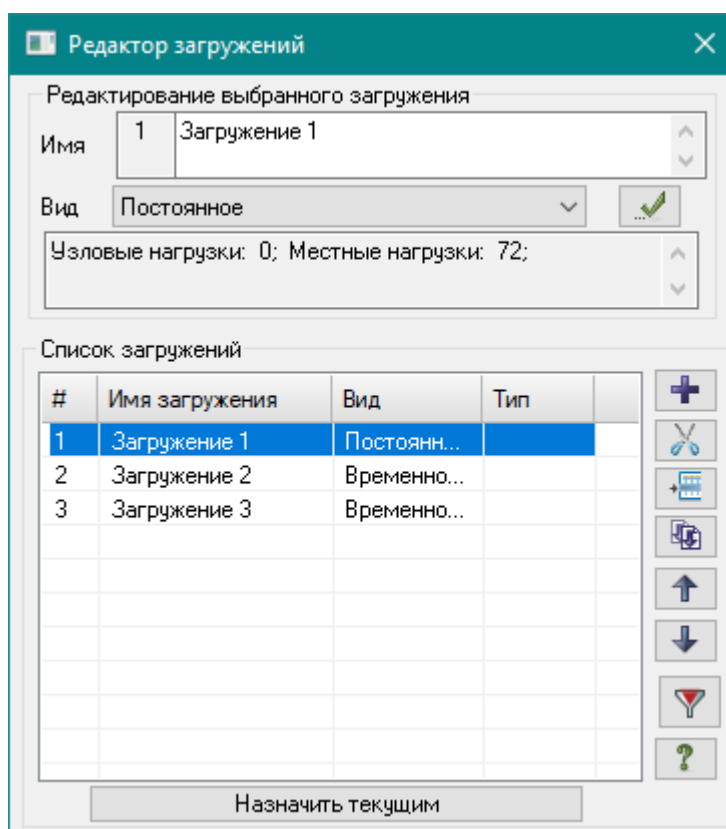
**Постоянное** и щелкните по кнопке  – **Применить**.

После этого в списке загрузок выделите строку соответствующую второму загрузке, а затем в поле **Редактирование выбранного загрузки** выберите в раскрывающемся списке **Вид** строку


**Временное длит. / Длительное** и щелкните по кнопке  – **Применить**.

Далее в списке загрузок выделите строку соответствующую третьему загрузке, а затем в поле **Редактирование выбранного загрузки** выберите в раскрывающемся списке **Вид** строку

**Временное длит. / Длительное** и щелкните по кнопке  – **Применить**.


Рис.2.15. Диалоговое окно **Редактор загрузений**

### Этап 7. Генерация таблицы РСУ


Щелчком по кнопке  – **Таблица РСУ** (панель РСУ на вкладке **Расчет**) вызовите диалоговое окно **Расчетные сочетания усилий** (рис.2.16).




Так как вид загрузений задавался в диалоговом окне **Редактор загрузений** (рис.2.15) таблицу РСУ можно сформировалась с параметрами, принятыми по умолчанию для каждого загрузения,

щелчком по кнопке  – **Заполнить таблицу РСУ значениями по умолчанию**. Далее нужно только подтвердить назначенные параметры.

В этом окне, при выбранных строительных нормах **СНиП 2.01.07-85\***, для формирования таблицы

PCY со значениями, принятыми по умолчанию для каждого загрузения, щелкните по кнопке  – **Заполнить таблицу PCY значениями по умолчанию**. После этого, для подтверждения назначения

параметров, принятых по умолчанию для каждого загрузения, щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

**Расчетные сочетания усилий**

Номер таблицы РСУ: 1

Имя таблицы РСУ: СНиП\_1

Строительные нормы: СНиП 2.01.07-85\*

Номер загрузки: 1 Загрузка 1

Вид загрузки: Постоянное(0) По умолчанию

N группы объединяемых временных загрузок: 0

Учитывать знакопеременность: ☐

N группы взаимоисключающих загрузок: 0

NN сопутствующих загрузок: 0 0

Коэффициент надежности: 1.10

Доля длительности: 1.00

Не учитывать для II-го пред. сост.: ☐

Ограничения для кранов и тормозов: Кран ☐ Тормоз ☐

Коэффициенты для РСУ

#	1 основ.	2 основ.	Особ.(С)	Особ.(6 С)	5 сочет.	6 сочет.
1	1.00	1.00	0.90	1.00	0.00	0.00
2	1.00	0.95	0.80	0.95	0.00	0.00
3	1.00	0.95	0.80	0.95	0.00	0.00

Сводная таблица для вычисления РСУ:


№	Имя загрузки	Вид	Параметры РСУ	Коэффициенты РСУ
1	Загрузка 1	Постоянное(0)	0 0 0 0 0 0 1.10 1.00	1.00 1.00 0.90 1.00
2	Загрузка 2	Временное д...	1 0 0 0 0 0 1.20 1.00	1.00 0.95 0.80 0.95
3	Загрузка 3	Временное д...	1 0 0 0 0 0 1.20 1.00	1.00 0.95 0.80 0.95

Рис.2.16. Диалоговое окно **Расчетные сочетания усилий****Этап 8. Полный расчет плиты**

Запустите задачу на расчет щелчком по кнопке  – **Выполнить полный расчет** (панель **Расчет** на вкладке **Расчет**).

**Этап 9. Просмотр и анализ результатов статического расчета**

В режиме просмотра результатов расчета по умолчанию расчетная схема отображается с учетом перемещений узлов (рис.2.17). Для отображения схемы без учета перемещений узлов щелкните по

кнопке  – **Исходная схема** (панель **Деформации** на вкладке **Анализ**).

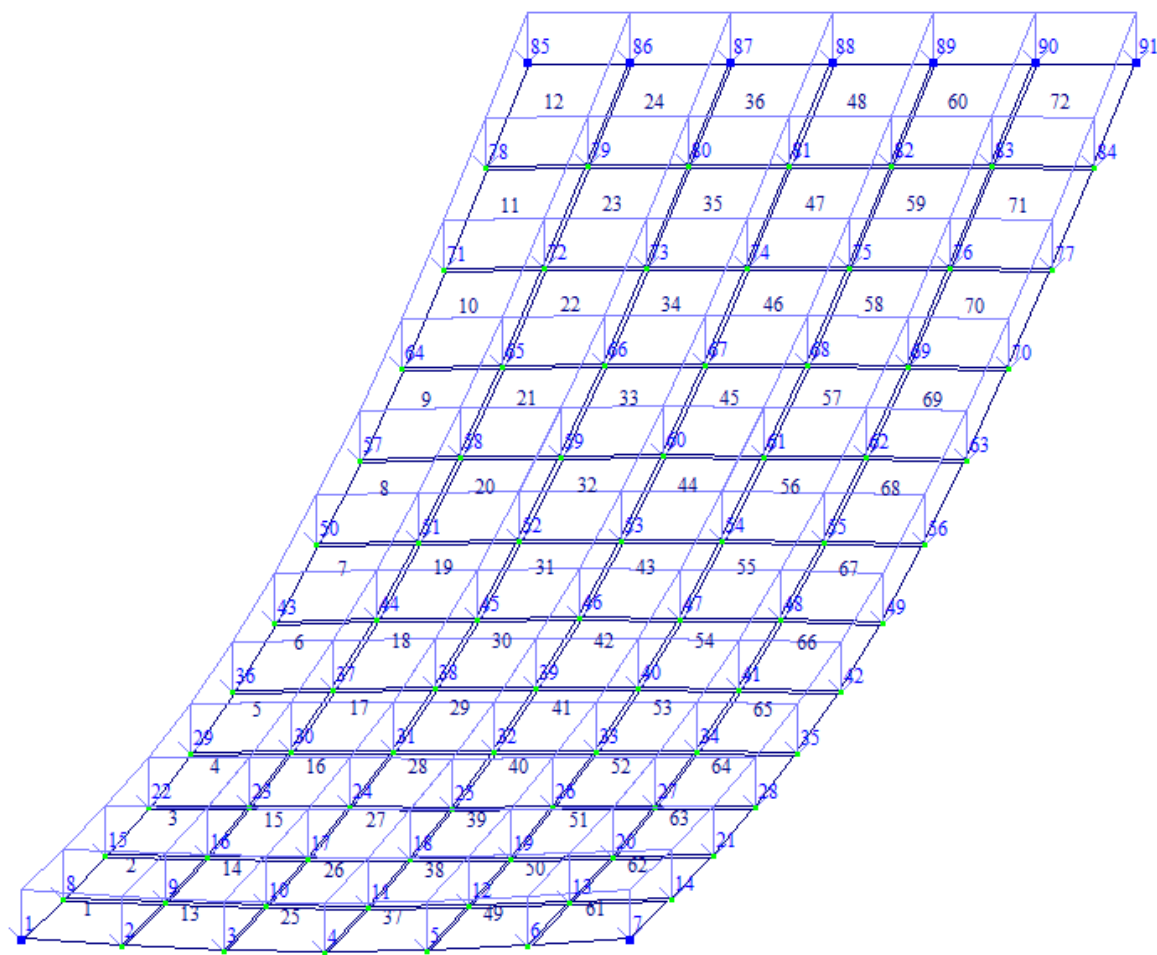





Рис.2.17. Расчетная схема с учетом перемещений узлов

Для отображения схемы без номеров элементов, номеров узлов и приложенных нагрузок в диалоговом окне **Показать** при активной закладке **Элементы** снимите флажок **Номера элементов**. После этого перейдите на закладку **Узлы** и снимите флажок **Номера узлов**. Далее перейдите на закладку **Общие** и снимите флажок **Нагрузки**. Щелкните по кнопке  – **Перерисовать**.

#### Вывод на экран изополей перемещений


Чтобы вывести на экран изополя перемещений по направлению Z, выберите команду  – **Изополя перемещений в глобальной системе** в раскрывающемся списке **Мозаика/изополя** и после этого щелкните по кнопке **Z** – **Изополя перемещений по Z** (панель **Деформации** на вкладке **Анализ**).

#### Вывод на экран мозаик напряжений



Чтобы вывести на экран мозаику напряжений по  $M_x$ , выберите команду  – **Мозаика напряжений** в раскрывающемся списке **Мозаика/изополя** и после этого щелкните по кнопке  **$M_x$**  – **Мозаика напряжений по  $M_x$**  (панель **Напряжения в пластинах и объемных КЭ** на вкладке **Анализ**).

Для отображения мозаики напряжений по  $M_y$ , щелкните по кнопке  **$M_y$**  – **Мозаика напряжений по  $M_y$**  (панель **Напряжения в пластинах и объемных КЭ** на вкладке **Анализ**).

### Смена номера текущего загрузки

В строке состояния (находится в нижней области рабочего окна) в раскрывающемся списке **Сменить номер загрузки** выберите строку соответствующую второму загрузению или щелкните по кнопке  – **Следующее загрузение**.

### Формирование и просмотр таблиц результатов расчета

Для вывода на экран таблицы со значениями расчетных сочетаний усилий в элементах схемы, выберите команду  – **Стандартные таблицы** в раскрывающемся списке **Документация** (панель **Таблицы** на вкладке **Анализ**). После этого в диалоговом окне **Таблицы** (рис.2.18) выделите строку **PCY расчетные**. Щелкните по кнопке  – **Применить**.

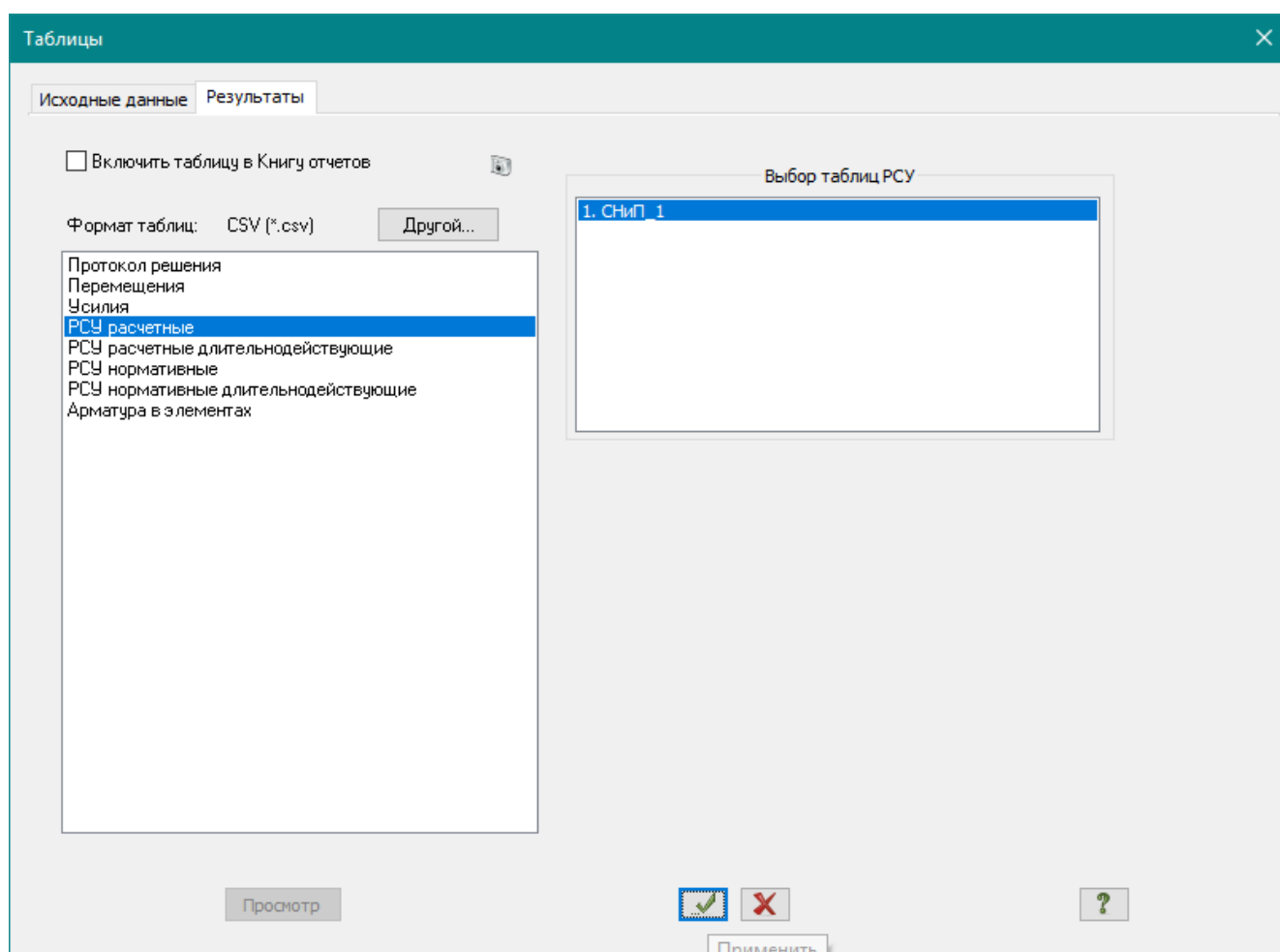






Рис.2.18. Диалоговое окно **Таблицы**


После анализа закройте таблицу щелчком по кнопке  – **Закрыть**.

## Этап 10. Просмотр и анализ результатов армирования



### Просмотр результатов армирования

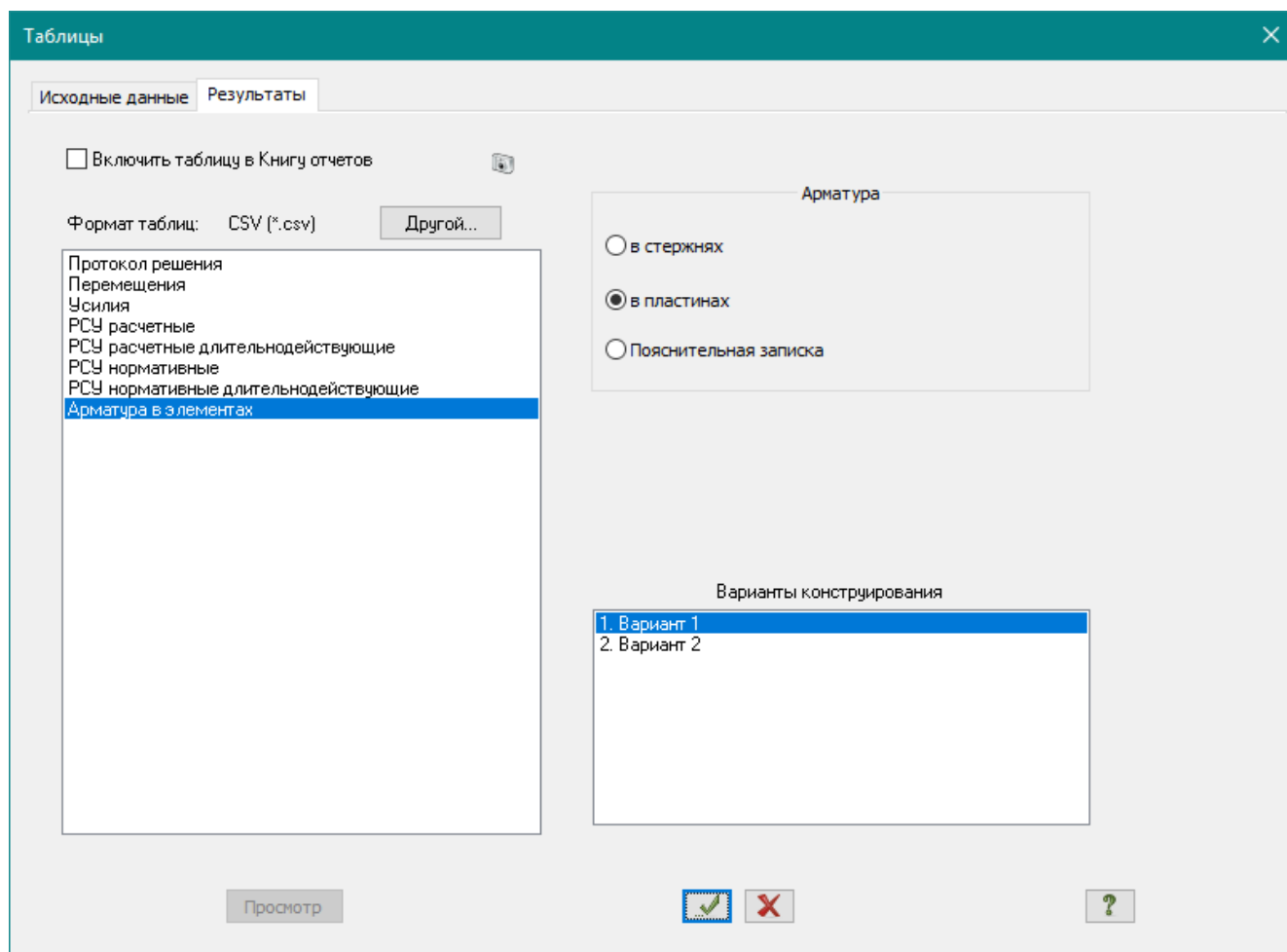
Для просмотра информации о выбранной арматуре в одном из пластинчатых конечных элементов, щелкните по кнопке  – **Информация об узле или элементе** на панели инструментов **Панель выбора** и укажите курсором на любой пластинчатый элемент. В появившемся диалоговом окне перейдите на закладку **Информация о выбранной арматуре** (в этом окне содержится полная информация о выбранном элементе, в том числе и с результатами подбора арматуры). Закройте диалоговое окно щелчком по кнопке  – **Заккрыть**.

Чтобы посмотреть мозаику отображения площади нижней арматуры в пластинах по направлению оси X1, щелкните по кнопке  – **Нижняя арматура в пластинах по оси X1** (панель **Армирование пластин** на вкладке **Железобетон**).

Чтобы посмотреть мозаику отображения площади нижней арматуры в пластинах по направлению оси Y1, щелкните по кнопке  – **Нижняя арматура в пластинах по оси Y1** (панель **Армирование пластин** на вкладке **Железобетон**).

### Формирование и просмотр таблиц результатов подбора арматуры

Вызовите диалоговое окно **Таблицы** (рис.2.19), выбрав команду  – **Таблицы результатов для ЖБ** в раскрывающемся списке **Документация** (панель **Таблицы** на вкладке **Конструирование**). В этом окне по умолчанию выделена строка **Арматура в элементах**, а в поле **Варианты конструирования** выделена строка **1. Вариант1**. В поле **Арматура** включите радио-кнопку **в пластинах**. Для создания таблицы результатов подбора арматуры в пластинчатых элементах щелкните по кнопке  – **Применить**.

Рис.2.19. Диалоговое окно **Таблицы**

#### Смена номера варианта конструирования

В строке состояния в раскрывающемся списке **Сменить номер варианта конструирования** выберите строку соответствующую второму варианту конструирования.



Для просмотра и анализа результатов по другим вариантам конструирования, нужно вызвать диалоговое окно **Варианты конструирования** (рис.2.7) щелчком по кнопке



– **Варианты конструирования схемы** (панель **Конструирование** на вкладке **Железобетон**). Чтобы переключиться на другой вариант конструирования, нужно выбрать соответствующую строку в **Списке вариантов конструирования схемы** и щелкнуть по кнопке **Назначить текущим**.

### Пример 3. Расчет рамы промышленного здания

#### Цели и задачи:

- произвести расчет плоской рамы на динамические воздействия;
- произвести расчет устойчивости конструкции;
- составить таблицу РСН;
- выполнить подбор и проверку стальных сечений элементов рамы.

#### Исходные данные:

Схема рамы и ее закрепление показаны на рис.3.1.

Сечения элементов:

- крайние колонны – коробка из швеллеров № 24;
- средние колонны – швеллер № 24;
- балка настила – двутавр № 36;
- верхний пояс фермы – два уголка 120 x 120 x 10;
- нижний пояс фермы – два уголка 100 x 100 x 10;
- стойки и раскосы фермы – два уголка 75 x 75 x 6.

Нагрузки:

- загрузка 1 – нагрузка от собственного веса элементов схемы,
- загрузка 2 – нагрузка от оборудования,
- загрузка 3 – ветровая нагрузка,
- загрузка 4 – гармоническое динамическое воздействие,
- загрузка 5 – сейсмическое воздействие.

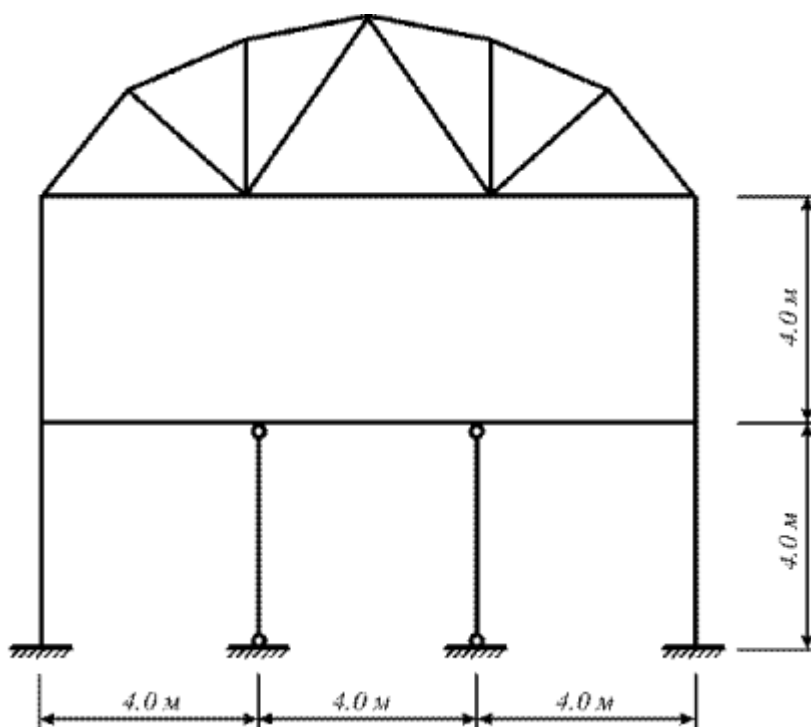



Рис.3.1. Расчетная схема поперечника здания

## Этап 1. Создание новой задачи

Для создания новой задачи откройте меню **Приложения** и выберите пункт **Новый** (кнопка  на панели быстрого доступа). В появившемся диалоговом окне **Описание схемы** (рис.3.2) задайте следующие параметры:

- имя создаваемой задачи – **Пример3**;
- в раскрывающемся списке **Признак схемы** выберите строку **2 – Три степени свободы в узле (перемещения X,Z,Uy) XOZ**.

После этого щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

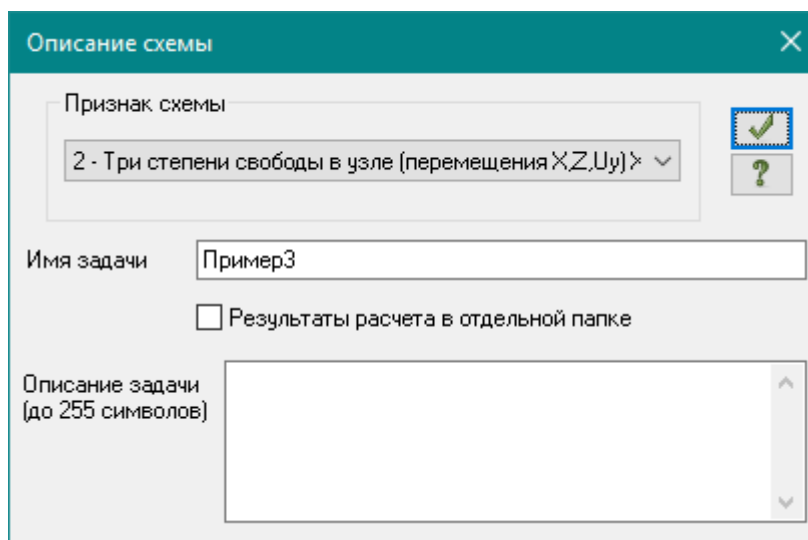



Рис.3.2. Диалоговое окно **Описание схемы**



Диалоговое окно **Описание схемы** также можно открыть с уже выбранным признаком схемы. Для этого в меню **Приложения** в раскрывающемся списке пункта **Новый** выберите команду




**2 – Второй признак схемы (Три степени свободы в узле)** или на панели быстрого

доступа в раскрывающемся списке **Новый** выберите команду  **2 – Второй признак схемы (Три степени свободы в узле)**. После этого нужно задать только имя задачи. **Признак 2** – схемы, располагаемые в плоскости XOZ; каждый узел имеет 3 степени свободы – линейные перемещения вдоль осей X, Z и поворот вокруг оси Y. В этом признаке схемы рассчитываются плоские рамы и допускается включение элементов ферм и балок-стенок.

## Этап 2. Создание геометрической схемы


### Добавление рамы

Вызовите диалоговое окно **Создание плоских фрагментов и сетей** щелчком по кнопке  – **Генерация регулярных фрагментов** (панель **Создание** на вкладке **Создание и редактирование**). В таблицу ввода значений введите параметры рамы:

- Шаг вдоль первой оси: Шаг вдоль второй оси:

<b>L(м) N</b>	<b>L(м) N</b>
4 3	4 2.

- Остальные параметры принимаются по умолчанию (рис.3.3).

После этого щелкните по кнопке  – **Применить**.

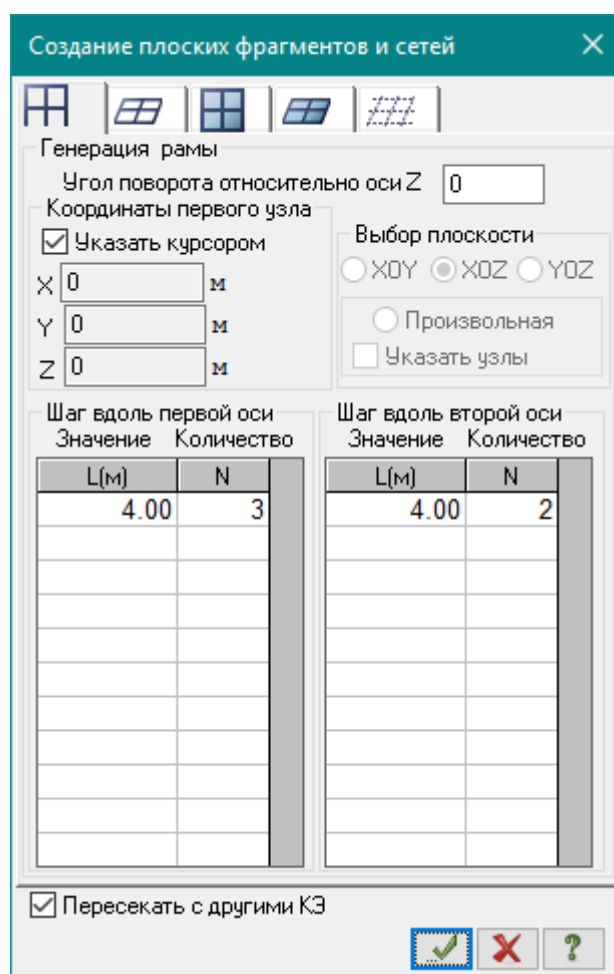





Рис.3.3. Диалоговое окно **Создание плоских фрагментов и сетей**

### Сохранение информации о расчетной схеме


Для сохранения информации о расчетной схеме откройте меню **Приложения** и выберите пункт **Сохранить** (кнопка  на панели быстрого доступа).


Вывод на экран номеров узлов и элементов


Щелкните по кнопке  – **Флаги рисования** на панели инструментов **Панель выбора** (по умолчанию находится в нижней области рабочего окна). В диалоговом окне **Показать** при активной закладке **Элементы** установите флажок **Номера элементов**. После этого перейдите на вторую закладку

**Узлы** и установите флажок **Номера узлов**. Щелкните по кнопке  – **Перерисовать**.

Корректировка схемы


Щелкните по кнопке  – **Отметка узлов** в раскрывающемся списке **Отметка узлов** на панели инструментов **Панель выбора** (по умолчанию находится в нижней области рабочего окна). С помощью

курсора выделите узлы № 10 и 11 (узлы окрашиваются в красный цвет). Щелчком по кнопке  – **Удаление выбранных объектов** (панель **Редактирование** на вкладке **Создание и редактирование**) удалите выделенные узлы (обратите внимание, что при удалении узлов автоматически удаляются прилегающие к ним элементы).

Щелкните по кнопке  – **Отметка элементов** в раскрывающемся списке **Отметка элементов** на панели инструментов **Панель выбора**. С помощью курсора выделите элементы № 3 и 5 (элементы окрашиваются в красный цвет).



*После выделения узлов или элементов расчетной схемы для ленточного вида интерфейса выводятся контекстные вкладки ленты. Каждая из контекстных вкладок содержит операции, которые относятся к выделенным объектам или выбранной команде. Контекстная вкладка закрывается по завершении работы с командой или снятии выделения с объектов. Контекстные вкладки, предназначенные для работы с узлами или элементами схемы, содержат команды только по созданию и редактированию схемы и не могут быть вызваны из вкладок **Анализ**, **Расширенный анализ**, **Конструирование**.*

Щелчком по кнопке  – **Шарниры** (панель **Редактирование стержней** на контекстной вкладке **Стержни**) вызовите диалоговое окно **Шарниры** (рис.3.4). В этом окне с помощью установки соответствующих флажков укажите узлы и направления, по которым снимается жесткость связи одного из концов стержня с узлом схемы:

- 2-й узел – **UY**.

Щелкните по кнопке  – **Применить**.

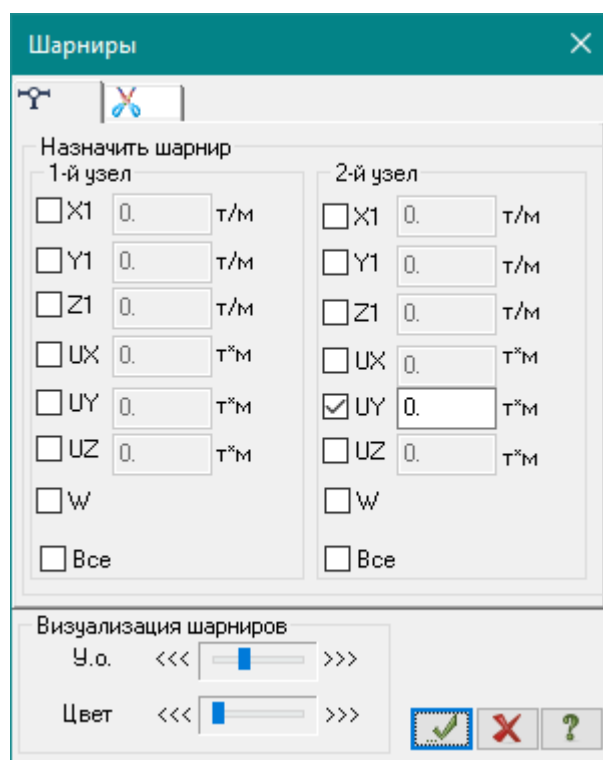



Рис.3.4. Диалоговое окно Шарниры

#### [Установка фермы на раму](#)

Щелчком по кнопке  – **Генерация ферм** (панель **Создание** на вкладке **Создание и редактирование**) вызовите диалоговое окно **Создание плоских ферм**. В этом окне щелкните по кнопке с конфигурацией арочной (сегментной) фермы. Далее выберите ферму по очертанию решетки, щелкнув по первой слева в верхнем ряду кнопке. После этого задайте параметры фермы (рис.3.5):



- $L = 12$  м;
- $K_f = 6$ .

Для просмотра геометрических размеров фермы в диалоговом окне, щелкните по кнопке **Нарисовать**. При установленном флажке **Указать узел привязки** укажите курсором на узел № 9 (в окне автоматически отобразятся координаты этого узла). Для установки фермы на раму, щелкните по кнопке



– Применить.

Рис.3.5. Диалоговое окно **Создание плоских ферм**Упаковка схемы

Щелчком по кнопке  – **Упаковка схемы** (панель **Редактирование** на вкладке **Создание и редактирование**) вызовите диалоговое окно **Упаковка** (рис.3.6). В этом окне щелкните по кнопке  – **Применить** (упаковка схемы производится для сшивки совпадающих узлов и элементов, а также для безвозвратного исключения из расчетной схемы удаленных узлов и элементов).

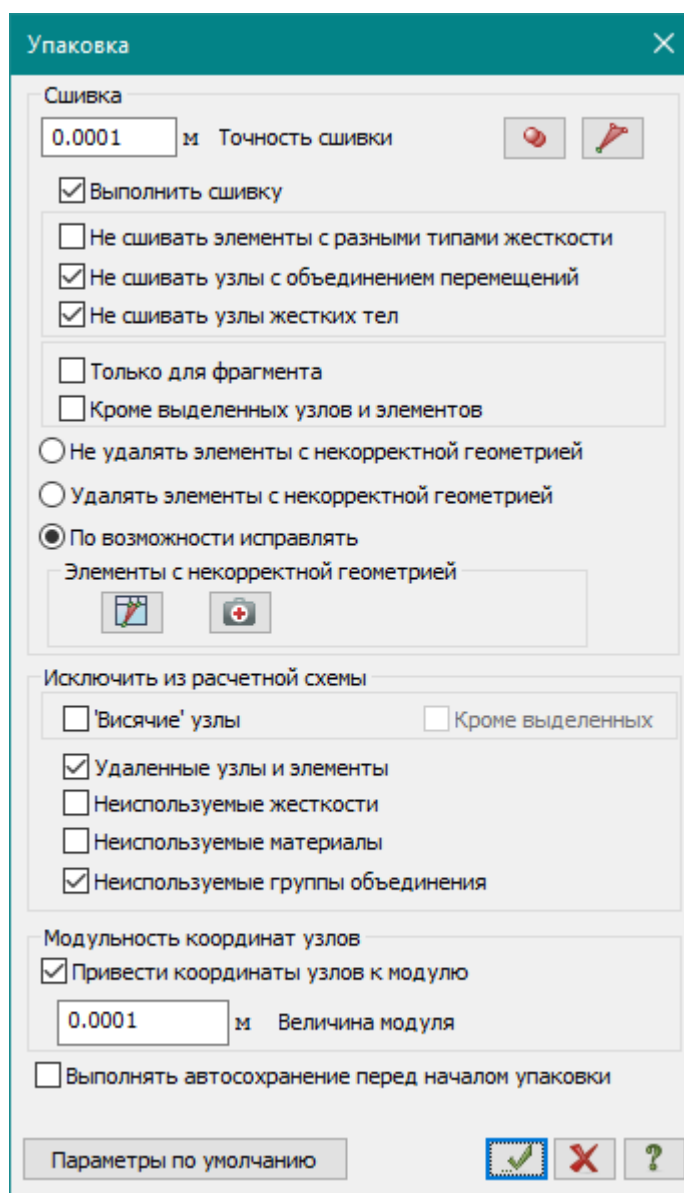


Рис.3.6. Диалоговое окно **Упаковка**

Получим геометрическую схему, показанную на рис.3.7.

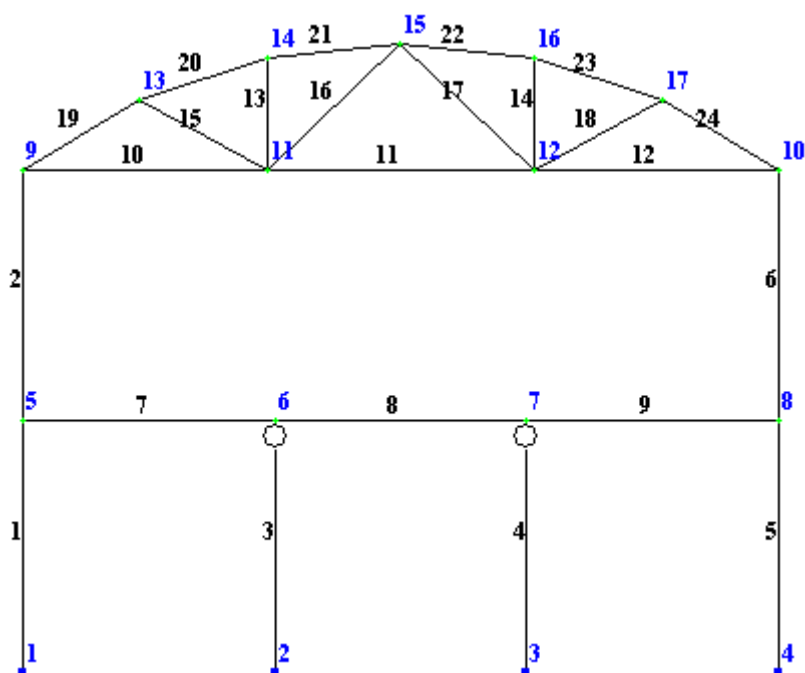






Рис.3.7. Расчетная схема рамы с номерами узлов и элементов

### Этап 3. Задание граничных условий




Щелкните по кнопке  – **Отметка узлов** в раскрывающемся списке **Отметка узлов** на панели инструментов **Панель выбора** и выделите узлы № 1 и 4. Щелчком по кнопке  – **Связи** (панель **Жесткости и связи** на вкладке **Создание и редактирование**) вызовите диалоговое окно **Связи в узлах**. В этом окне с помощью установки флажков, отметьте направления, по которым запрещены перемещения узлов (**X**, **Z**, **UY**). После этого щелкните по кнопке  – **Добавить связи в отмеченных узлах** (узлы окрашиваются в синий цвет, а в списке **Комбинации связей** добавляется строка назначенной комбинации связей).

Выделите узлы № 2, 3 и закрепите эти узлы по направлениям **X** и **Z** (для этого флажок с направления **UY** нужно снять).

Щелкните по кнопке  – **Отметка узлов** в раскрывающемся списке **Отметка узлов** на панели инструментов **Панель выбора**, чтобы снять активность с операции выделения узлов.

### Этап 4. Задание вариантов конструирования

Вызовите диалоговое окно **Варианты конструирования** (рис.3.8) щелчком по кнопке  – **Варианты конструирования схемы** (панель **Конструирование** на вкладке **Создание и редактирование**). В этом диалоговом окне задайте параметры для первого варианта конструирования:

- в списке **Расчет сечений по:** включите радио-кнопку **РСН**;
- для выбора таблицы РСН щелкните по кнопке  – **Добавить/Редактировать таблицу РСН**;
- в появившемся диалоговом окне **Расчетные сочетания усилий** щелкните по кнопкам  – **Сохранить данные** и  – **Выход**;
- остальные параметры диалогового окна **Варианты конструирования** принимаются по умолчанию.

После этого в диалоговом окне **Варианты конструирования** щелкните по кнопке  – **Применить**.

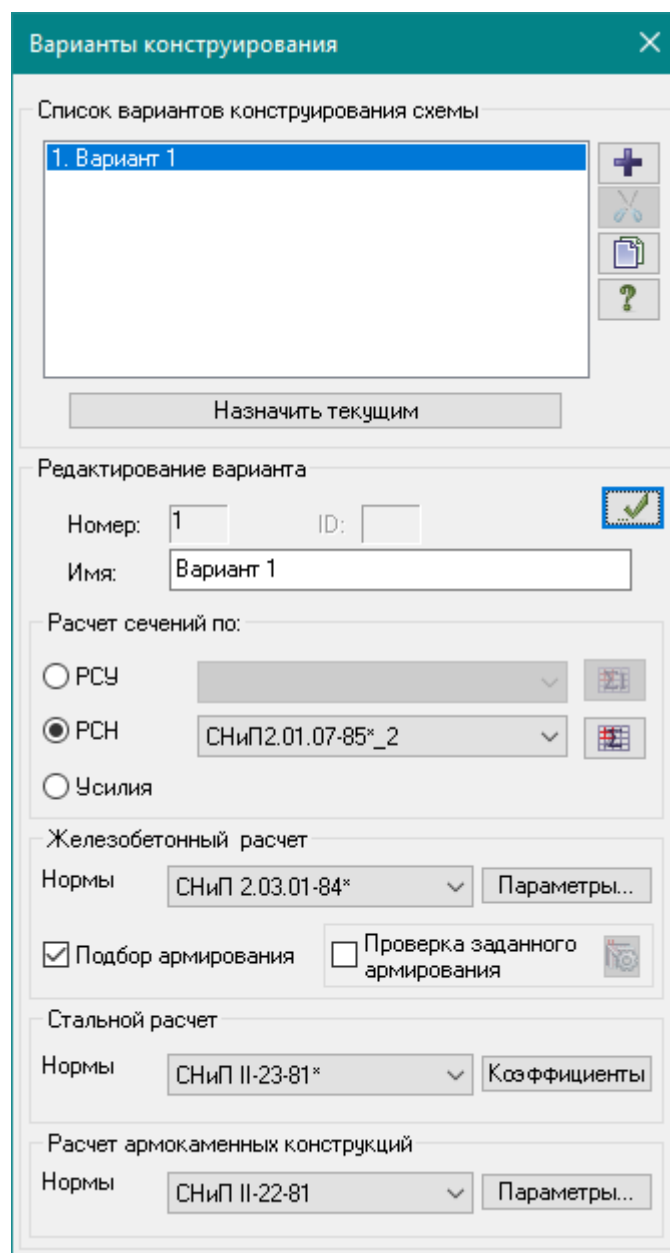



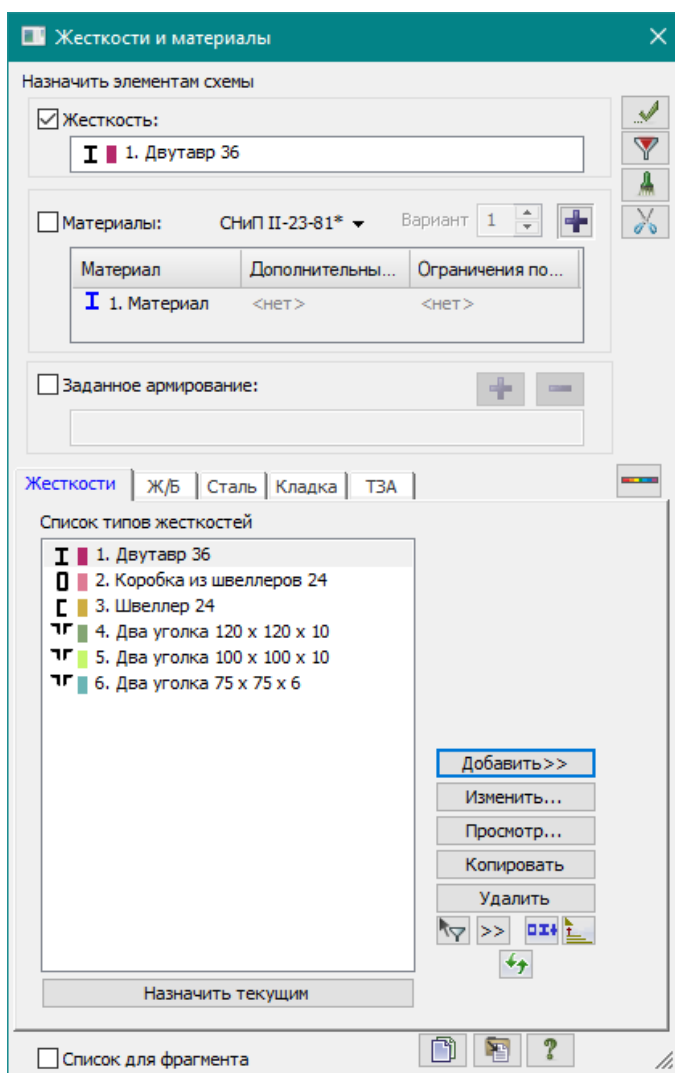
Рис.3.8. Диалоговое окно **Варианты конструирования**

Закройте диалоговое окно **Варианты конструирования** щелчком по кнопке  – **Заккрыть**.

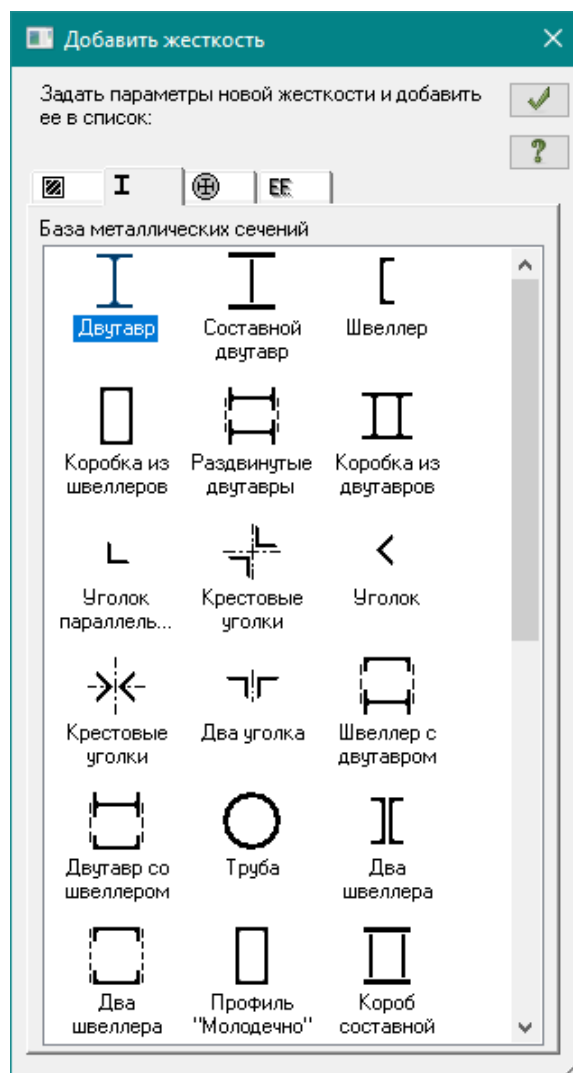
## Этап 5. Задание жесткостных параметров и параметров материалов элементам рамы

### Формирование типов жесткости

Щелчком по кнопке  – **Жесткости и материалы** (панель **Жесткости и связи** на вкладке **Создание и редактирование**) вызовите диалоговое окно **Жесткости и материалы** (рис.3.9 а). В этом окне щелкните по кнопке **Добавить** и в появившемся окне **Добавить жесткость** (библиотеке жесткостных характеристик) щелкните по второй закладке **База металлических сечений** (рис.3.9 б). Выберите двойным щелчком мыши на элементе графического списка тип сечения **Двутавр**.



а



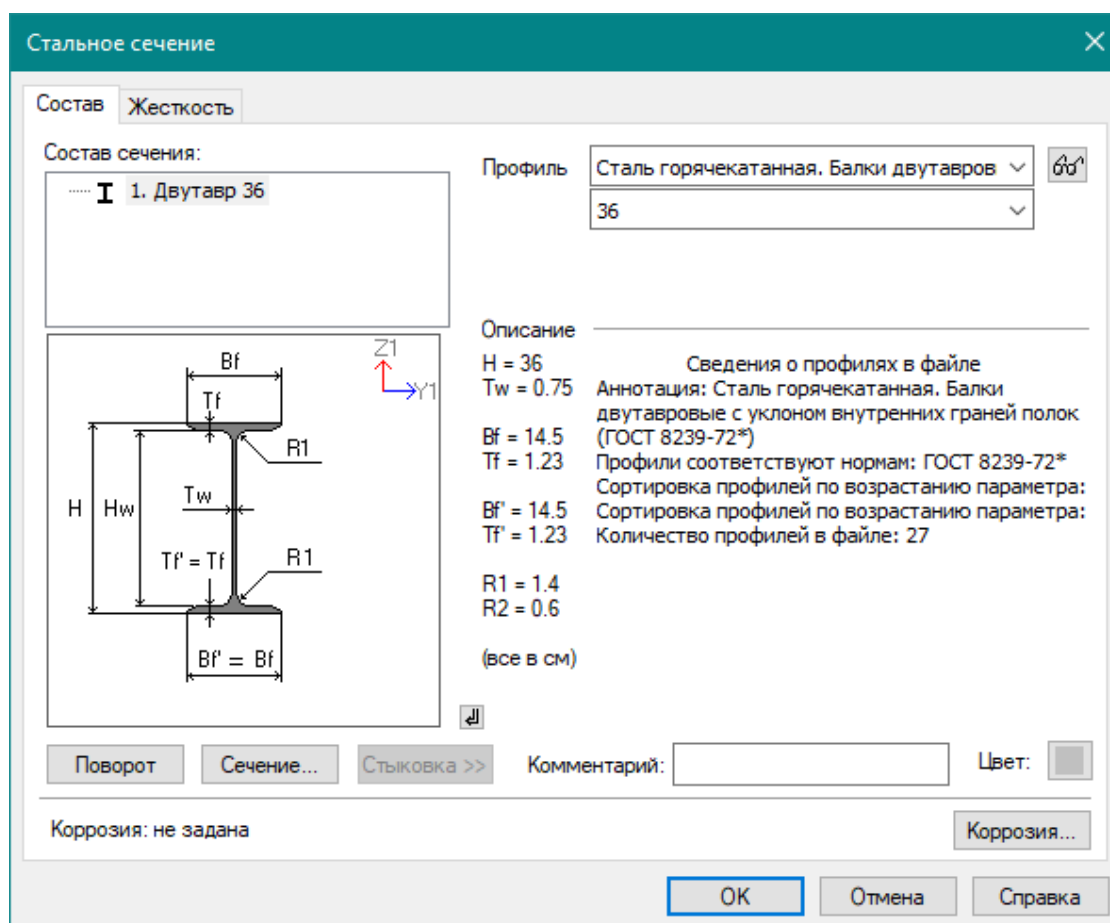
б

Рис.3.9. Диалоговые окна: а – **Жесткости и материалы**, б – **Добавить жесткость**

В диалоговом окне **Стальное сечение** (рис.3.10) задайте параметры сечения **Двутавр**:

- в раскрывающемся списке – **Профиль** сначала выберите позицию – **Сталь горячекатаная. Балки двутавровые с уклоном внутренних граней полок**;
- после этого в следующем списке выберите строку профиля – **36**.

Подтвердите ввод щелчком по кнопке **ОК**.

Рис.3.10. Диалоговое окно **Стальное сечение**

В диалоговом окне **Добавить жесткость** выберите тип сечения **Коробка из швеллеров**. В новом окне **Стальное сечение** задайте параметры сечения **Коробка из швеллеров**:

- Профиль – **Сталь горячекатанная. Швеллеры с уклоном внутренних граней полков**;
- Строка профиля – **24**.

Подтвердите ввод щелчком по кнопке **ОК**.

В диалоговом окне **Добавить жесткость** выберите тип сечения **Швеллер**. В новом окне **Стальное сечение** задайте параметры сечения **Швеллер**:

- Профиль – **Сталь горячекатанная. Швеллеры с уклоном внутренних граней полков**;
- Строка профиля – **24**.

Подтвердите ввод щелчком по кнопке **ОК**.

В диалоговом окне **Добавить жесткость** выберите тип сечения **Два уголка**. В появившемся окне **Стальное сечение** задайте параметры сечения **Два уголка**:

- Профиль – **Уголки стальные горячекатаные равнополочные (ГОСТ 8509-86)**;
- Строка профиля – **120 x 120 x 10**.

Подтвердите ввод щелчком по кнопке **ОК**.

Далее в диалоговом окне **Жесткости и материалы** в списке типов жесткостей с помощью курсора выделите строку **4. Два уголка 120 x 120 x 10**. Дважды щелкните по кнопке **Копировать**. После этого в списке типов жесткостей выделите строку **5. Два уголка 120 x 120 x 10**. Щелкните по кнопке **Изменить**. В новом окне **Стальное сечение** задайте:

- Строка профиля – **100 x 100 x 10**.

Подтвердите ввод щелчком по кнопке **ОК**.

В диалоговом окне **Жесткости и материалы** в списке типов жесткости выделите строку **6. Два уголка 120 x 120 x 10**. Щелкните по кнопке **Изменить**. В диалоговом окне **Стальное сечение** задайте:

- Строка профиля – **75 x 75 x 6**.

Подтвердите ввод щелчком по кнопке **ОК**.

Для того чтобы скрыть библиотеку жесткостных характеристик, в диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке **Добавить**.

#### Задание материалов для стальных конструкций



Режим **Стальные конструкции** предназначена для подбора и проверки сечений стержневых стальных элементов в соответствии со СНиП II.23-81, СП 16.13330.2011, ДБН В.2.6-198:2016, Eurocode 3.1.1 ENV 1993-1-1 и LFRD 2nd edition (AISC). Расчет выполняется на одно или несколько расчетных сочетаний усилий (PCY), нагрузок (PCH) или усилий, полученных из статического расчета конструкций. Выполняются также проверки элементов плоского напряженного состояния.

Производится подбор и проверка следующих типов сечений:

- элементы ферм и связей, работающие на центральное сжатие и растяжение;
- балки, подверженные поперечному изгибу;
- колонны, подверженные сжатию с изгибом.

Подбор и проверка может производиться в двух режимах:

- сквозной режим, в процессе которого производится расчет для всех указанных пользователем элементов в автоматическом режиме;
- локальный режим, в процессе которого пользователь может производить многовариантное проектирование – изменять размеры сечения, менять марку стали, варьировать расстановку ребер жесткости и т.п.

Результатами расчета являются размеры сечений элементов и коэффициент использования несущей способности сечений элементов (в процентном выражении), проверяемых в соответствии с требованиями выбранных норм.

Перед тем как приступить к заданию материалов для стальных конструкций, в диалоговом окне **Жесткости и материалы** в списке типов жесткостей выделите курсором тип жесткости **1. Двухтавр 36** и щелкните по кнопке **Назначить текущим** (при этом выбранный тип записывается в строке редактирования **Жесткость** поля **Назначить элементам схемы**. Можно назначить текущий тип жесткости двойным щелчком по строке списка).

После этого для задания материалов для стальных конструкций, в диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по третьей закладке **Сталь (Задание параметров для стальных конструкций)**. Далее включите радио-кнопку **Материал** и щелкните по кнопке **Добавить**. На экран выводится диалоговое окно **Параметры** (рис.3.11), в котором в раскрывающемся списке **Таблица сталей** выберите строку **Стали по СНиП II-23-81\***, **фасон**, а в раскрывающемся списке **Сталь** выберите класс стали **S235** (будет использоваться для всех элементов). Для ввода данных щелкните по кнопке **ОК**.

Номер	1
Комментарий	Материал
<b>Сечение</b>	
Таблица сталей	Стали по СНиП II-23-...
Сталь	C235
Сокращенный сортамент	Нет

**Сталь**  
Сталь поперечного сечения стержня

ОК Отмена

Рис.3.11. Диалоговое окно **Параметры** (для материалов)

Затем в диалоговом окне **Жесткости и материалы** включите радио-кнопку **Дополнительные характеристики** и щелкните по кнопке **Добавить**. В новом окне **Параметры** (рис.3.12) задайте параметры для балок:

- в поле **Тип элемента** включите радио-кнопку **Балка**;
- в поле **Данные для расчета на общую устойчивость** установите флажок **использовать коэффициенты длины**;
- задайте коэффициент длины балки для проверки общей устойчивости  $K_b = 0.33$ ;
- в раскрывающемся списке **Раскрепление сжатого пояса** выберите строку **два и более, делят пролет на равные части**;
- в поле **Расчет по прогибу** задайте максимально допустимый прогиб –  $1/250$ ;
- в поле **Комментарий** задайте **Балки**;
- все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.

Для ввода данных щелкните по кнопке **ОК**.

Параметры	
Нормы проектирования	СНиП II-23-81*
Номер	1
Комментарий	Балки
<b>Тип элемента</b>	
Ферменный	<input type="radio"/>
Колонна	<input type="radio"/>
Балка	<input checked="" type="radio"/>
<b>Коэффициенты условий работы и надежности</b>	
Ус устойчивости	0.95
Ус прочности	1
Уп	1
<b>Расчет производится</b>	
в пределах упругости	<input checked="" type="radio"/>
с учетом пластичности	<input type="radio"/>
Чистый изгиб	<input type="checkbox"/>
<b>Ребра жесткости</b>	
устанавливать ребра	<input type="checkbox"/>
шаг ребер, м	0
<b>Расчет по прогибу</b>	
Длина пролета L, м	Авто
Максимально допустимый прогиб	1/250
Консоль	<input type="checkbox"/>
<b>Данные для расчета на общую устойчивость</b>	
Kb	0.33
использовать коэффициенты длины	<input checked="" type="checkbox"/>
Консоль	<input type="checkbox"/>
Балка с одной осью симметрии	<input type="checkbox"/>
Раскрепление сжатого пояса	два и более, делят п...
<b>Комментарий</b> Произвольный текст, характеризующий этот набор дополнительных характеристик	
<input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="Отмена"/>	

Рис.3.12. Диалоговое окно **Параметры** (для балок)

Еще раз щелкните по кнопке **Добавить** в диалоговом окне **Жесткости и материалы**. В новом окне **Параметры** (рис.3.13) задайте параметры для колонн:

- в поле **Тип элемента** включите радио-кнопку **Колонна**;
- в поле **Расчетные длины** установите флажок **использовать коэффициенты длины**;
- задайте коэффициент длины относительно оси Z1  $K_z = 1$ ;
- коэффициент длины относительно оси Y1  $K_y = 1$ ;
- коэффициент длины для расчета  $\Phi b$   $K_b = 0.85$ ;
- в поле **Комментарий** задайте **Колонны**;
- все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.

Для ввода данных щелкните по кнопке **OK**.

<b>Параметры</b>	
Нормы проектирования	СНиП II-23-81*
Номер	2
Комментарий	Колонны
<b>Тип элемента</b>	
Ферменный	<input type="radio"/>
Колонна	<input checked="" type="radio"/>
Балка	<input type="radio"/>
<b>Коэффициенты условий работы и надежности</b>	
Ус устойчивости	1
Ус прочности	1
Уп	1
<b>Предельная гибкость</b>	
основная колонна	<input checked="" type="radio"/>
неосновная колонна	<input type="radio"/>
прочая	<input type="radio"/>
На сжатие	180-60a
На растяжение	300
<b>Расчет производится</b>	
в пределах упругости	<input checked="" type="radio"/>
с учетом пластичности	<input type="radio"/>
<b>Расчетные длины</b>	
Kz	1
Ky	1
Kb	0.85
использовать коэффициенты длины	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Комментарий</b> Произвольный текст, характеризующий этот набор дополнительных характеристик	
<input type="button" value="ОК"/> <input type="button" value="Отмена"/>	

Рис.3.13. Диалоговое окно **Параметры** (для колонн)

Снова щелкните по кнопке **Добавить** в диалоговом окне **Жесткости и материалы**. В новом окне **Параметры** (рис.3.14) задайте параметры для верхнего пояса фермы:

- в поле **Тип элемента** включите радио-кнопку **Ферменный**;
- в поле **Расчетные длины** установите флажок **использовать коэффициенты длины**;
- задайте коэффициент длины относительно оси Z1 **Kz = 1**;
- коэффициент длины относительно оси Y1 **Ky = 1**;
- в поле **Предельная гибкость** включите радио-кнопку **элемент пояса или опорный раскос фермы**;
- в поле **Комментарий** задайте **Верхний пояс**;
- все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.

Для ввода данных щелкните по кнопке **ОК**.

Нормы проектирования	СНиП II-23-81*
Номер	3
Комментарий	Верхний пояс
<b>Тип элемента</b>	
Ферменный	<input checked="" type="radio"/>
Колонна	<input type="radio"/>
Балка	<input type="radio"/>
<b>Коэффициенты условий работы и надежности</b>	
Yс устойчивости	1
Yс прочности	1
Yп	1
Дополнительный Yс=0.8	<input type="checkbox"/>
<b>Предельная гибкость</b>	
элемент пояса или опорный раскос фермы	<input checked="" type="radio"/>
неопорный элемент решетки фермы	<input type="radio"/>
одиночный элемент структурной конструкц...	<input type="radio"/>
прочий	<input type="radio"/>
На сжатие	180-60a
На растяжение	300
<b>Расчетные длины</b>	
Kz	1
Ky	1
использовать коэффициенты длины	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Комментарий</b> Произвольный текст, характеризующий этот набор дополнительных характеристик	
<input type="button" value="ОК"/> <input type="button" value="Отмена"/>	

Рис.3.14. Диалоговое окно **Параметры** (для верхнего пояса фермы)

Еще раз щелкните по кнопке **Добавить** в диалоговом окне **Жесткости и материалы**. В новом окне **Параметры** задайте параметры для нижнего пояса фермы:

- в поле **Тип элемента** включите радио-кнопку **Ферменный**;
- в поле **Расчетные длины** установите флажок **использовать коэффициенты длины**;
- задайте коэффициент длины относительно оси Z1 **Kz = 0.33**;
- коэффициент длины относительно оси Y1 **Ky = 0.33**;
- в поле **Предельная гибкость** включите радио-кнопку **элемент пояса или опорный раскос фермы**;
- в поле **Комментарий** задайте **Нижний пояс**;
- все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.

Для ввода данных щелкните по кнопке **ОК**.

Снова щелкните по кнопке **Добавить** в диалоговом окне **Жесткости и материалы**. В новом окне **Параметры** задайте параметры для решетки фермы:

- в поле **Тип элемента** включите радио-кнопку **Ферменный**;
- в поле **Расчетные длины** установите флажок **использовать коэффициенты длины**;

- задайте коэффициент длины относительно оси Z1  $K_z = 1$ ;
- коэффициент длины относительно оси Y1  $K_y = 1$ ;
- в поле **Предельная гибкость** включите радио-кнопку **неопорный элемент решетки фермы**;
- в поле **Комментарий** задайте **Решетка**;
- все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.

Для ввода данных щелкните по кнопке **ОК**.

#### Назначение жесткостей и материалов элементам рамы

В диалоговом окне **Жесткости и материалы** установите флажок **Материалы** в поле **Назначить элементам схемы**. После этого в списке дополнительных характеристик для стальных конструкций выделите курсором строку **1. Балки** (при этом в списке текущего типа жесткости должна быть установлена жесткость – **1. Двутавр 36**). Щелкните по кнопке **Назначить текущим** (при этом выбранный тип дополнительных характеристик записывается в строке редактирования **Материалы** поля **Назначить элементам схемы**. Можно назначить текущий тип дополнительных характеристик двойным щелчком по строке списка).



Щелкните по кнопке **Отметка горизонтальных стержней** на панели инструментов **Панель выбора**. С помощью курсора выделите горизонтальные элементы № 7, 8 и 9 (выделенные элементы окрашиваются в красный цвет).

В диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке **Применить**. На экране появляется диалоговое окно **Предупреждение**, в котором щелкните по кнопке **Нет** (с элементов снимается выделение. Это свидетельство того, что выделенным элементам присвоена текущая комбинация жесткости и материала).



Щелкните по кнопке **Отметка горизонтальных стержней** на панели инструментов **Панель выбора**, чтобы снять активность с операции выделения горизонтальных стержневых элементов.

В диалоговом окне **Жесткости и материалы** в списке дополнительных характеристик для стальных конструкций выделите курсором строку **2. Колонны**. Щелкните по кнопке **Назначить текущим**. Далее щелкните по первой закладке **Жесткости** и в списке типов жесткостей выделите курсором тип жесткости **2. Коробка из швеллеров 24**. Щелкните по кнопке **Назначить текущим**.



После этого щелкните по кнопке **Отметка вертикальных стержней** на панели инструментов **Панель выбора**. С помощью курсора выделите вертикальные элементы схемы № 1, 2, 5 и

6 (крайние колонны). Затем в диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке **Применить**.

В списке типов жесткостей выделите курсором тип жесткости **3. Швеллер 24**. Щелкните по кнопке **Назначить текущим**. С помощью курсора выделите вертикальные элементы схемы № 3 и 4 (средние

колонны). Затем в диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке **Применить**.



Щелкните по кнопке **Отметка вертикальных стержней** на панели инструментов **Панель выбора**, чтобы снять активность с операции выделения вертикальных стержневых элементов.

В списке типов жесткостей выделите курсором тип жесткости **4. Два уголка 120 x 120 x 10**. Щелкните по кнопке **Назначить текущим**. После этого в диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по третьей закладке **Сталь** и в списке дополнительных характеристик для стальных конструкций выделите курсором строку **3. Верхний пояс**. Щелкните по кнопке **Назначить текущим**.



Щелчком по кнопке **ПолиФильтр** на панели инструментов **Панель выбора** вызовите диалоговое окно **ПолиФильтр** (рис.3.15), для того чтобы выделить элементы верхнего пояса. В этом окне перейдите на вторую закладку **Фильтр для элементов**. Далее установите флажок **По номерам КЭ**

и в соответствующем поле введите номера элементов **19–24**. После этого щелкните по кнопке **Применить**.

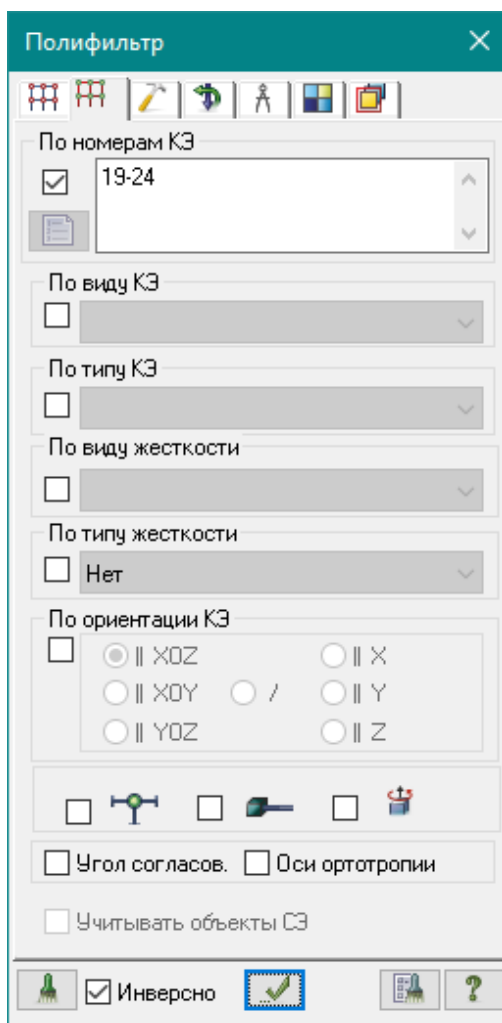







Рис.3.15. Диалоговое окно ПолиФильтр

В диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке  – **Применить**. Назначьте текущими дополнительные характеристики для стальных конструкций **4. Нижний пояс** и тип жесткости **5. Два уголка 100 x 100 x 10**. Для выделения элементов нижнего пояса фермы, в диалоговом


**ПолиФильтр** введите номера элементов **10–12** и щелкните по кнопке  – **Применить**. В диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке  – **Применить**.



Назначьте текущими тип жесткости **6. Два уголка 75 x 75 x 6** и дополнительные характеристики для стальных конструкций **5. Решетка**. Для выделения элементов решетки фермы, в диалоговом окне

**Фильтр для элементов** введите номера элементов **13–18** и щелкните по кнопке  – **Применить**. В диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке  – **Применить**.

Закройте диалоговое окно **ПолиФильтр** щелчком по кнопке  – **Заккрыть**.

#### Этап 6. Смена типа конечных элементов для элементов фермы

Щелкните по кнопке  – **Отметка элементов** в раскрывающемся списке **Отметка элементов** на панели инструментов **Панель выбора**. Выделите все элементы фермы.

Щелчком по кнопке  – **Смена типа КЭ** (панель **Схема** на вкладке **Расширенное редактирование**) вызовите диалоговое окно **Смена типа конечного элемента** (рис.3.16). В этом окне в списке типов конечных элементов выделите строку **Тип 1 – КЭ плоской фермы**. Щелкните по кнопке  – **Применить**.

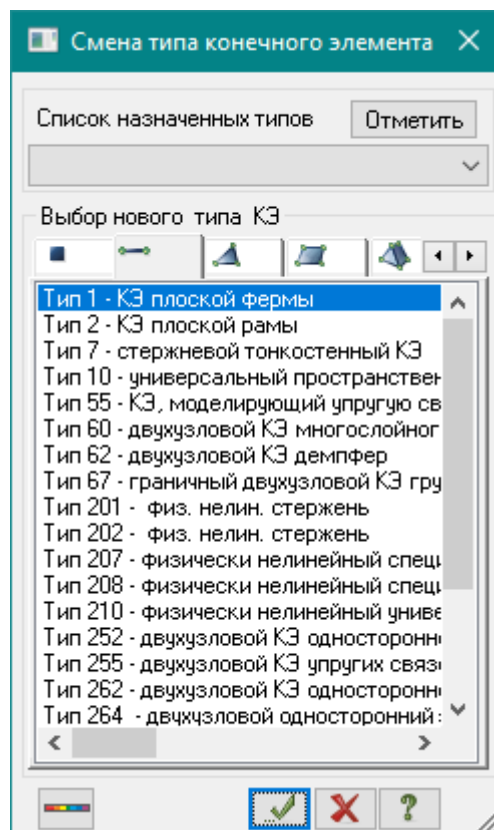


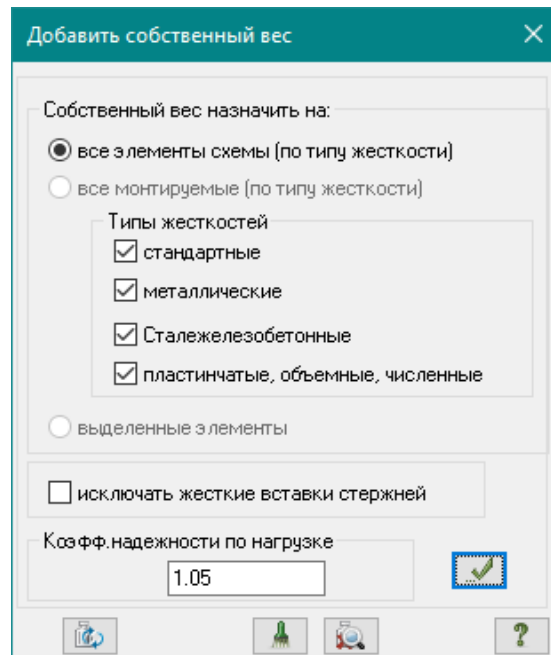



Рис.3.16. Диалоговое окно **Смена типа конечного элемента**

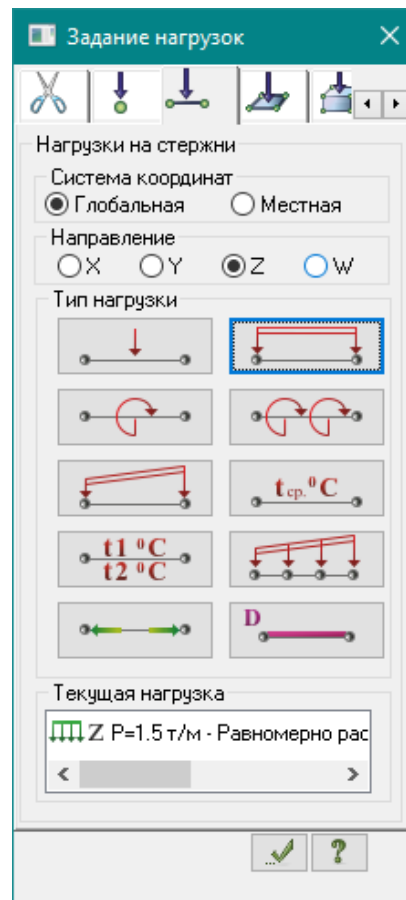
## Этап 7. Задание нагрузок

### Формирование загрузки № 1


Вызовите диалоговое окно **Добавить собственный вес** (рис.3.17) щелчком по кнопке  – **Добавить собственный вес** (панель **Нагрузки** на вкладке **Создание и редактирование**). В этом окне, при включенной радио-кнопке **все элементы схемы**, в поле **Козф. надежности по нагрузке** задайте коэффициент равен **1.05** (так как в системе **РС-САПР** (Редактируемый сортамент) погонный вес элементов задан нормативным, то его нужно преобразовать в расчетный). Щелкните по кнопке  – **Применить** (всем элементам конструкции автоматически назначается равномерно распределенная нагрузка, равная погонному весу элементов).

Рис.3.17. Диалоговое окно **Добавить собственный вес**

Выделите элементы № 7, 8 и 9. После этого вызовите диалоговое окно **Задание нагрузок** на закладке **Нагрузки на стержни** (рис.3.18), выбрав команду  – **Нагрузка на стержни** в раскрывающемся списке **Нагрузки на узлы и элементы** (панель **Нагрузки** на вкладке **Создание и редактирование**). В этом окне по умолчанию указана система координат **Глобальная**, направление – вдоль оси **Z**.

Рис.3.18. Диалоговое окно **Задание нагрузок**

Щелчком по кнопке равномерно распределенной нагрузки вызовите диалоговое окно **Параметры**.

В этом окне задайте интенсивность нагрузки  $p = 1.5$  т/м (рис.3.19). Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

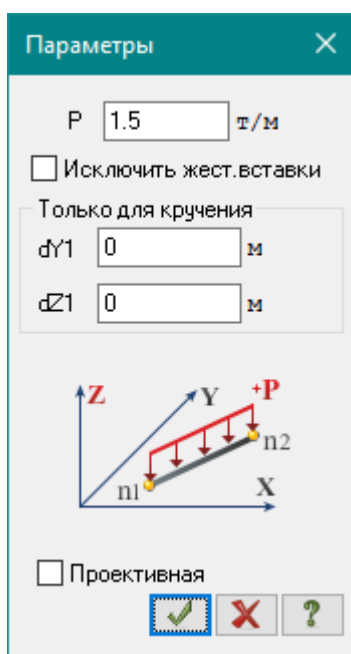



Рис.3.19. Диалоговое окно **Параметры**


Щелкните по кнопке  – **Отметка узлов** в раскрывающемся списке **Отметка узлов** на панели инструментов **Панель выбора**. Выделите узлы опирания фермы на колонну № 9 и 10.

В диалоговом окне **Задание нагрузок** перейдите на вторую закладку **Нагрузки в узлах** (по умолчанию указана система координат **Глобальная**, направление – вдоль оси **Z**). Щелчком по кнопке сосредоточенной силы вызовите диалоговое окно **Параметры нагрузки**. В этом окне задайте величину

нагрузки  $P = 6$  т. Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

Выделите остальные узлы верхнего пояса № 13 – 17 и задайте на эти узлы сосредоточенную силу величиной  $P = 12$  т аналогично описанным выше операциям.

### [Формирование загрузки № 2](#)


Смените номер текущего загрузки щелчком по кнопке  – **Следующее загрузка** в строке состояния (находится в нижней области рабочего окна).

Выделите элементы № 7, 8, 9 и задайте на эти элементы равномерно распределенную нагрузку интенсивностью  $p = 2$  т/м аналогично первому загрузке.

Выделите узлы № 9 и 10, задайте на эти узлы сосредоточенную силу величиной  $P = 2$  т аналогично первому загрузке.

Выделите узлы № 13 – 17 и аналогично первому загрузке задайте на них сосредоточенную силу величиной  $P = 4$  т.

### [Формирование загрузки № 3](#)

Смените номер текущего загрузки щелчком по кнопке  – **Следующее загрузка** в строке состояния.

Выделите узлы № 5 и 10, задайте на них сосредоточенную силу вдоль глобальной оси **X** величиной **P** = -1.5 т аналогично первому нагружению. Выделите узел № 9 и задайте на этот узел силу вдоль глобальной оси **X** величиной **P** = -2 т. Выделите узел № 8 и задайте на него силу вдоль глобальной оси **X** величиной **P** = -1.125 т.


#### Формирование нагружения № 4

Смените номер текущего нагружения на **4**.

#### Задание узловой гармонической нагрузки

Выделите узел № 6. В диалоговом окне **Задание нагрузок**, щелчком по кнопке гармонической нагрузки, вызовите диалоговое окно **Гармоническая нагрузка в узле** (рис.3.20.). В этом окне задайте следующие параметры:

- Дополнительная масса в узле – **2 т**;
- Направление нагрузки – **X1**;
- Закон действия нагрузки – **cos**;
- Амплитуда воздействия – **0.1 т**.

Подтвердите введенную информацию щелчком по кнопке  – **Подтвердить**.

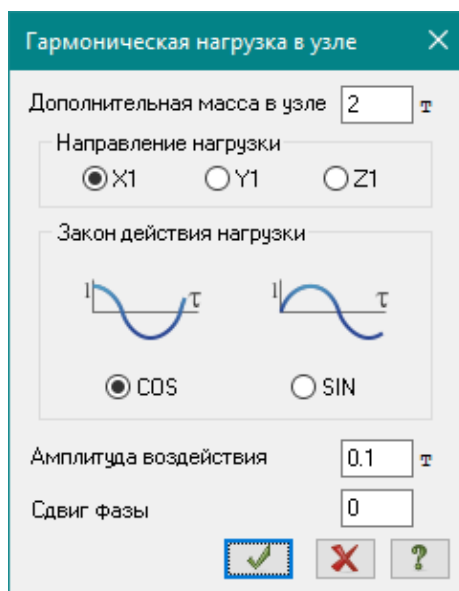





Рис.3.20. Диалоговое окно **Гармоническая нагрузка в узле**


Щелкните по кнопке  – **Отметка узлов** в раскрывающемся списке **Отметка узлов** на панели инструментов **Панель выбора**, чтобы снять активность с операции выделения узлов.

#### Задание расширенной информации о нагружениях


Вызовите диалоговое окно **Редактор нагружений** (рис.3.21) щелчком по кнопке  – **Редактор нагружений** (панель **Нагрузки** на вкладке **Создание и редактирование**). В этом диалоговом окне в списке нагружений выделите строку, соответствующую первому нагружению. Далее в поле **Редактирование выбранного нагружения** выберите в раскрывающемся списке **Вид** строку

**Постоянное** и щелкните по кнопке  – **Применить**.

После этого в списке загрузок выделите строку, соответствующую второму загрузке, а затем в поле **Редактирование выбранного загрузки** выберите в раскрывающемся списке **Вид** строку


**Временное длит. / Длительное** и щелкните по кнопке  – **Применить**.


Далее в списке загрузок выделите строку, соответствующую третьему загрузке, а затем в поле **Редактирование выбранного загрузки** выберите в раскрывающемся списке **Вид** строку

**Мгновенное** и щелкните по кнопке  – **Применить**.

Далее в списке загрузок выделите строку, соответствующую четвертому загрузке, а затем в поле **Редактирование выбранного загрузки** выберите в раскрывающемся списке **Вид** строку

**Особое / Эпизодическое** и щелкните по кнопке  – **Применить**.

Чтобы добавить пятое загрузку, в поле **Список загрузок** щелкните по кнопке  – **Добавить загрузку (в конец)**.

Для Загрузки 5 в поле **Редактирование выбранного загрузки** выберите в раскрывающемся списке **Вид** строку **Сейсмическое** и щелкните по кнопке  – **Применить**.

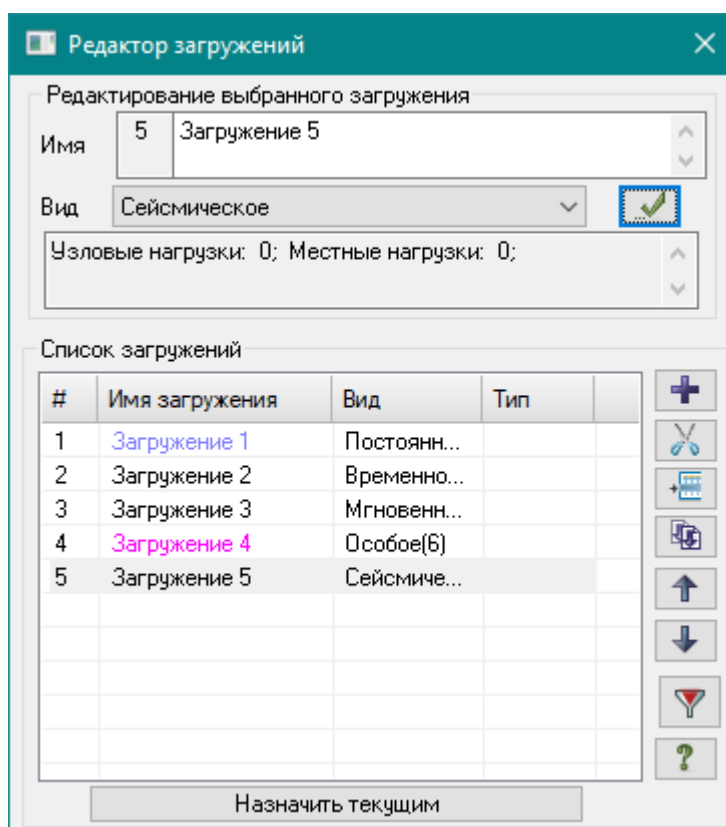


Рис.3.21. Диалоговое окно **Редактор загрузок**

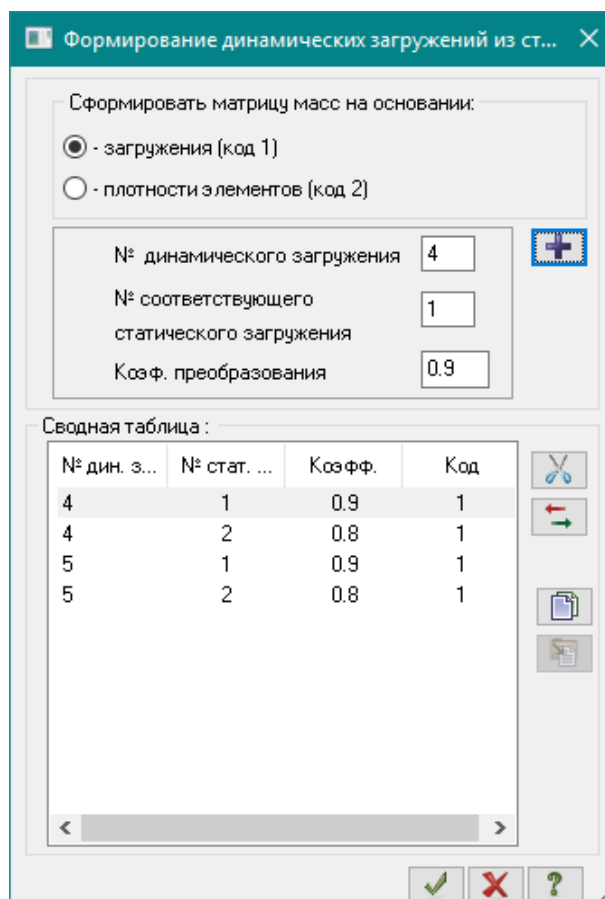
## Задание характеристик для расчета рамы на динамические воздействия

### Этап 8. Формирование динамических загрузок из статических

#### Формирование таблицы учета статических загрузок для гармонического воздействия

Вызовите диалоговое окно **Формирование динамических загрузок из статических** (рис.3.22)

щелчком по кнопке  – **Учет статических загрузок** (панель **Динамика** на вкладке **Расчет**).

Рис.3.22. Диалоговое окно **Формирование динамических нагрузок из статических**

Для формирования первой строки сводной таблицы, в этом окне, при включенной радио-кнопке **нагружения (код 1)**, задайте следующие параметры:

- № динамического нагружения – **4**;
- № соответствующего статического нагружения – **1**;
- Коеф. преобразования – **0.9**.

Далее щелкните по кнопке  – **Добавить**.

Для формирования второй строки сводной таблицы, в этом же окне задайте следующие параметры:

- № динамического нагружения – **4**;
- № соответствующего статического нагружения – **2**;
- Коеф. преобразования – **0.8**.

Щелкните по кнопке  – **Добавить**.

#### Формирование таблицы учета статических нагрузок для сейсмического воздействия

Для формирования третьей строки сводной таблицы, в диалоговом окне **Формирование динамических нагрузок из статических** задайте следующие параметры:

- № динамического нагружения – **5**;
- № соответствующего статического нагружения – **1**;
- Коеф. преобразования – **0.9**.

Далее щелкните по кнопке  – **Добавить**.

Для формирования четвертой строки сводной таблицы, в этом же окне задайте следующие параметры:

- № динамического нагружения – **5**;
- № соответствующего статического нагружения – **2**;
- Коэф. преобразования – **0.8**.


Закончив, щелкните по кнопкам  – **Добавить** и  – **Подтвердить**.



Указанные статические загрузки формируют веса масс для динамических воздействий.

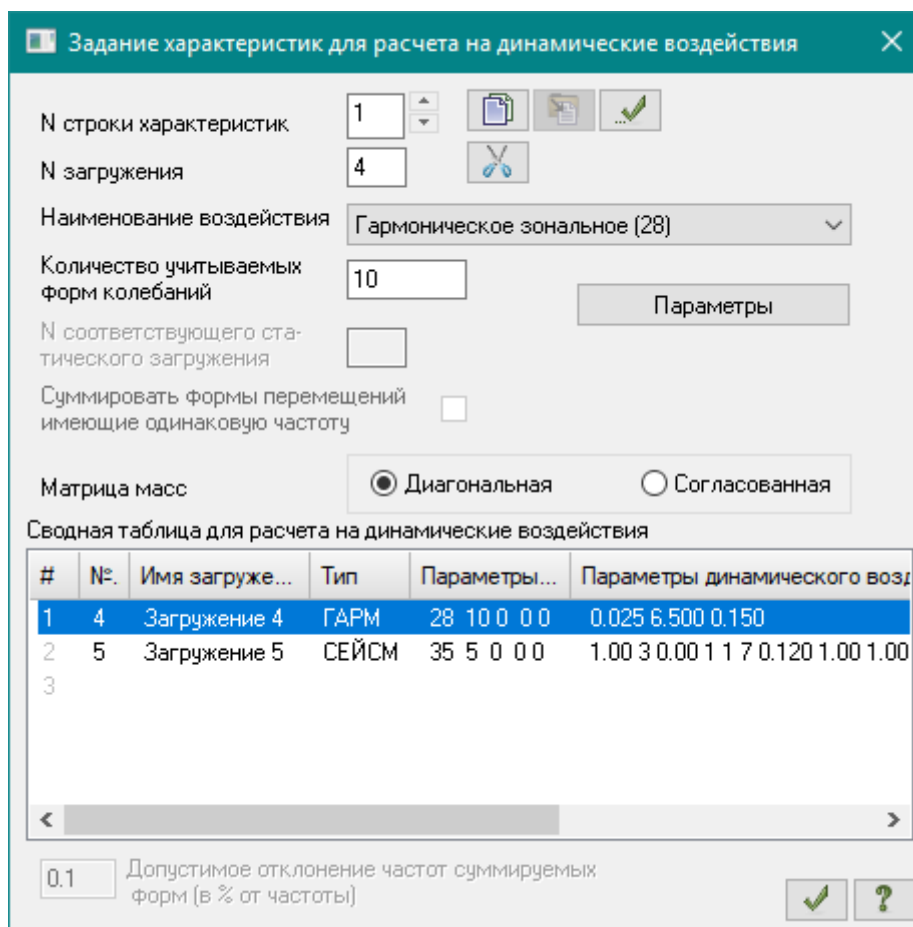
## Этап 9. Формирование таблицы параметров динамических воздействий

### Задание данных для четвертого нагружения

Щелчком по кнопке  – **Таблица динамических нагружений** (панель **Динамика** на вкладке **Расчет**) вызовите диалоговое окно **Задание характеристик для расчета на динамические воздействия** (рис.3.23). В этом окне задайте следующие параметры:

- № загрузки – **4**;
- Наименование воздействия – **Гармоническое зональное (28)**;
- Количество учитываемых форм колебаний – **10**.

Затем щелкните по кнопке **Параметры**.



**Задание характеристик для расчета на динамические воздействия**

N строки характеристик: 1

N загрузки: 4

Наименование воздействия: Гармоническое зональное (28)

Количество учитываемых форм колебаний: 10

N соответствующего статического нагружения:

Суммировать формы перемещений имеющие одинаковую частоту: ☐

Матрица масс: ☒ Диагональная ☐ Согласованная

Параметры

Сводная таблица для расчета на динамические воздействия


#	№	Имя загрузки...	Тип	Параметры...	Параметры динамического возд
1	4	Загрузка 4	ГАРМ	28 10 0 0 0	0.025 6.500 0.150
2	5	Загрузка 5	СЕЙСМ	35 5 0 0 0	1.00 3 0.00 1 1 7 0.120 1.00 1.00
3					

0.1 Допустимое отклонение частот суммируемых форм (в % от частоты)

Рис.3.23. Диалоговое окно **Задание характеристик для расчета на динамические воздействия**

В диалоговом окне **Параметры расчета на гармоническое воздействие** (рис.3.24) задайте следующие параметры:

- коэффициент неупругого сопротивления –  **$K = 0.025$  (прокатная сталь)**;
- вынужденная частота внешнего воздействия –  **$6.5$  рад/сек**;
- погрешность в определении частоты –  **$15\%$** .

Подтвердите введенные данные щелчком по кнопке  – **Подтвердить**.

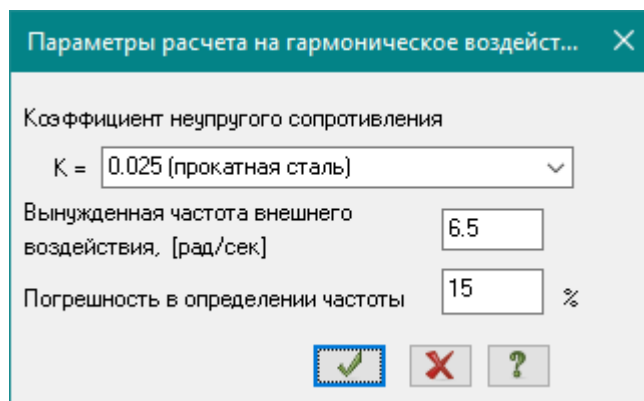


Рис.3.24. Диалоговое окно **Параметры расчета на гармоническое воздействие**

#### Задание данных для пятого нагружения


В диалоговом окне **Задание характеристик для расчета на динамические воздействия** (рис.3.23) задайте:

- № нагружения – **5**;
- Наименование воздействия – **Сейсмическое /01.01.2000/СП 14.13330.2011/(35)**;
- Количество учитываемых форм колебаний – **5**.

Затем щелкните по кнопке **Параметры**.

В диалоговом окне **Параметры расчета на сейсмические воздействия** (рис.3.25) задайте следующие параметры:

- в раскрывающемся списке коэффициентов по табл. 3 СНиП II-7-81\* выберите строку  **$K1 = 0.12$** ;
- направляющие косинусы равнодействующей сейсмического воздействия в глобальной системе координат –  **$CX = 1$** ;
- остальные параметры принимаются по умолчанию.

Подтвердите ввод данных щелчком по кнопке  – **Подтвердить**.

**Параметры расчета на сейсмические воздействия**

Строительные нормы: СНиП II-7-81(с изменениями от 01.01.2000)

Поправочный коэф. для сейсмических сил: 1

Тип сооружения: 1 - жилые, общественные и производственные

Категория грунта: G = 1 График

Сейсмичность площадки в баллах: S = 7

Коэффициенты из таблиц СНиП II-7-81(с изменениями от 01.01.2000)

Таблица 3: Ko = 1.50    Таблица 4: KA = 1    Таблица 3: K1 = 0.12    Таблица 6: Kpsi = 1.00

Направляющие косинусы равнодействующей сейсм. воздейств. в ГСК

CX: 1    CY: 0.0000    CZ: 0.0000     $CX^2 + CY^2 + CZ^2 = 1$

OK Cancel Help

Рис.3.25. Диалоговое окно **Параметры расчета на сейсмические воздействия**

В диалоговом окне **Задание характеристик для расчета на динамические воздействия** щелкните по кнопке – **Подтвердить**.

#### Этап 10. Задание расчетных сечений элементов ригелей

Выделите горизонтальные элементы № 7 – 9.



После выделения узлов или элементов расчетной схемы для ленточного вида интерфейса выводятся контекстные вкладки ленты. Каждая из контекстных вкладок содержит операции, которые относятся к выделенным объектам или выбранной команде. Контекстная вкладка закрывается по завершении работы с командой или снятии выделения с объектов. Контекстные вкладки, предназначенные для работы с узлами или элементами схемы, содержат команды только по созданию и редактированию схемы и не могут быть вызваны из вкладок **Анализ**, **Расширенный анализ**, **Конструирование**.

Щелчком по кнопке – **Расчетные сечения стержней** (панель **Редактирование стержней** на контекстной вкладке **Стержни**) вызовите диалоговое окно **Расчетные сечения** (рис.3.26). В этом окне задайте количество расчетных сечений **N** = 5. Щелкните по кнопке – **Применить** (для того чтобы выполнить расчет по второй группе предельных состояний изгибаемых элементов, нужно задать не менее трех расчетных сечений).

**Расчетные сечения**

Кол-во сечений

N: 5

OK Cancel Help

Рис.3.26. Диалоговое окно **Расчетные сечения**


### Этап 11. Назначение конструктивных элементов



Конечные элементы, объединенные в конструктивный, при конструировании рассматриваются как единое целое. Между элементами, входящими в конструктивный элемент, не должно быть разрывов, они должны иметь один тип жесткости, не должны входить в другие конструктивные элементы и унифицированные группы, а также иметь общие узлы и лежать на одной прямой.

#### Создание конструктивного элемента БАЛКА

Выделите элементы № 7, 8 и 9. Для создания конструктивных элементов вызовите диалоговое

окно **Конструктивные элементы** (рис.3.27) щелчком по кнопке  – **Конструктивные элементы** (панель **Конструирование** на вкладке **Создание и редактирование**). В появившемся диалоговом окне в поле **Редактирование КоЭ** щелкните по кнопке **Создать КоЭ**.


Имя:	Жесткость:	Материалы:	УГК...
К...	1. Двутавр 36	1.Материал 1.Б...	
К...	5. Два уголка 1...	1.Материал 4.Н...	


Рис.3.27. Диалоговое окно **Конструктивные элементы**

#### Создание конструктивного элемента ФЕРМА

Выделите элементы № 10, 11 и 12. В диалоговом окне **Конструктивные элементы** в поле **Редактирование КоЭ** щелкните по кнопке **Создать КоЭ**.

## Этап 12. Назначение раскреплений в узлах изгибаемых элементов

Выделите элементы № 7, 8 и 9. Щелчком по кнопке  – **Раскрепления для прогибов** (панель **Конструирование** на вкладке **Создание и редактирование**) вызовите диалоговое окно **Раскрепления для прогибов** (рис.3.28). В этом окне выберите в раскрывающемся списке строку **Создать в узлах с несоосными элементами**. Далее, при установленных флажках раскреплений – **Y1, Z1**, щелкните по

кнопке  – **Применить** (прогиб сечений элемента определяется относительно линии, соединяющей раскрепления на его концах).

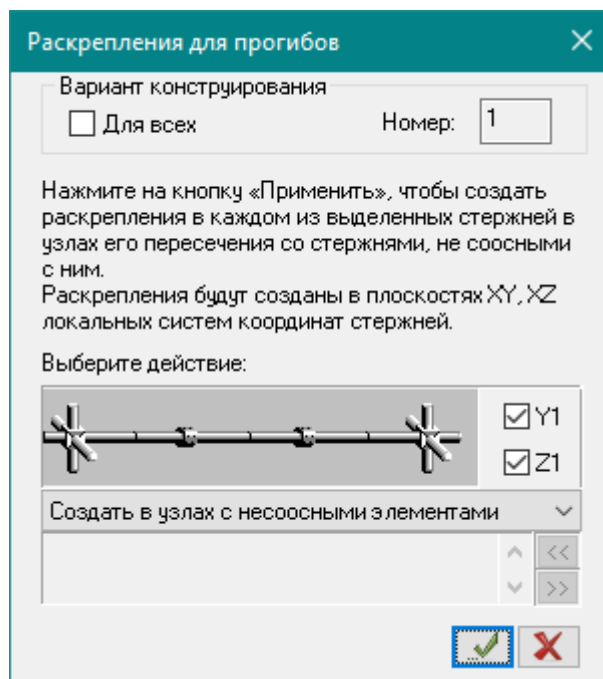



Рис.3.28. Диалоговое окно **Раскрепления для прогибов**

Закройте диалоговое окно **Раскрепления для прогибов** щелчком по кнопке  – **Заккрыть**.

## Этап 13. Генерация таблицы РСН

Щелчком по кнопке  – **РСН** (панель **Доп. расчеты** на вкладке **Расчет**) вызовите диалоговое окно **Расчетные сочетания нагрузок** (рис.3.29).



Так как вид загружений задавался в диалоговом окне **Редактор загружений** (рис.3.21) таблица РСН сформировалась автоматически с параметрами, принятыми по умолчанию для каждого загружения. Далее нужно только изменить параметры для четвертого и пятого загружений, а также задать сочетания.

В этом окне, при выбранных строительных нормах **СНиП 2.01.07-85\***, для четвертого и пятого загружений после двойного щелчка мыши по ячейке **Знакоперемен.** задайте **+/-**.

**Расчетные сочетания нагрузок**

Номер таблицы РСН:  Имя таблицы РСН:

☐ Определяющие РСН ☐ Динамика по абсолютному значению

СНиП2.01.07-85\*

	N загруз.	Наименование	Вид	Знакоперем.	Взаимоискл.	Кэф. надежн.	Доля длите
1	1	Загружение 1	Постоянное(П)	+		1.1	1.0
2	2	Загружение 2	Длительное(Д)	+		1.2	1.0
3	3	Загружение 3	Мгновенное(М)	+		1.4	.0
4	4	Загружение 4	Особое(Ос)	+/-		1.0	.0
5	5	Загружение 5	Сейсмика(С)	+/-		1.0	.0

1 основное  
2 основное  
Особое (С)  
Особое (б/С)

$\Sigma П + Д + К + (К_p + T) + М$

Кэффициенты

Добавить

Рис.3.29. Диалоговое окно Расчетные сочетания нагрузок

Для задания сочетаний выполните следующие действия:

- в списке сочетаний выделите строку **1 основное** и после этого щелкните по кнопке **Добавить**;
- затем в списке сочетаний выделите строку **2 основное** и после этого щелкните по кнопке **Добавить**;
- далее в списке сочетаний выделите строку **Особое (С)** и после этого щелкните по кнопке **Добавить**;
- далее в списке сочетаний выделите строку **Особое (б/С)** и после этого щелкните по кнопке **Добавить** (в таблице появляются столбцы с величинами коэффициентов в соответствии с применяемыми формулами сочетаний по СНиП 2.01.07-85).



После этого щелкните по кнопке - **Сохранить данные**, чтобы сохранить все введенные

данные. Закройте диалоговое окно **Расчетные сочетания нагрузок** щелчком по кнопке – **Выход**.



Вычисление расчетных сочетаний нагрузжений (РСН) производится непосредственным суммированием соответствующих перемещений узлов и усилий (напряжений) в элементах по правилам, установленным нормативными документами (в отличие от вычисления РСУ, где в качестве критерия для определения опасных сочетаний используются экстремальные значения напряжений в характерных точках сечений стержневых элементов).

#### Этап 14. Задание параметров для расчета рамы на устойчивость

Для выполнения расчета рамы на устойчивость от сочетаний РСН, вызовите диалоговое окно

**Устойчивость** (рис.3.30) щелчком по кнопке  – **Устойчивость** (панель **Доп. расчеты** на вкладке **Расчет**). В этом окне задайте следующие параметры:

- установите флажок **Выполнять расчет устойчивости**;
- для выбора вида расчета включите радио-кнопку **По РСН**;
- в поле **Загружения** установите флажок **Все сочетания**;
- в поле **Количество вычисляемых форм потери устойчивости** задайте количество форм равное 3.

Подтвердите ввод данных щелчком по кнопке  – **Подтвердить**.

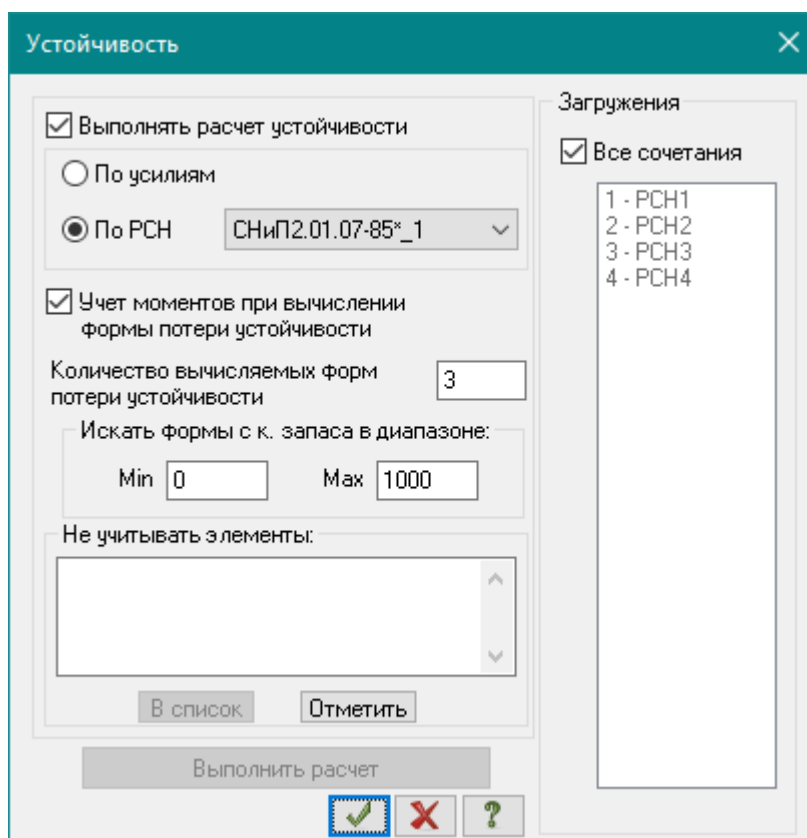




Рис.3.30. Диалоговое окно **Устойчивость**

#### Этап 15. Полный расчет рамы

Запустите задачу на расчет щелчком по кнопке  – **Выполнить полный расчет** (панель **Расчет** на вкладке **Расчет**).

#### Этап 16. Просмотр и анализ результатов статического и динамического расчетов

В режиме просмотра результатов расчета по умолчанию расчетная схема отображается с учетом перемещений узлов (рис.3.31). Для отображения схемы без учета перемещений узлов щелкните по

кнопке  – **Исходная схема** (панель **Деформации** на вкладке **Анализ**).

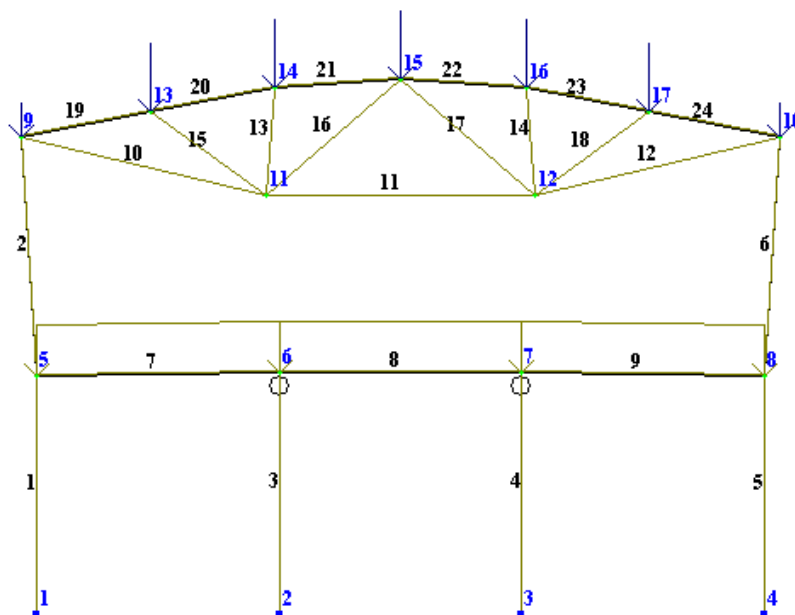


Рис.3.31. Расчетная схема с учетом перемещений узлов

#### Вывод на экран эпюр внутренних усилий

Выведите на экран эпюру  $M_y$  щелчком по кнопке – Эпюры  $M_y$  (панель **Усилия в стержнях** на вкладке **Анализ**). Для вывода эпюры  $N$  щелкните по кнопке – Эпюры продольных сил  $N$  (панель **Усилия в стержнях** на вкладке **Анализ**). Чтобы вывести мозаику усилия  $N$ , выберите команду – Мозаика усилий в стержнях в раскрывающемся списке **Эпюры/мозаика** (панель **Усилия в стержнях** на вкладке **Анализ**).

#### Вывод форм колебаний конструкции



В строке состояния (находится в нижней области рабочего окна) в раскрывающемся списке **Сменить номер загрузки** выберите строку соответствующую четвертому загрузению или щелкните несколько раз по кнопке – Следующее загрузение пока не переключитесь на четвертое загрузение.

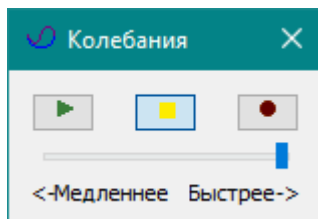
Выведите первую форму колебаний, выбрав команду – **Формы колебаний** в раскрывающемся списке **НДС схемы** (панель **Деформации** на вкладке **Анализ**). Для отображения формы колебаний щелкните по кнопке – **Исходная схема** (панель **Деформации** на вкладке **Анализ**).


Для вывода третьей формы колебаний пятого загрузения, в строке состояния в раскрывающемся списке **Сменить номер загрузки** выберите строку соответствующую пятому загрузению, а в раскрывающемся списке **Номер формы (составляющей, периода)** выберите строку соответствующую третьей форме колебаний.

#### Просмотр анимации третьей формы колебаний пятого загрузения


Чтобы перейти в режим пространственной модели, откройте меню **Приложения** и выберите пункт **Пространственная модель (3D-графика)** (кнопка на панели быстрого доступа). Для просмотра анимации третьей формы колебаний пятого загрузения, щелкните по кнопке – **Показать**

анимацию колебаний (панель **Анимация** на вкладке **3D Вид**). В диалоговом окне **Колебания** (рис.3.32) щелкните по кнопке  – **Воспроизвести анимацию**. Закройте диалоговое окно **Колебания** щелчком по кнопке  – **Заккрыть**.

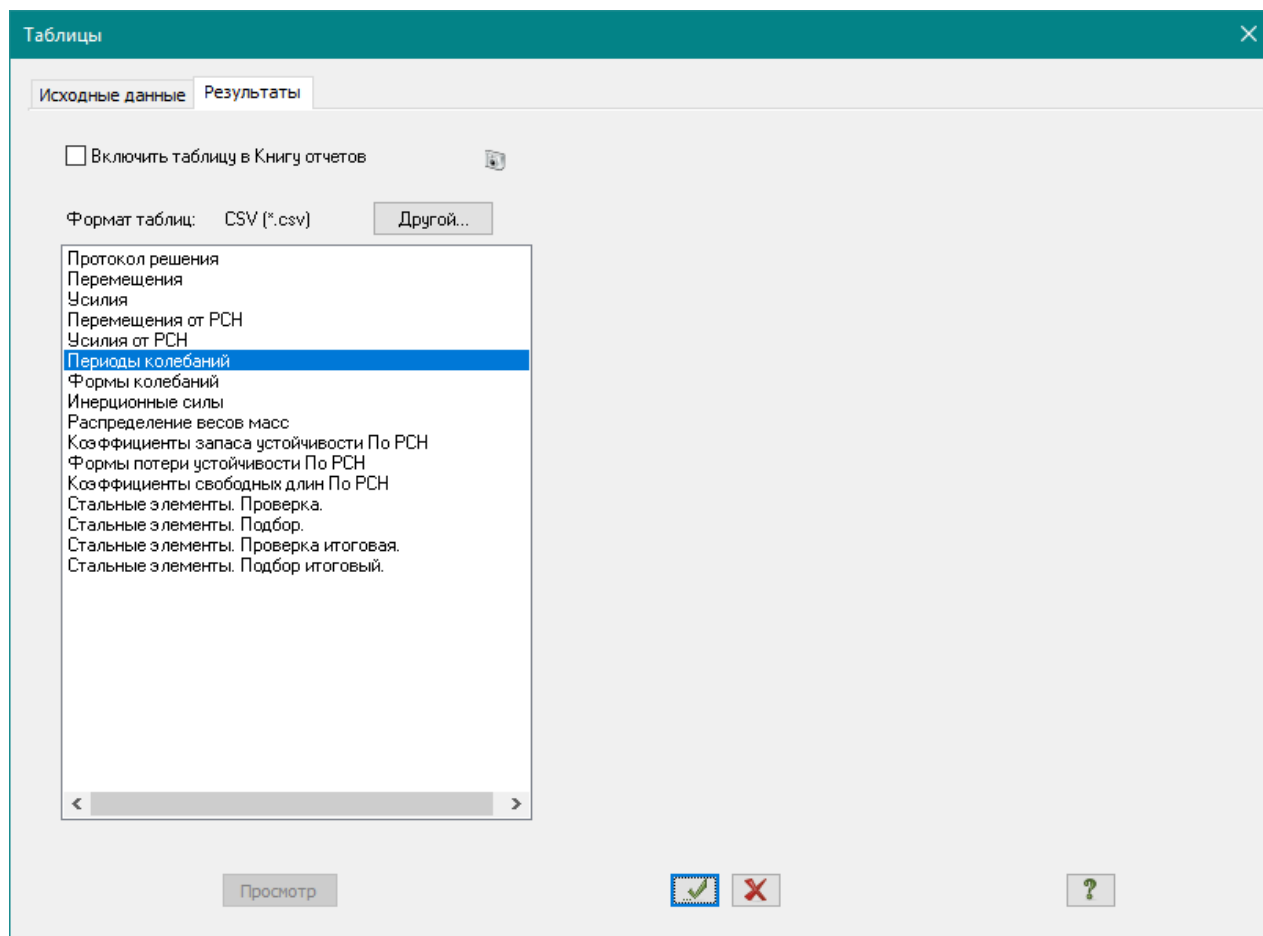
Рис.3.32. Диалоговое окно **Колебания**


Для возврата в режим визуализации результатов статического и динамического расчетов, закройте окно пространственной модели или щелкните по кнопке  – **Конечноэлементная модель** (панель **Возврат** на вкладке **3D Вид**).


#### Формирование и просмотр таблиц результатов расчета

Для вывода на экран таблицы со значениями периодов колебаний, выберите команду  – **Стандартные таблицы** в раскрывающемся списке **Документация** (панель **Таблицы** на вкладке **Анализ**). В появившемся диалоговом окне **Таблицы** (рис.3.33) выделите строку **Периоды колебаний**.

Щелкните по кнопке  – **Применить**.


Рис.3.33. Диалоговое окно **Таблицы**


После анализа закройте таблицу щелчком по кнопке  – **Заккрыть**.

Для вывода на экран таблицы со значениями распределения весов масс в узлах расчетной схемы, в диалоговом окне **Таблицы** выделите строку **Распределение весов масс**. При активной строке **Все загрузки** в поле **Выбор загрузки**, щелкните по кнопке  – **Применить**.


Закройте диалоговое окно **Таблицы** щелчком по кнопке  – **Заккрыть**.

#### Анализ результатов расчета по РСН


Для переключения в режим результатов статического расчета, выберите команду  – **Форма перемещений** в раскрывающемся списке **НДС схемы** (панель **Деформации** на вкладке **Анализ**).

Переключитесь на визуализацию результатов расчета по РСН щелчком по кнопке  – **Перейти к анализу результатов по РСН** в строке состояния.


Вывод на экран эпюр внутренних усилий и создание таблиц результатов расчета по РСН осуществляется аналогично описанным ранее действиям.


Для переключения номера РСН, в строке состояния в раскрывающемся списке **Сменить номер загрузки** выберите строку соответствующую нужному сочетанию или щелкните по кнопке  – **Следующее загружение**.



#### Создание таблицы коэффициентов запаса устойчивости

Для вывода на экран таблицы со значениями коэффициентов запаса устойчивости, в диалоговом окне **Таблицы** выделите строку **Коэффициенты запаса устойчивости по РСН**. Щелкните по кнопке  – **Применить**.

#### Анализ результатов расчета рамы на устойчивость


Выведите на экран форму потери устойчивости, выбрав команду  – **Форма потери устойчивости** в раскрывающемся списке **НДС схемы** (панель **Деформации** на вкладке **Анализ**). Для переключения номера РСН, в строке состояния в раскрывающемся списке **Сменить номер загрузки**


выберите строку соответствующую нужному сочетанию и щелкните по кнопке  – **Применить**. Для вывода следующей формы потери устойчивости, в строке состояния в раскрывающемся списке **Номер формы (составляющей, периода)** выберите строку соответствующую нужной форме потери

устойчивости и щелкните по кнопке  – **Применить**. Чтобы вывести на экран коэффициенты свободных длин, щелкните по кнопке  – **Коэффициенты по  $L_y$**  (панель **Устойчивость** на вкладке **Расширенный анализ**).



### **Этап 17. Просмотр и анализ результатов конструирования**

#### Вывод на экран мозаик результатов проверки назначенных сечений стальных стержней


Чтобы посмотреть мозаику результатов проверки назначенных сечений стальных стержней по первому предельному состоянию, щелкните по кнопке  – **Проверка, 1ПС** (панель **Максимальные результаты по элементам** на вкладке **Сталь**). Чтобы посмотреть мозаику результатов проверки

назначенных сечений стальных стержней по местной устойчивости, щелкните по кнопке  – **Проверка, МУ** (панель **Максимальные результаты по элементам** на вкладке **Сталь**).

#### [Создание таблицы проверки назначенных сечений](#)

Вызовите диалоговое окно **Таблицы**, выбрав команду  – **Таблицы результатов для стали** в раскрывающемся списке **Документация** (панель **Таблицы** на вкладке **Сталь**). В этом окне выделите строку **Стальные элементы. Проверка** и щелкните по кнопке  – **Применить**.

#### [Создание таблицы подбора сечений](#)

В диалоговом окне **Таблицы** выделите строку **Стальные элементы. Подбор** и щелкните по кнопке  – **Применить**.

**Пример 4. Расчет пространственного каркаса здания с фундаментной плитой на упругом основании**

**Цели и задачи:**

- продемонстрировать процедуру построения расчетной схемы;
- продемонстрировать процедуру задания упругого основания;
- показать процедуру использования вариантов конструирования;
- показать процедуру подбора арматуры для пластинчатых элементов каркаса;
- выполнить подбор и проверку стальных сечений стержневых элементов каркаса;
- показать технику задания нагрузок и сейсмического воздействия;
- показать технику составления таблиц РСУ и РСН.

**Исходные данные:**

Схема каркаса показана на рис.4.1.

Пространственный каркас с фундаментной плитой на упругом основании с коэффициентом постели  $C_1 = 1000 \text{ т/м}^3$ .

Материал рамы – сталь, материал плит и диафрагмы - железобетон В30.

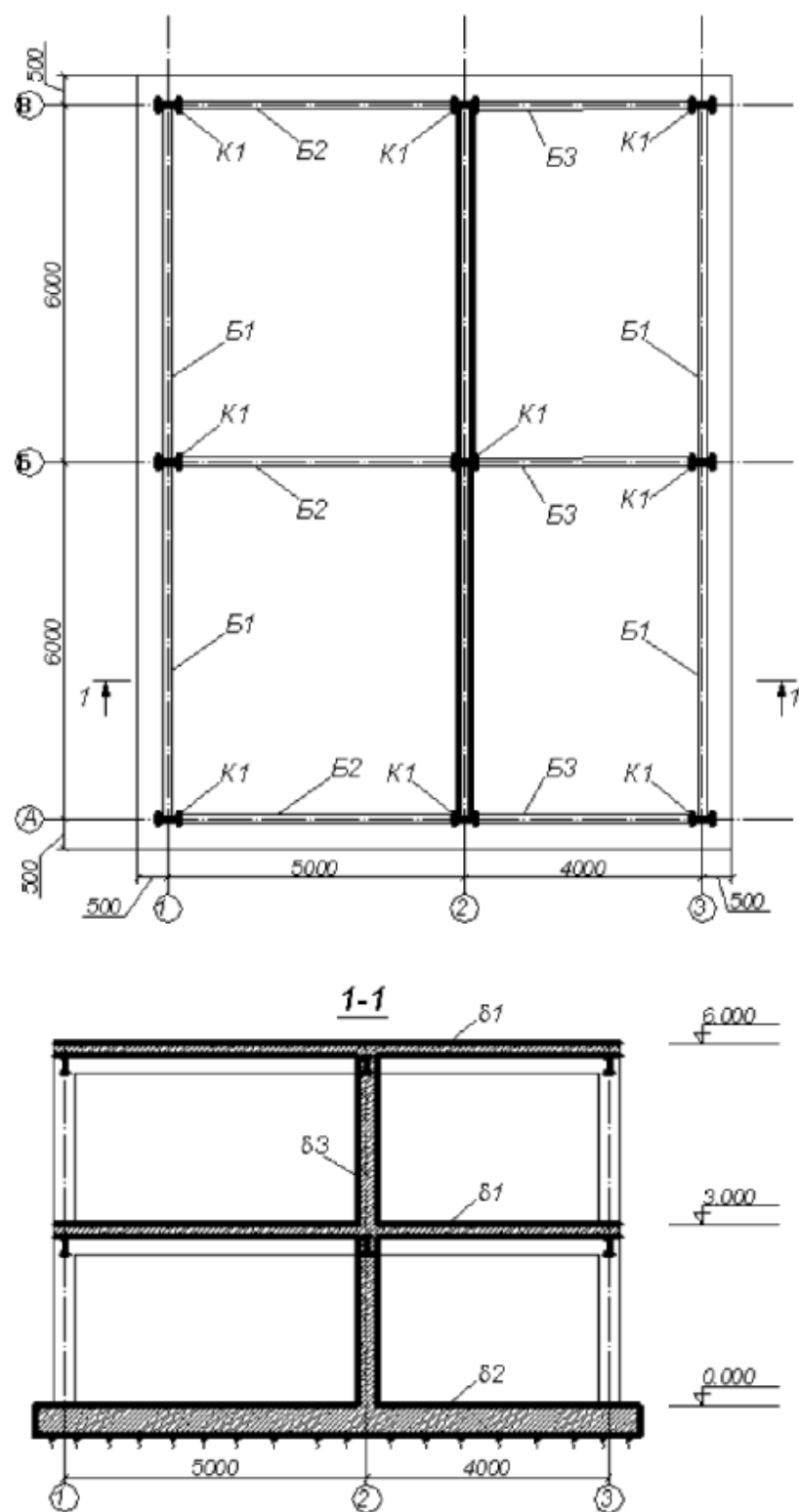
Расчет производится для сетки 18 x 24.

**Нагрузки:**

- загрузка 1 – собственный вес;
- загрузка 2 – постоянная равномерно распределенная  $g_1 = 1.5 \text{ т/м}^2$ , приложенная на перекрытия 1-го и 2-го этажа;  
постоянная равномерно распределенная  $g_2 = 2 \text{ т/м}^2$ , приложенная на основание;
- загрузка 3 – снеговая  $g_3 = 0.08 \text{ т/м}^2$ ;
- загрузка 4 – сейсмическое воздействие. Сейсмичность площадки 7 баллов, категория грунта 1.  
Неблагоприятное направление сейсмического воздействия – вдоль меньшей стороны здания.

**Сечения элементов рамы:**


- балки – двутавр с параллельными гранями полок типа Б (балочный), профиль 30Б1;
- колонны – двутавр с параллельными гранями полок типа К (колонный), профиль 35К1;
- плиты перекрытия толщиной 200 мм;
- диафрагма толщиной 300 мм;
- основание – фундаментная плита толщиной 500 мм.



К1- 35К1  
 Б1,Б2,Б3 - 30Б1  
 δ1 - 200 мм  
 δ2 - 500 мм  
 δ3 - 300 мм

Рис.4.1. Схема каркаса здания

## Этап 1. Создание новой задачи

Для создания новой задачи откройте меню **Приложения** и выберите пункт **Новый** (кнопка  на панели быстрого доступа). В появившемся диалоговом окне **Описание схемы** (рис.4.2) задайте следующие параметры:

- имя создаваемой задачи – **Пример4**;
- в раскрывающемся списке **Признак схемы** выберите строку **5 – Шесть степеней свободы в узле**.

После этого щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

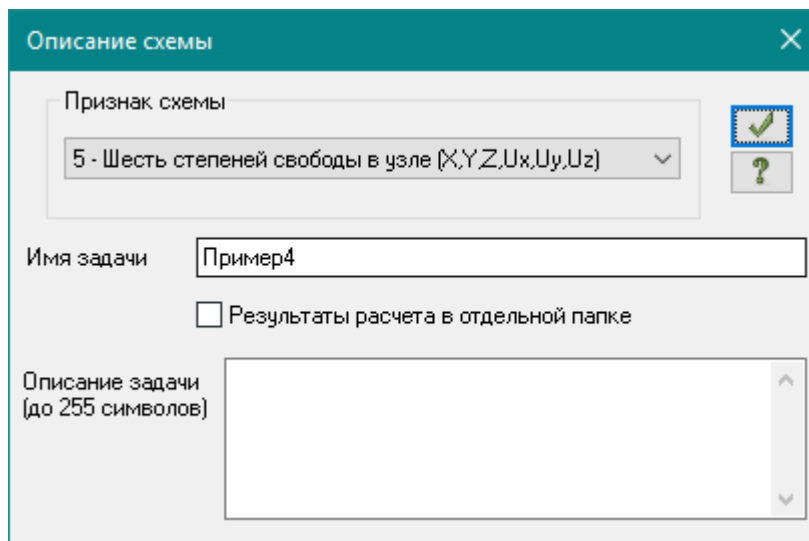



Рис.4.2. Диалоговое окно **Описание схемы**



Диалоговое окно **Описание схемы** также можно открыть с уже выбранным признаком схемы. Для этого в меню **Приложения** в раскрывающемся списке пункта **Новый** выберите команду




– **Пятый признак схемы (Шесть степеней свободы в узле)** или на панели быстрого

доступа в раскрывающемся списке **Новый** выберите команду  – **Пятый признак схемы (Шесть степеней свободы в узле)**. После этого нужно задать только имя задачи.

**Признак 5** – пространственные схемы общего вида с 6 степенями свободы в узле. В этом признаке схемы рассчитываются пространственные каркасы, оболочки и допускается включение объемных тел, учет упругого основания и т.п.

## Этап 2. Создание геометрической схемы

### Создание пространственной рамы


Вызовите диалоговое окно **Пространственная рама** щелчком по кнопке  – **Генерация пространственных рам** (панель **Создание** на вкладке **Создание и редактирование**). В этом диалоговом окне задайте следующие параметры пространственной рамы (рис.4.3):

- Шаг вдоль оси X: Шаг вдоль оси Y: Шаг вдоль оси Z:

L(м)	N	M	L(м)	N	M	L(м)	N	M
5	1	10	6	2	12	3	2	1.
4	1	8						

Далее снимите флажок **Накладывать закрепления**. После этого установите флажок **Задавать боковые свесы** в поле **Параметры фундаментной плиты** и задайте следующие параметры в поле **Боковые свесы**:

- Ширина свесов вдоль X = **0.5** м;
- Количество КЭ вдоль X = **1**;
- Ширина свесов вдоль Y = **0.5** м;
- Количество КЭ вдоль Y = **1**.

Остальные параметры принимаются по умолчанию. После этого щелкните по кнопке  – **Применить**.

**Пространственная рама** [X]

☒ Указывать курсором  
X  м  
Y  м  
Z  м

☒ Создавать плиты перекрытия и разбивать стержни  
☒ Создавать фундаментную плиту  
☒ Использовать параметры разбивки плиты перекрытия  
☐ Накладывать закрепления  
☒ X ☒ Y ☐ Z  
☐ UX ☐ UY ☒ UZ

Угол поворота относительно оси Z

**X**

Значение	Количество	Разбивка
L(м)	N	M
5.00	1	10
4.00	1	8

**Y**

Значение	Количество	Разбивка
L(м)	N	M
6.00	2	12

**Z**

Значение	Количество	Разбивка
L(м)	N	M
3.00	2	1

**Параметры фундаментной плиты**

Шаг разбивки по X  м

Шаг разбивки по Y  м

☒ Задать боковые свесы

☒ Пересекать с другими КЭ

**Боковые свесы**

Ширина свесов вдоль X  м

Количество КЭ вдоль X


Ширина свесов вдоль Y  м


Количество КЭ вдоль Y

☒ ☐ ? ☐ X

Рис.4.3. Диалоговое окно **Пространственная рама**

#### [Вывод на экран номеров узлов](#)

Щелкните по кнопке  – **Флаги рисования** на панели инструментов **Панель выбора** (по умолчанию находится в нижней области рабочего окна). В диалоговом окне **Показать** (рис.4.4)

перейдите на вторую закладку **Узлы** и установите флажок **Номера узлов**. После этого щелкните по кнопке  – **Перерисовать**.

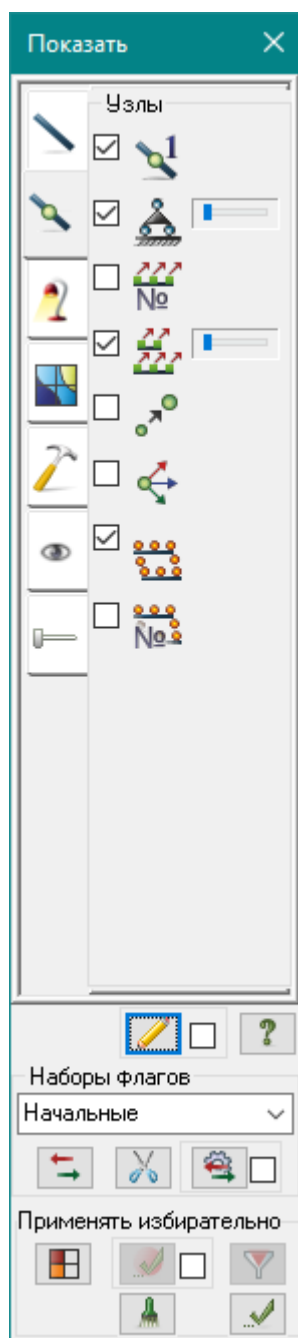



Рис.4.4. Диалоговое окно **Показать**

#### Создание диафрагмы

Вызовите диалоговое окно **Создание плоских фрагментов и сетей** на закладке **Генерация**

**балки-стенки**, выбрав команду  – **Генерация балки-стенки** в раскрывающемся списке **Генерация регулярных фрагментов** (панель **Создание** на вкладке **Создание и редактирование**). В этом диалоговом окне в поле **Угол поворота относительно оси Z** введите значение **90** градусов. Укажите курсором на узел № 11 (узел окрасился в малиновый цвет и в диалоговом окне отобразились его координаты). В таблице диалогового окна (рис.4.5) задайте параметры диафрагмы:

- Шаг вдоль первой оси: Шаг вдоль второй оси:

<b>L(м)</b>	<b>N</b>	<b>L(м)</b>	<b>N</b>
0.5	24	0.5	12.


Щелкните по кнопке  – Применить.




Так как в диалоговом окне **Создание плоских фрагментов и сетей** установлен флажок **Пересекать с другими КЭ**, то разделение стержневых элементов колонн в месте расположения диафрагмы производится с тем же шагом КЭ, как и в диафрагме.


Рис.4.5. Диалоговое окно **Создание плоских фрагментов и сетей**


#### [Отключение отображения номеров узлов на расчетной схеме](#)


Снимите флажок **Номера узлов** в диалоговом окне **Показать**. Щелкните по кнопке  – Перерисовать.

#### [Корректировка схемы](#)


Перейдите в проекцию на плоскость XOZ щелчком по кнопке  – **Проекция на XOZ** на панели инструментов **Проекция** (по умолчанию находится в нижней области рабочего окна). Щелкните по


кнопке  – **Отметка горизонтальных стержней** на панели инструментов **Панель выбора** (по умолчанию находится в нижней области рабочего окна). С помощью курсора («резинового окна») выделите только элементы балок, которые находятся в теле диафрагмы (выделенные элементы окрашиваются в красный цвет, должно выделиться 48 конечных элементов).

Перейдите в диметрическую проекцию представления расчетной схемы щелчком по кнопке  –

**Диметрическая проекция** на панели инструментов **Проекция**. Щелчком по кнопке  – **Удаление выбранных объектов** (панель **Редактирование** на вкладке **Создание и редактирование**) удалите выделенные элементы.

#### Упаковка схемы

Щелчком по кнопке  – **Упаковка схемы** (панель **Редактирование** на вкладке **Создание и**

**редактирование**) вызовите диалоговое окно **Упаковка** (рис.4.6). В этом окне щелкните по кнопке  – **Применить** (упаковка схемы производится для сшивки совпадающих узлов и элементов, а также для безвозвратного исключения из расчетной схемы удаленных узлов и элементов).

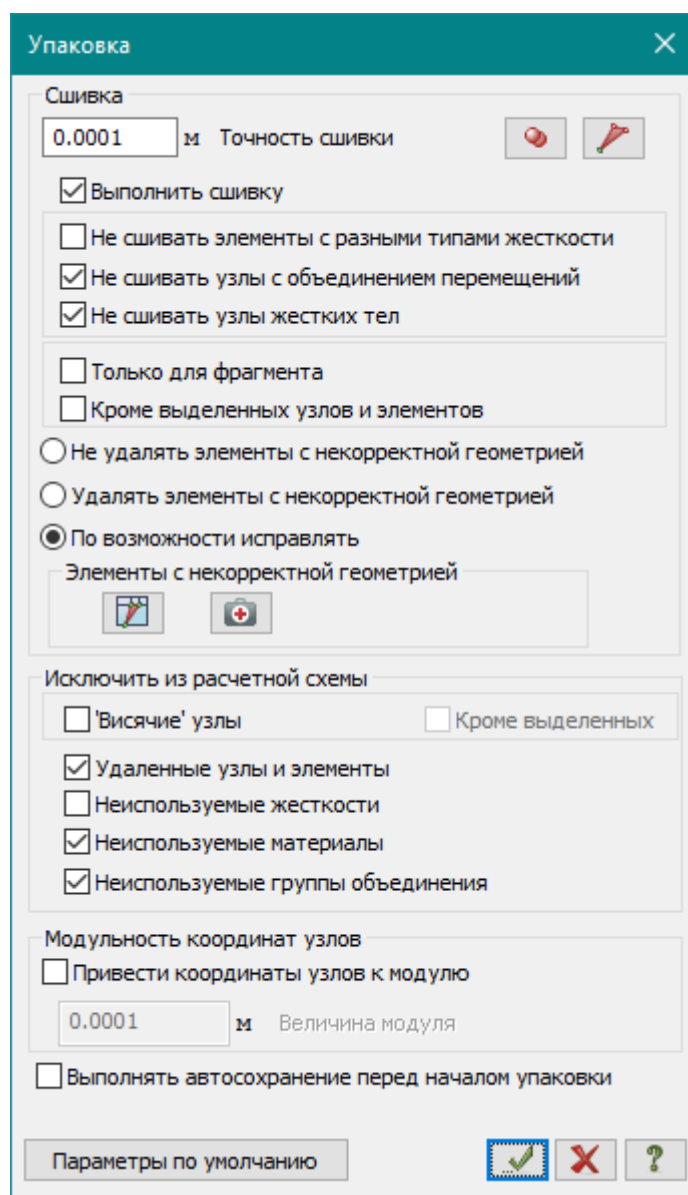


Рис.4.6. Диалоговое окно **Упаковка**

На рис.4.7 представлена полученная расчетная схема.

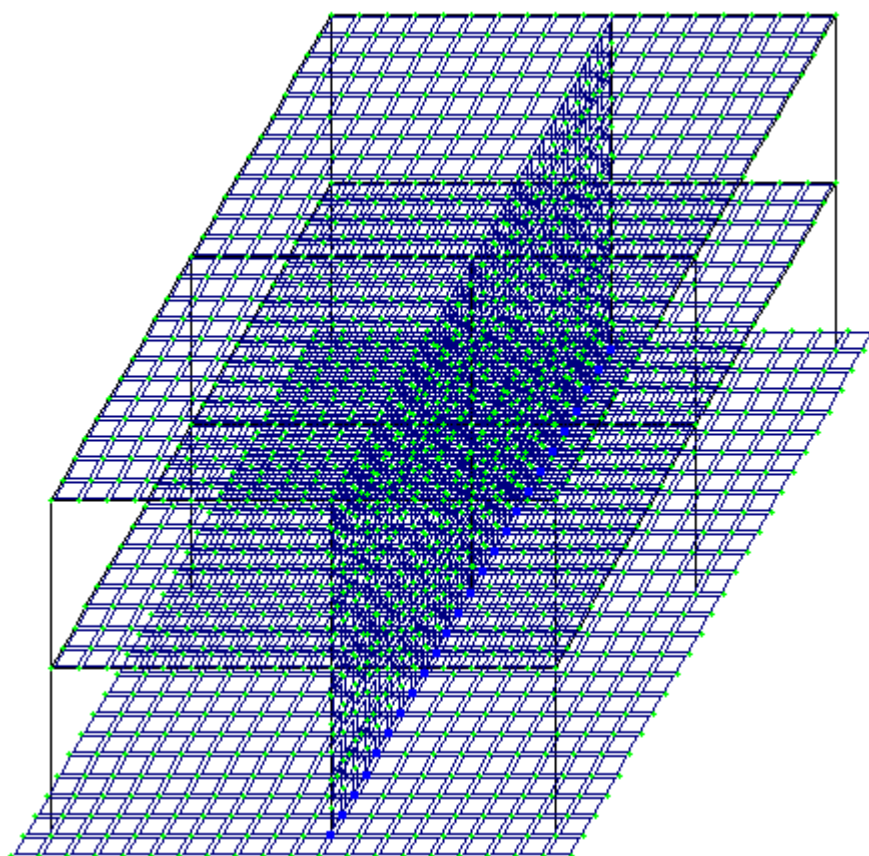




Рис.4.7. Расчетная схема каркаса

#### Сохранение информации о расчетной схеме

Для сохранения информации о расчетной схеме откройте меню **Приложения** и выберите пункт **Сохранить** (кнопка  на панели быстрого доступа).

### Этап 3. Задание вариантов конструирования

#### Создание первого варианта конструирования

Вызовите диалоговое окно **Варианты конструирования** (рис.4.8) щелчком по кнопке  – **Варианты конструирования схемы** (панель **Конструирование** на вкладке **Создание и редактирование**). В этом диалоговом окне задайте параметры для первого варианта конструирования:

- в списке **Расчет сечений по:** включите радио-кнопку **PCY**;
- для выбора таблицы PCY щелкните по кнопке  – **Добавить/Редактировать таблицу PCY**;
- в появившемся диалоговом окне **Расчетные сочетания усилий** щелкните по кнопке  – **Подтвердить**;
- остальные параметры диалогового окна **Варианты конструирования** принимаются по умолчанию.

После этого в диалоговом окне **Варианты конструирования** щелкните по кнопке  – **Применить**.

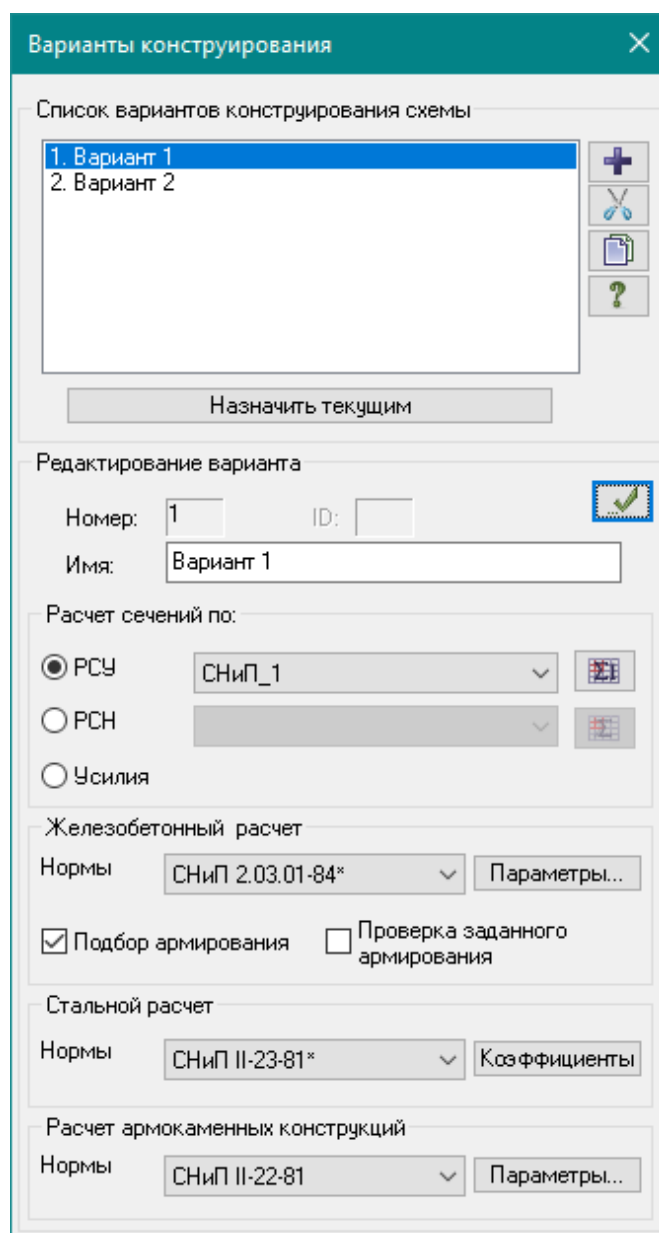






Рис.4.8. Диалоговое окно **Варианты конструирования**


#### Создание второго варианта конструирования

Для создания второго варианта конструирования щелкните по кнопке  – **Создать новый вариант конструирования схемы**. Далее задайте параметры для второго варианта конструирования:

- в раскрывающемся списке для стального расчета **Нормы** выберите строку **СП 16.13330.2017**;
- в списке **Расчет сечений по:** включите радио-кнопку **РСН**;
- для выбора таблицы РСН щелкните по кнопке  – **Добавить/Редактировать таблицу РСН**;
- в появившемся диалоговом окне **Расчетные сочетания усилий** в раскрывающемся списке выберите строительные нормы **СП 20.13330.2016**. После этого щелкните по кнопкам  – **Сохранить данные и**  – **Выход**;
- остальные параметры диалогового окна **Варианты конструирования** принимаются по умолчанию.


После этого в диалоговом окне **Варианты конструирования** щелкните по кнопке  – **Применить**.

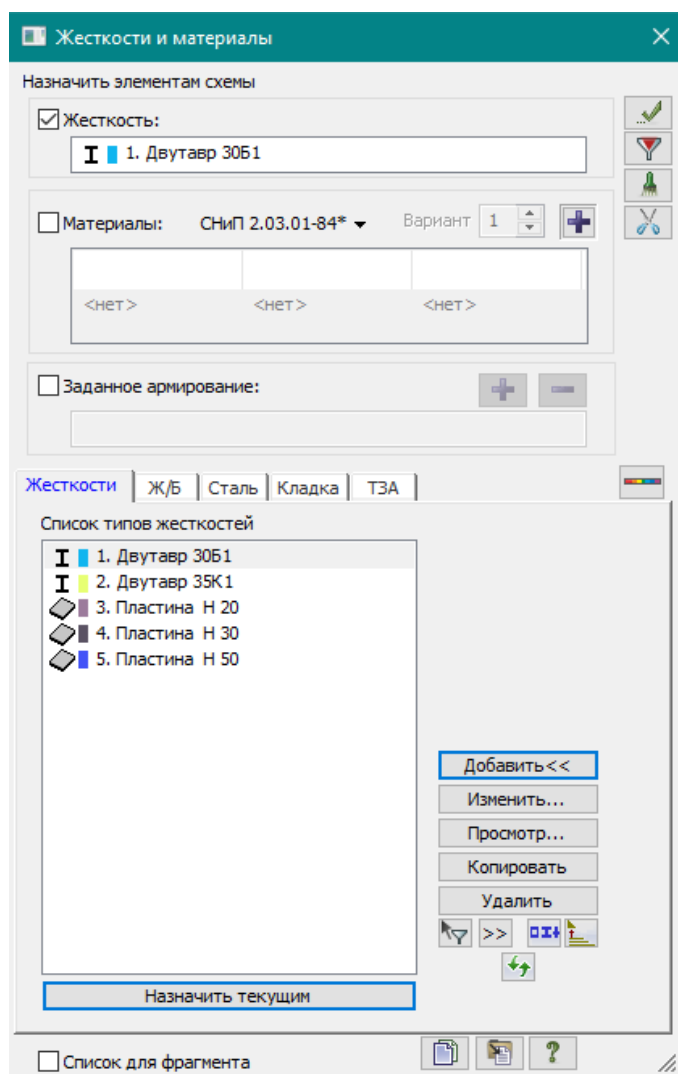
Для назначения текущим первого варианта конструирования, в списке вариантов конструирования схемы выделите строку **Вариант1** и щелкните по кнопке **Назначить текущим**. Закройте диалоговое окно

**Варианты конструирования** щелчком по кнопке  – **Заккрыть**.

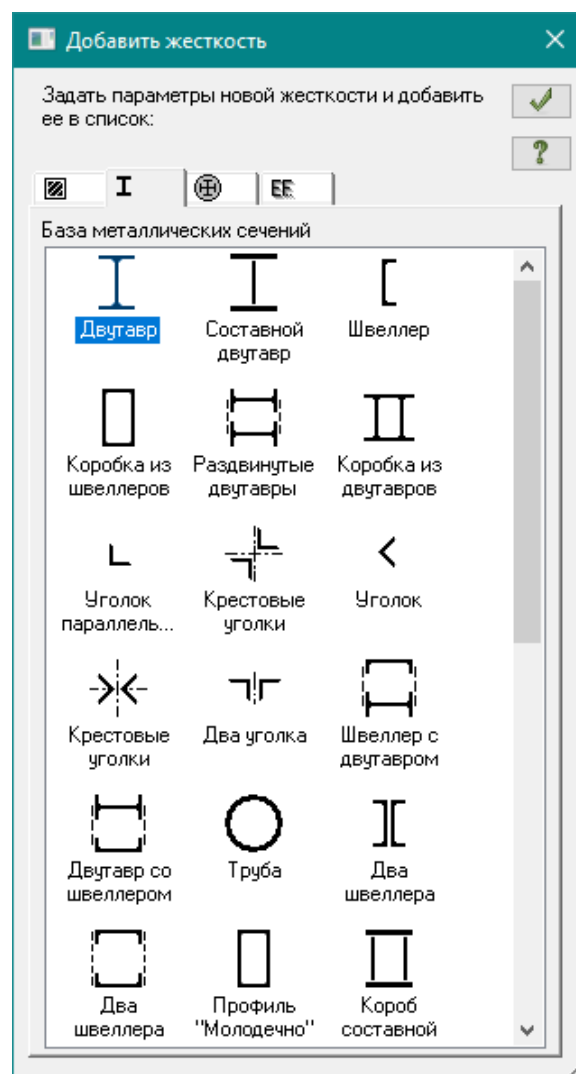
#### Этап 4. Задание жесткостных параметров и параметров материалов элементам схемы

##### Формирование типов жесткости

Щелчком по кнопке  – **Жесткости и материалы** (панель **Жесткости и связи** на вкладке **Создание и редактирование**) вызовите диалоговое окно **Жесткости и материалы** (рис.4.9,а). В этом окне щелкните по кнопке **Добавить** и в появившемся окне **Добавить жесткость** (библиотеке жесткостных характеристик) щелкните по второй закладке **База металлических сечений** (рис.4.9,б). Выберите двойным щелчком мыши на элементе графического списка тип сечения **Двутавр**.



а



б

Рис.4.9. Диалоговые окна: а – **Жесткости и материалы**, б – **Добавить жесткость**

В диалоговом окне **Стальное сечение** (рис.4.10) задайте параметры сечения **Двутавр** (для балок):

- в раскрывающемся списке – **Профиль** сначала выберите позицию – **Двутавры стальные горячекатаные с параллельными гранями полок. Нормальные двутавры**;
  - после этого в следующем списке выберите строку профиля – **30Б1**.
- Для ввода данных щелкните по кнопке **ОК**.

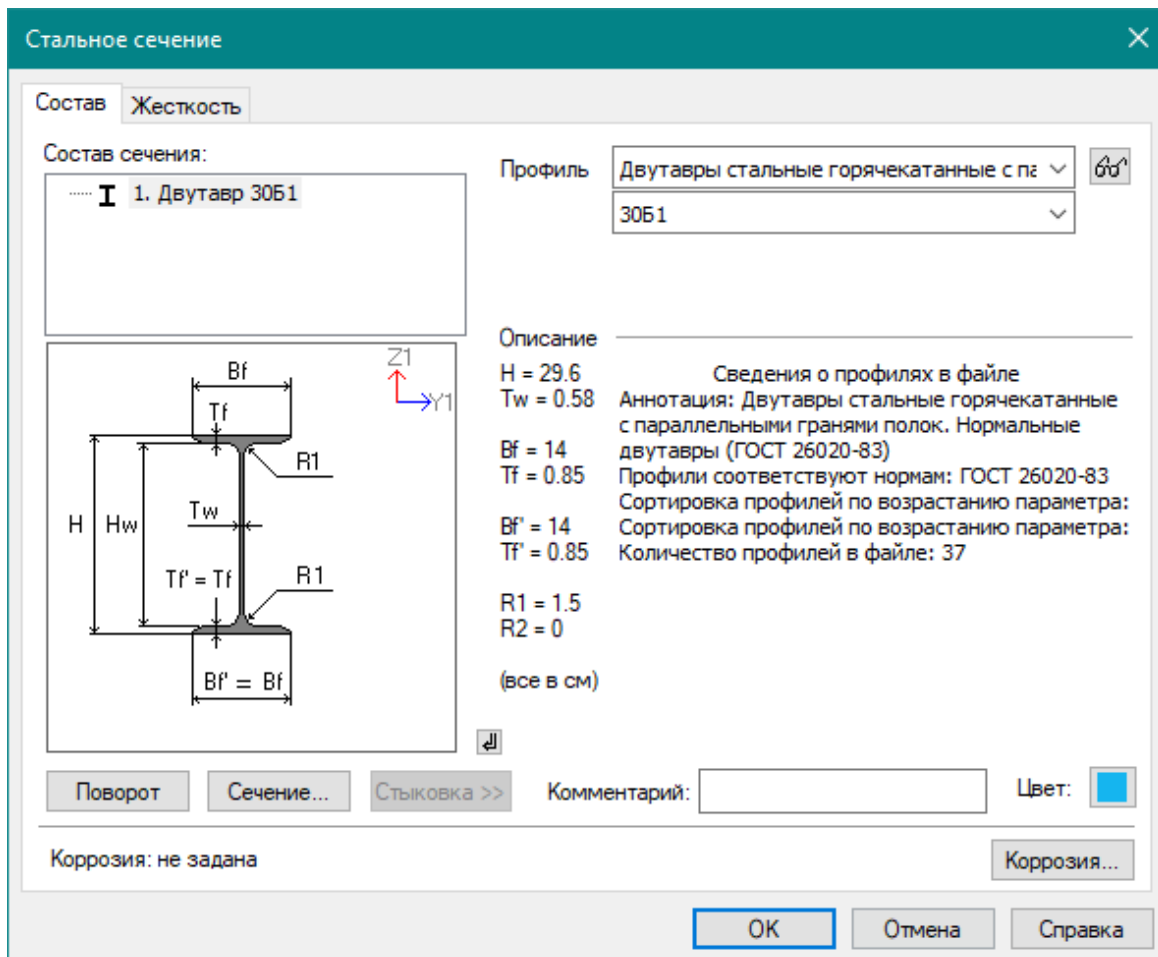


Рис.4.10. Диалоговое окно **Стальное сечение**

Еще раз двойным щелчком мыши выберите тип сечения **Двутавр**. В диалоговом окне **Стальное сечение** задайте параметры сечения **Двутавр** (для колонн):

- в раскрывающемся списке – **Профиль** сначала выберите позицию – **Двутавры стальные горячекатаные с параллельными гранями полок. Колонные двутавры**;
- после этого в следующем списке выберите строку профиля – **35К1**.

Для ввода данных щелкните по кнопке **ОК**.

Далее в диалоговом окне **Добавить жесткость** перейдите на четвертую закладку численного описания жесткости. Двойным щелчком мыши выберите тип сечения **Пластины**. В окне **Задание жесткости для пластин** (рис.4.11) задайте параметры сечения **Пластины** (для плиты перекрытия):

- модуль упругости –  $E = 3e6 \text{ т/м}^2$  (при английской раскладке клавиатуры);
- коэф. Пуассона –  $\nu = 0.2$ ;
- толщина –  $H = 20 \text{ см}$ ;
- удельный вес материала –  $R_o = 2.75 \text{ т/м}^3$ .


Для ввода данных щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

Рис.4.11. Диалоговое окно **Задание жесткости для пластин**

Еще раз двойным щелчком мыши выберите тип сечения **Пластины**. В новом окне **Задание жесткости для пластин** задайте параметры для диафрагмы жесткости:

- толщина – **H** = 30 см;
- остальные параметры принимаются как для предыдущей жесткости.

Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

Еще раз двойным щелчком мыши выберите тип сечения **Пластины**. В диалоговом окне **Задание жесткости для пластин** задайте параметры для фундаментной плиты:

- толщина – **H** = 50 см;
- остальные параметры принимаются как для предыдущей жесткости.

Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

Для того чтобы скрыть библиотеку жесткостных характеристик, в диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке **Добавить**.

#### Задание материалов для железобетонных конструкций

В диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по второй закладке **Ж/Б (Задание параметров для железобетонных конструкций)**. При включенной радио-кнопке **Тип** щелкните по кнопке **Редактировать**. На экран выводится диалоговое окно **Материалы для расчета Ж/Б конструкций** (рис.4.12), в котором щелкните по первой строке в списке **ТИП: ПЛАСТИНА** и после этого в правой части окна задайте следующие параметры для пластинчатых элементов:

- в строке **Комментарий** задайте **Оболочки**;
- в раскрывающемся списке **Вид расчета** выберите строку **Оболочка**;
- все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.

После этого щелкните по первой строке в списке **БЕТОН** и в правой части окна задайте следующие параметры:

- в раскрывающемся списке **Класс бетона** выберите строку **B30**;
- все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.

Далее щелкните по первой строке в списке **АРМАТУРА** и в правой части окна задайте следующие параметры:

- в раскрывающемся списке **Поперечная арматура** выберите строку **A-I**;
- все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.

После этого щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

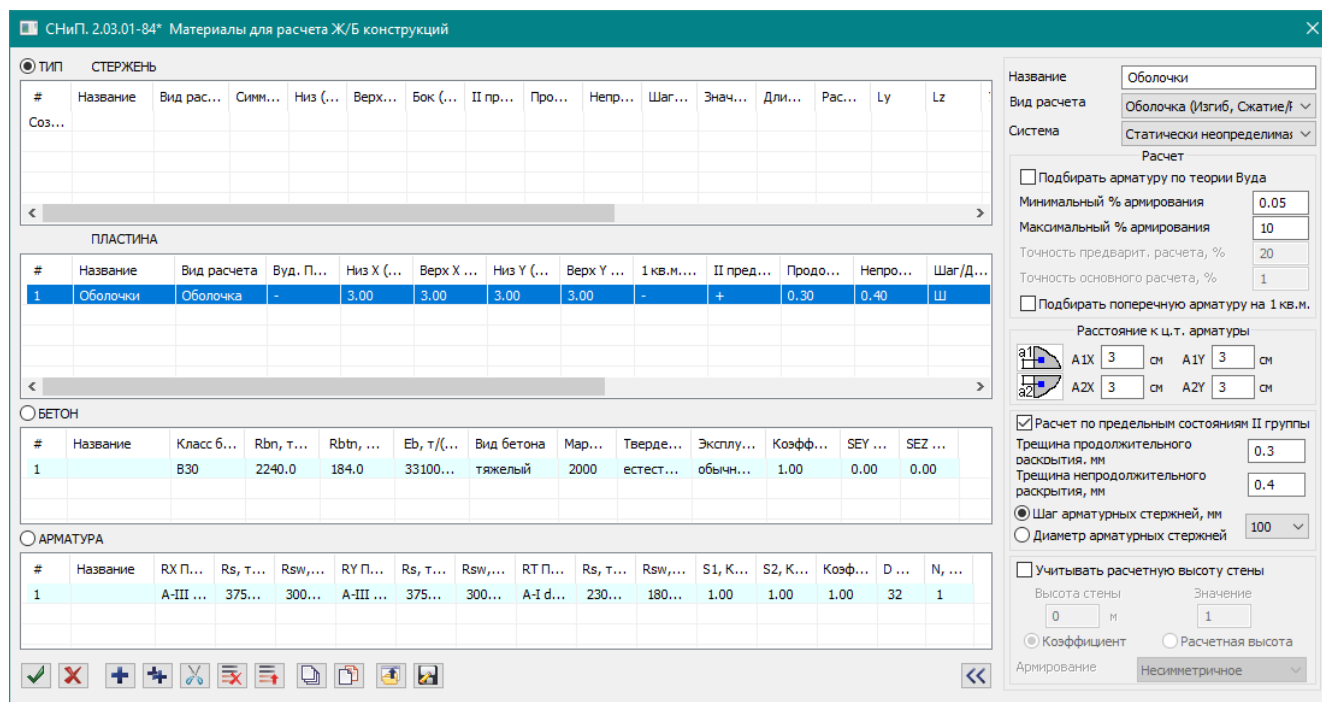



Рис.4.12. Диалоговое окно **Материалы для расчета Ж/Б конструкций**



При использовании нескольких вариантов конструирования переключение на другой вариант конструирования производится в диалоговом окне **Жесткости и материалы** (рис.4.9,а) с помощью счетчика **Номер текущего варианта конструирования схемы** (при установленном флажке **Материалы**)

Для каждого варианта конструирования задаются свои параметры материалов.

Для создания нового варианта конструирования необходимо нажать кнопку  – **Создать новый вариант конструирования схемы**. После этого откроется диалоговое окно **Варианты конструирования** (рис.4.8), в котором нужно задать все необходимые параметры для нового варианта конструирования.

#### Задание материалов для первого варианта конструирования стальных конструкций

Перед тем как приступить к заданию материалов для стальных конструкций, в диалоговом окне **Жесткости и материалы** в списке типов жесткостей (на первой закладке **Жесткости**) выделите курсором тип жесткости **1. Двутавр 30Б1** и щелкните по кнопке **Назначить текущим** (при этом выбранный тип записывается в строке редактирования **Жесткость** поля **Назначить элементам схемы**). Можно назначить текущий тип жесткости двойным щелчком по строке списка). После этого для задания материалов для стальных конструкций, в диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по третьей закладке **Сталь (Задание параметров для стальных конструкций)**. Далее включите радиокнопку **Материал** и щелкните по кнопке **Добавить**.

На экран выводится диалоговое окно **Параметры** (рис.4.13), в котором задайте следующие параметры материалов:

- в раскрывающемся списке **Таблица сталей** выберите строку **Стали по СНиП II-23-81\*, фасон**;
- в раскрывающемся списке **Сталь** выберите класс стали **C245**;
- в строке **Комментарий** задайте **Вариант1**.

Для ввода данных щелкните по кнопке **ОК**.

Номер	1
Комментарий	Вариант1
<b>Сечение</b>	
Таблица сталей	Стали по СНиП II-23-...
Сталь	C245
Сокращенный сортамент	Нет
<b>Комментарий</b> Произвольный текст, характеризующий этот набор материалов, присваиваемых элементам расчетной схемы	
<div>ОК Отмена</div>	

Рис.4.13. Диалоговое окно **Параметры**

Затем в диалоговом окне **Жесткости и материалы** включите радио-кнопку **Дополнительные характеристики** и щелкните по кнопке **Добавить**. В новом окне **Параметры** (рис.4.14) задайте параметры для балок:

- в поле **Тип элемента** включите радио-кнопку **Балка**;
- в поле **Комментарий** задайте **Балки**;
- все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.

Для ввода данных щелкните по кнопке **ОК**.

Параметры	
Нормы проектирования	СНиП II-23-81*
Номер	1
Комментарий	Балки
<b>Тип элемента</b>	
Ферменный	<input type="radio"/>
Колонна	<input type="radio"/>
Балка	<input checked="" type="radio"/>
<b>Коэффициенты условий работы и надежности</b>	
Ус устойчивости	0.95
Ус прочности	1
Уп	1
<b>Расчет производится</b>	
в пределах упругости	<input checked="" type="radio"/>
с учетом пластичности	<input type="radio"/>
Чистый изгиб	<input type="checkbox"/>
<b>Ребра жесткости</b>	
устанавливать ребра	<input type="checkbox"/>
шаг ребер, м	0
<b>Расчет по прогибу</b>	
Длина пролета L, м	Авто
Максимально допустимый прогиб	1/400
Консоль	<input type="checkbox"/>
<b>Данные для расчета на общую устойчивость</b>	
Lef b, м	0
использовать коэффициенты длины	<input type="checkbox"/>
<b>Комментарий</b> Произвольный текст, характеризующий этот набор дополнительных характеристик	
<input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="Отмена"/>	

Рис.4.14. Диалоговое окно **Параметры** (для балок)

Еще раз щелкните по кнопке **Добавить** в диалоговом окне **Жесткости и материалы**. В новом окне **Параметры** (рис.4.15) задайте параметры для колонн:

- в поле **Тип элемента** включите радио-кнопку **Колонна**;
- в поле **Расчетные длины** установите флажок **использовать коэффициенты длины**;
- задайте коэффициент длины относительно оси Z1 **Kz = 1**;
- коэффициент длины относительно оси Y1 **Ky = 1**;
- коэффициент длины для расчета Фb **Kb = 0.85**;
- в поле **Комментарий** задайте **Колонны**;
- все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.

Для ввода данных щелкните по кнопке **ОК**.

Параметры	
Нормы проектирования	СНиП II-23-81*
Номер	2
Комментарий	Колонны
<b>Тип элемента</b>	
Ферменный	<input type="radio"/>
Колонна	<input checked="" type="radio"/>
Балка	<input type="radio"/>
<b>Коэффициенты условий работы и надежности</b>	
$\gamma_c$ устойчивости	1
$\gamma_c$ прочности	1
$\gamma_n$	1
<b>Предельная гибкость</b>	
основная колонна	<input checked="" type="radio"/>
неосновная колонна	<input type="radio"/>
прочая	<input type="radio"/>
На сжатие	180-60a
На растяжение	300
<b>Расчет производится</b>	
в пределах упругости	<input checked="" type="radio"/>
с учетом пластичности	<input type="radio"/>
<b>Расчетные длины</b>	
$K_z$	1
$K_y$	1
$K_x$	0.85
использовать коэффициенты длины	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Комментарий</b> Произвольный текст, характеризующий этот набор дополнительных характеристик	
<div> <div>ОК</div> <div>Отмена</div> </div>	

Рис.4.15. Диалоговое окно **Параметры** (для колонн)

#### Задание материалов для второго варианта конструирования стальных конструкций

В диалоговом окне **Жесткости и материалы** установите флажок **Материалы** в поле **Назначить элементам схемы**. Для переключения на второй вариант конструирования, с помощью счетчика **Номер текущего варианта конструирования схемы** переключитесь на номер варианта конструирования **2**. Затем в диалоговом окне **Жесткости и материалы** при включенной радио-кнопке **Дополнительные характеристики** щелкните по кнопке **Добавить**. В новом окне **Параметры** задайте параметры для балок:

- в поле **Тип элемента** включите радио-кнопку **Балка**;
- в поле **Комментарий** задайте **Балки**;
- все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.

Для ввода данных щелкните по кнопке **ОК**.

Еще раз щелкните по кнопке **Добавить** в диалоговом окне **Жесткости и материалы**. В новом окне **Параметры** задайте параметры для колонн:

- в поле **Тип элемента** включите радио-кнопку **Колонна**;
- в поле **Расчетные длины** установите флажок **использовать коэффициенты длины**;
- задайте коэффициент длины относительно оси Z1 **Kz = 1**;
- коэффициент длины относительно оси Y1 **Ky = 1**;
- коэффициент длины для расчета  $\Phi_b$  **Kb = 0.85**;
- в поле **Комментарий** задайте **Колонны**;
- все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.

Для ввода данных щелкните по кнопке **ОК**.


Затем в диалоговом окне **Жесткости и материалы** включите радио-кнопку **Материал** и щелкните по кнопке **Добавить**. В новом окне **Параметры** задайте параметры материалов:


- в раскрывающемся списке **Таблица сталей** выберите строку **Стали по СП 16.13330.2011, лист и фасон**;
- в раскрывающемся списке **Сталь** выберите класс стали **C245**;
- в строке **Комментарий** задайте **Вариант2**.

Для ввода данных щелкните по кнопке **ОК**.

#### Назначение жесткостей и материалов элементам схемы


В диалоговом окне **Жесткости и материалы** в списке дополнительных характеристик для стальных конструкций включите радио-кнопку **Дополнительные характеристики** и выделите курсором строку **3. Балки**. Щелкните по кнопке **Назначить текущим** (при этом выбранный тип дополнительных характеристик записывается в строке редактирования **Материалы** поля **Назначить элементам схемы**. Можно назначить текущий тип дополнительных характеристик двойным щелчком по строке списка). При

активной кнопке  – **Отметка горизонтальных стержней** на панели инструментов **Панель выбора** с помощью курсора выделите все горизонтальные элементы схемы (выделенные элементы окрашиваются в красный цвет).

В диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке  – **Применить**. На экране появляется диалоговое окно **Предупреждение**, в котором щелкните по кнопке **Нет** (с элементов снимается выделение. Это свидетельство того, что выделенным элементам присвоена текущая комбинация жесткости и материала).



*Один и тот же материал может быть назначен элементам расчетной схемы одновременно с несколькими типами жесткостей для стальных конструкций. Назначить текущий материал выделенным элементам схемы, возможно лишь в том случае, если он совместим с текущей жесткостью. В противном случае, назначить материалы будет невозможно, о чем будет выдано соответствующее предупреждение.*



Щелкните по кнопке  – **Отметка горизонтальных стержней** на панели инструментов **Панель выбора**, чтобы снять активность с операции выделения горизонтальных стержневых элементов.

В диалоговом окне **Жесткости и материалы** в списке дополнительных характеристик для стальных конструкций выделите курсором строку **4. Колонны**. Щелкните по кнопке **Назначить текущим**. В диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по первой закладке **Жесткости** и в списке типов жесткостей выделите курсором тип жесткости **2. Двуглав 35K1**. Щелкните по кнопке **Назначить текущим**.


После этого щелкните по кнопке  – **Отметка вертикальных стержней** на панели инструментов **Панель выбора**. С помощью курсора выделите все вертикальные элементы. Затем в диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке  – **Применить**.

Для переключения на первый вариант конструирования, в диалоговом окне **Жесткости и материалы** с помощью счетчика **Номер текущего варианта конструирования схемы** переключитесь на номер варианта конструирования **1**. Чтобы назначить материалы стальным конструкциям для первого

варианта конструирования, снимите флажок **Жесткость** в поле **Назначить элементам схемы**. В диалоговом окне **Жесткости и материалы** в списке материалов для стальных конструкций выделите курсором строку **1. Вариант1**. Щелкните по кнопке **Назначить текущим**. Далее в списке дополнительных характеристик для стальных конструкций выделите курсором строку **2. Колонны**. Щелкните по кнопке **Назначить текущим**.


С помощью курсора выделите все вертикальные элементы. Затем в диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке  – **Применить**. После этого щелкните по кнопке  – **Отметка вертикальных стержней** на панели инструментов **Панель выбора**, чтобы снять активность с операции выделения вертикальных стержневых элементов.


В диалоговом окне **Жесткости и материалы** в списке дополнительных характеристик для стальных конструкций выделите курсором строку **1. Балки**. Щелкните по кнопке **Назначить текущим**.


Щелкните по кнопке  – **Отметка горизонтальных стержней** на панели инструментов **Панель выбора**. С помощью курсора выделите все горизонтальные элементы. Затем в диалоговом окне


**Жесткости и материалы** щелкните по кнопке  – **Применить**. На экране появляется диалоговое окно **Предупреждение**, в котором щелкните по кнопке **Нет**.


Чтобы назначить материалы железобетонным конструкциям для первого варианта конструирования, щелкните по первой закладке **Жесткости**. Далее в диалоговом окне **Жесткости и материалы** в списке типов жесткостей выделите курсором тип жесткости **3. Пластина Н 20**. Щелкните по кнопке **Назначить текущим**. После этого в диалоговом окне **Жесткости элементов** щелкните по второй закладке **Ж/Б** (при этом в списке текущих материалов должны быть установлены в качестве текущих: тип – **1.Оболочка**, класс бетона – **1.В30** и класс арматуры – **1.А-III**).

Щелкните по кнопке  – **Отметка блока** в раскрывающемся списке **Отметка блока** на панели инструментов **Панель выбора**. Укажите курсором на любой узел или элемент плиты перекрытия

первого или второго этажа. В диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке  – **Применить**. В появившемся диалоговом окне с предупреждением щелкните по кнопке **ОК**. Снимите

выделение с узлов и элементов щелчком по кнопке  – **Отмена выделения** на панели инструментов **Панель выбора**.

Назначьте текущим тип жесткости **4. Пластина Н 30**. Для выделения диафрагмы щелчком по кнопке  – **ПолиФильтр** на панели инструментов **Панель выбора** вызовите диалоговое окно **ПолиФильтр**. В этом окне перейдите на вторую закладку **Фильтр для элементов** (рис.4.16). Далее установите флажок **По виду КЭ** и в раскрывающемся списке выберите строку **Четырехузловые КЭ (пластины)**. После этого установите флажок **По ориентации КЭ** и включите радио-кнопку **|| YOZ**.

Щелкните по кнопке  – **Применить**. Затем в диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните

по кнопке  – **Применить**.

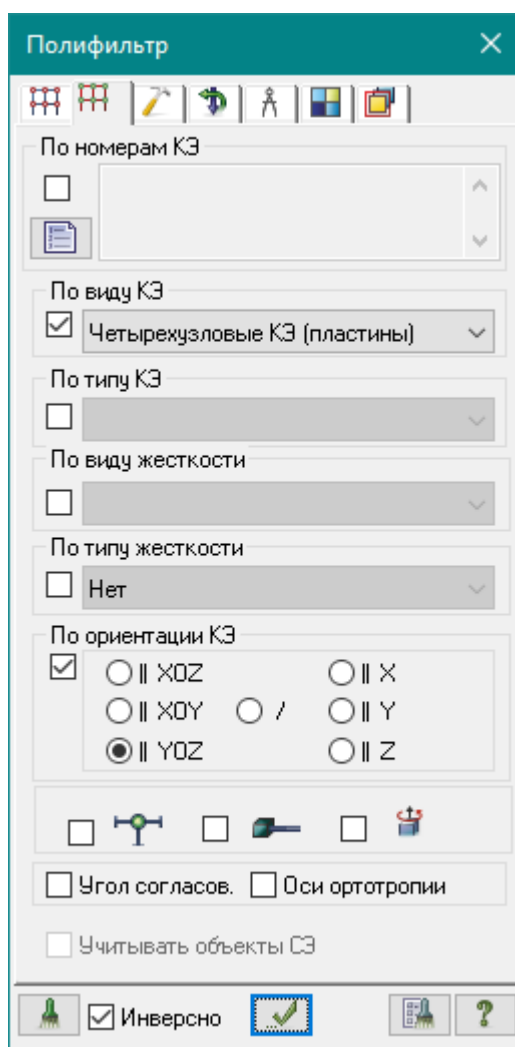






Рис.4.16. Диалоговое окно ПолиФильтр

Назначьте текущим тип жесткости **5. Пластина Н 50**. При активной кнопке  – **Отметка блока** в раскрывающемся списке **Отметка блока** на панели инструментов **Панель выбора**, укажите курсором на любой узел или элемент фундаментной плиты. В диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке  – **Применить**.

#### Этап 5. Задание параметров упругого основания

При активной кнопке  – **Отметка блока** в раскрывающемся списке **Отметка блока** на панели инструментов **Панель выбора**, укажите курсором на любой узел или элемент фундаментной плиты.

Щелчком по кнопке  – **Коэффициенты постели С1, С2** (панель **Жесткости и связи** на вкладке **Создание и редактирование**) вызовите диалоговое окно **Задание коэфф. С1 и С2** (рис.4.17). В этом окне, при установленном флажке **Пластины** и включенной радио-кнопке **Назначить**, для задания коэффициентов постели в поле **С1z** введите значение коэф. жесткости упругого основания на сжатие


**С1z = 1000 т/м³**. Щелкните по кнопке  – **Применить**.

Рис.4.17. Диалоговое окно **Задание коэфф. C1 и C2**

### Этап 6. Задание граничных условий



Во избежание геометрической изменяемости в плоскости XOY, на фундаментную плиту накладываем дополнительные граничные условия.

#### Выделение узлов

В диалоговом окне **Фильтр для элементов** перейдите на последнюю закладку **Сечения и отсечения** (рис.4.18). В этом окне для выбора секущей плоскости включите радио-кнопку **YOZ** (по умолчанию установлены флажки **Узлы** и **Элементы** в поле **Включить**, включена радио-кнопка **Сечение плоскостью** в поле **Выбор режима**, а также установлен флажок **Указать узел плоскости**). Укажите курсором любой узел стыковки диафрагмы с фундаментной плитой (узел окрашивается в черный цвет).

Щелкните по кнопке  – **Применить**.

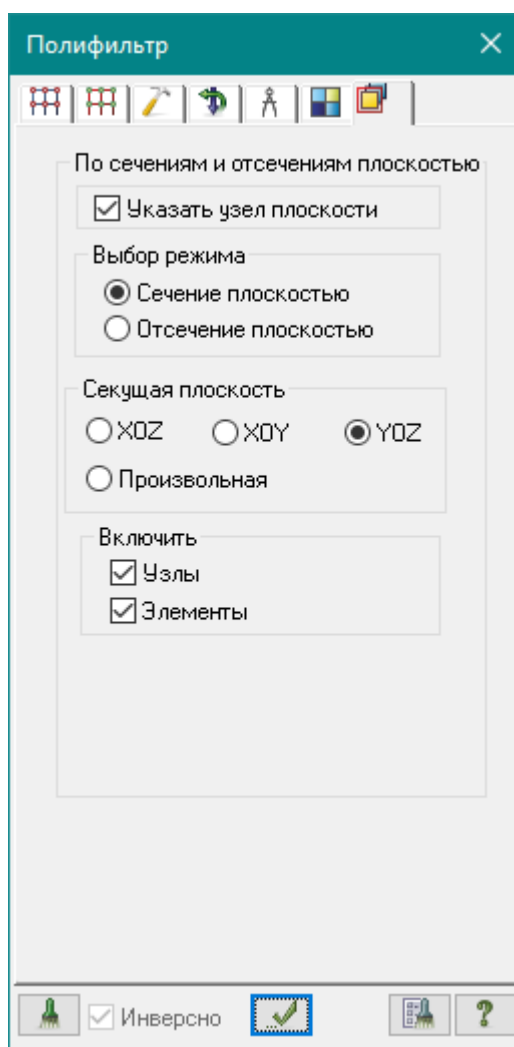





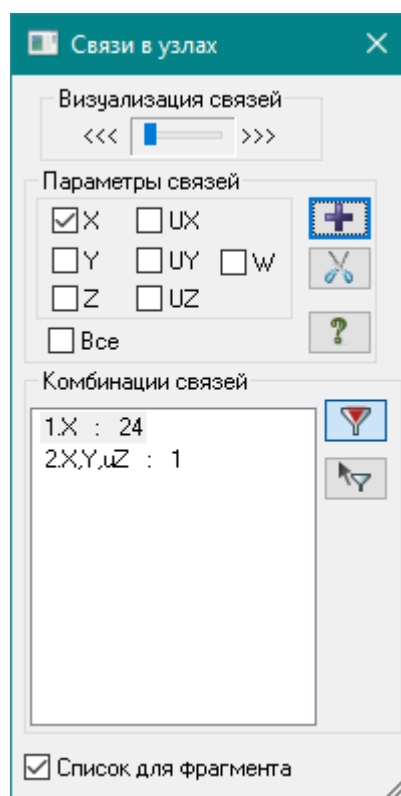


Рис.4.18. Диалоговое окно **Сечения и отсечения**

Для отображения на экране только отмеченных узлов и элементов схемы, выполните фрагментацию щелчком по кнопке  – **Фрагментация** на панели инструментов **Панель выбора**. Для представления расчетной схемы в проекции на плоскость YOZ, щелкните по кнопке  – **Проекция на YOZ** на панели инструментов **Проекция**. После щелчка по кнопке  – **Отметка узлов** в раскрывающемся списке **Отметка узлов** на панели инструментов **Панель выбора** с помощью курсора выделите узлы стыковки диафрагмы с фундаментной плитой.


#### Задание граничных условий


Щелчком по кнопке  – **Связи** (панель **Жесткости и связи** на вкладке **Создание и редактирование**) вызовите диалоговое окно **Связи в узлах** (рис.4.19). В этом окне, с помощью установки флажков, отметьте направления, по которым запрещены перемещения узлов (**X**). После этого щелкните по кнопке  – **Добавить связи в отмеченных узлах** (узлы окрашиваются в синий цвет, а в списке **Комбинации связей** добавляется строка назначенной комбинации связей).


Рис.4.19. Диалоговое окно **Связи в узлах**

Выделите узел стыковки средней колонны с фундаментной плитой. В диалоговом окне **Связи в узлах** отметьте дополнительные направления, по которым запрещено перемещение узла (**Y**, **UZ**).

Щелкните по кнопке  – **Добавить связи в отмеченных узлах**.


Щелкните по кнопке  – **Отметка узлов** в раскрывающемся списке **Отметка узлов** на панели инструментов **Панель выбора**, чтобы снять активность с операции выделения узлов.


Для восстановления расчетной схемы в первоначальном виде после операции фрагментации, щелкните по кнопке  – **Восстановление конструкции** на панели инструментов **Панель выбора**.

Перейдите в диметрическую проекцию представления расчетной схемы щелчком по кнопке  – **Диметрическая проекция** на панели инструментов **Проекция**.

## Этап 7. Задание нагрузок

### Формирование загрузки № 1

Щелчком по кнопке  – **Добавить собственный вес** (панель **Нагрузки** на вкладке **Создание и редактирование**) вызовите диалоговое окно **Добавить собственный вес** (рис.4.20). В этом окне, при включенной радио-кнопке **все элементы схемы** и заданном коэф. надежности по нагрузке равном **1**,

щелкните по кнопке  – **Применить** (элементы автоматически загружаются нагрузкой от собственного веса).

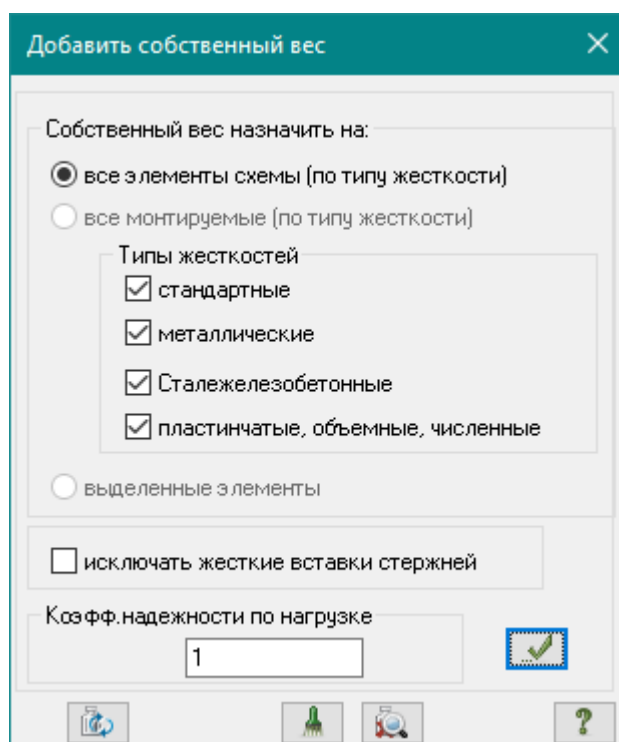




Рис.4.20. Диалоговое окно **Добавить собственный вес**

#### Формирование загрузки № 2

Смените номер текущего загрузки щелчком по кнопке  – **Следующее загрузка** в строке состояния (находится в нижней области рабочего окна). Выделите плиты перекрытия 1-го и 2-го этажа с помощью операции отметки блока (описание см. выше). Вызовите диалоговое окно **Задание нагрузок**

на закладке **Нагрузки на пластины** (рис.4.21) выбрав команду  – **Нагрузка на пластины** в раскрывающемся списке **Нагрузки на узлы и элементы** (панель **Нагрузки** на вкладке **Создание и редактирование**). В этом окне по умолчанию указана система координат **Глобальная**, направление – вдоль оси **Z**.

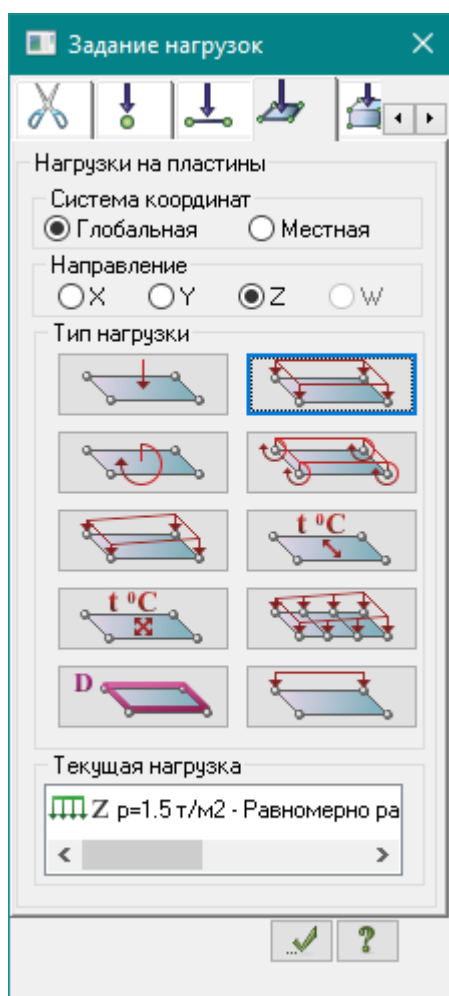



Рис.4.21. Диалоговое окно **Задание нагрузок**

Щелчком по кнопке равномерно распределенной нагрузки вызовите диалоговое окно **Параметры**.

В этом окне задайте интенсивность нагрузки  $p = 1.5 \text{ т/м}^2$  (рис.4.22). Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

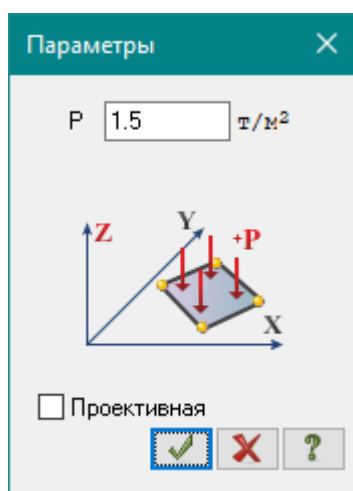


Рис.4.22. Диалоговое окно **Параметры**

На экране появляется диалоговое окно **Предупреждение** (рис.4.23), в котором щелкните по кнопке **ОК**.

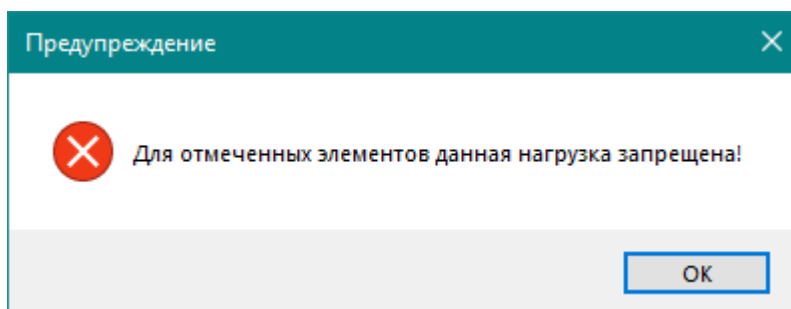



Рис.4.23. Диалоговое окно **Предупреждение**






Предупреждение связано с тем, что при выделении плит перекрытия выделяются одновременно стержни и пластины. Задаваемая нагрузка на пластины запрещена для стержневых элементов.


Снимите выделение узлов и элементов щелчком по кнопке  – **Отмена выделения** на панели инструментов **Панель выбора**. Выделите все элементы фундаментной плиты при включенной функции выделения блока. В диалоговом окне **Задание нагрузок** щелчком по кнопке равномерно распределенной нагрузки вызовите диалоговое окно **Параметры**. В этом окне задайте интенсивность


$p = 2 \text{ т/м}^2$ . Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

### Формирование загрузки № 3

Смените номер текущего загрузки щелчком по кнопке  – **Следующее загрузка** в строке состояния. Перейдите в проекцию на плоскость XOZ щелчком по кнопке  – **Проекция на XOZ** на панели инструментов **Проекция**. После щелчка по кнопке  – **Отметка элементов** в раскрывающемся списке **Отметка элементов** на панели инструментов **Панель выбора** с помощью курсора выделите плиту перекрытия 2-го этажа.


Щелчком по кнопке равномерно распределенной нагрузки вызовите диалоговое окно **Параметры**.


В этом окне задайте интенсивность нагрузки  $p = 0.08 \text{ т/м}^2$ . Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**. На экране появляется диалоговое окно **Предупреждение**, в котором щелкните по кнопке **ОК**.

Снимите выделение узлов и элементов щелчком по кнопке  – **Отмена выделения** на панели инструментов **Панель выбора**.


Перейдите в диметрическую проекцию представления расчетной схемы щелчком по кнопке  – **Диметрическая проекция** на панели инструментов **Проекция**.


### Задание расширенной информации о загрузках



Вызовите диалоговое окно **Редактор загрузок** (рис.4.24) щелчком по кнопке  – **Редактор загрузок** (панель **Нагрузки** на вкладке **Создание и редактирование**). В этом диалоговом окне в списке загрузок выделите строку соответствующую первому загрузке. Далее в поле **Редактирование выбранного загрузки** выберите в раскрывающемся списке **Вид** строку

**Постоянное** и щелкните по кнопке  – **Применить**.

После этого в списке загрузок выделите строку соответствующую второму загрузке, а затем в поле **Редактирование выбранного загрузки** выберите в раскрывающемся списке **Вид** строку

**Постоянное** и щелкните по кнопке  – **Применить**.

Далее в списке загрузок выделите строку соответствующую третьему загрузке, а затем в поле **Редактирование выбранного загрузки** выберите в раскрывающемся списке **Вид** строку **Кратковременное** и щелкните по кнопке  – **Применить**.

Чтобы добавить четвертое загрузку, в поле **Список загрузок** щелкните по кнопке  – **Добавить загрузку (в конец)**. Для Загрузки 4 в поле **Редактирование выбранного загрузки** выберите в раскрывающемся списке **Вид** строку **Сейсмическое** и щелкните по кнопке  – **Применить**.

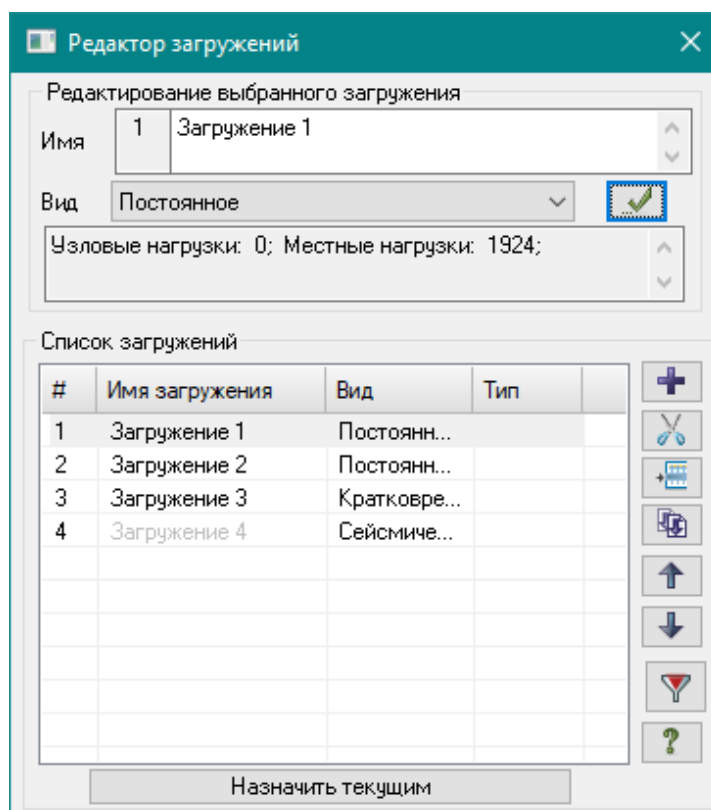



Рис.4.24. Диалоговое окно **Редактор загрузок**

## Задание характеристик для расчета рамы на сейсмику

### Этап 8. Формирование динамических загрузок из статических

Вызовите диалоговое окно **Формирование динамических загрузок из статических** (рис.4.25)

щелчком по кнопке  – **Учет статических загрузок** (панель **Динамика** на вкладке **Расчет**). Для формирования первой строки сводной таблицы, в этом окне, при включенной радио-кнопке **загрузки** (код 1), задайте следующие параметры:

- № динамического загрузки – 4;
- № соответствующего статического загрузки – 1;
- Коэф. преобразования – 0.9.

Щелкните по кнопке  – **Добавить**.

Для формирования второй строки сводной таблицы, в этом же окне задайте следующие параметры:



- № динамического загрузки – 4;

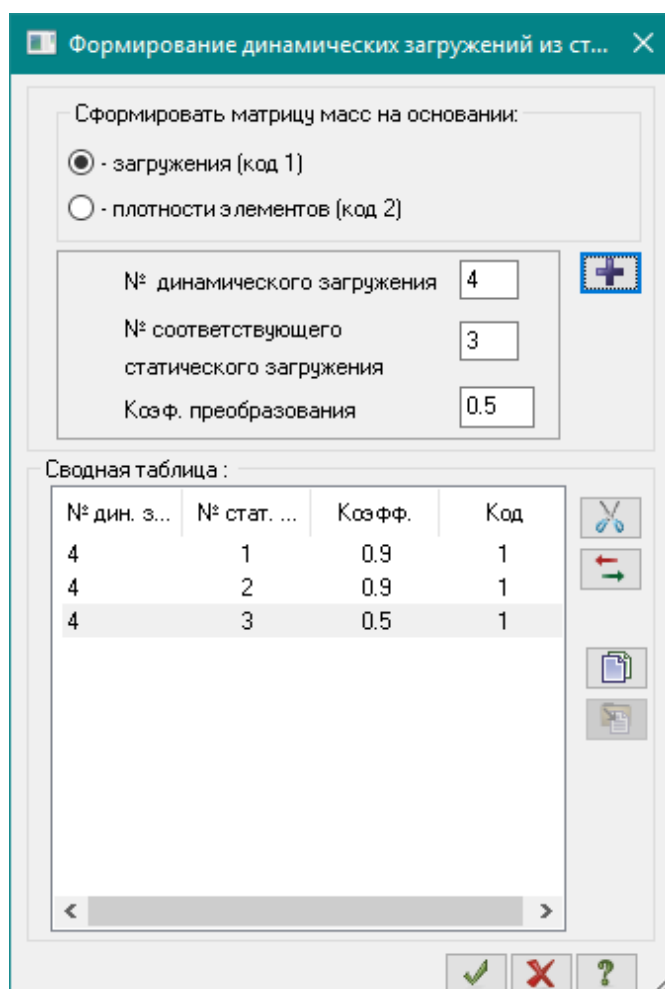
- № соответствующего статического нагружения – 2;
- Коэф. преобразования – 0.9.

Щелкните по кнопке  – **Добавить**.

Для формирования третьей строки сводной таблицы, в этом же окне задайте следующие параметры:

- № динамического нагружения – 4;
- № соответствующего статического нагружения – 3;
- Коэф. преобразования – 0.5.

Щелкните по кнопкам  – **Добавить** и  – **Подтвердить**.



Формирование динамических нагружений из статических

Сформировать матрицу масс на основании:

☒ - загрузки (код 1)

☐ - плотности элементов (код 2)

№ динамического нагружения: 4

№ соответствующего статического нагружения: 3

Коэф. преобразования: 0.5

Сводная таблица:

№ дин. з...	№ стат. ...	Коэфф.	Код
4	1	0.9	1
4	2	0.9	1
4	3	0.5	1


Рис.4.25. Диалоговое окно **Формирование динамических нагружений из статических**

#### Этап 9. Формирование таблицы параметров динамических воздействий



Наиболее опасным направлением сейсмического воздействия считается направление вдоль меньшей стороны здания. Поскольку размеры здания в плане 9 x 12 м, наиболее опасным считается направление X.

Вызовите диалоговое окно **Задание характеристик для расчета на динамические воздействия**

(рис.4.26) щелчком по кнопке  – **Таблица динамических нагружений** (панель **Динамика** на вкладке **Расчет**). В этом окне задайте следующие параметры:

- № загрузки – **4**;
- Наименование воздействия – **Сейсмическое /01.01.2000/СП 14.13330.2011/(35)**;
- Количество учитываемых форм колебаний – **10**.

Затем щелкните по кнопке **Параметры**.

#	№	Имя загрузки...	Тип	Параметры...	Параметры динамического возд
1	4	Загрузка 4	СЕЙСМ	35 10 0 0 0	1.00 3 0.00 1 1 7 1.000 1.00 1.00
2					

Рис.4.26. Диалоговое окно **Задание характеристик для расчета на динамические воздействия**

В диалоговом окне **Параметры расчета на сейсмические воздействия** (рис.4.27) задайте следующие параметры:

- направляющие косинусы равнодействующей сейсмического воздействия в глобальной системе координат – **СХ = 1**;
- остальные параметры принимаются по умолчанию.

Подтвердите ввод данных щелчком по кнопке  – **Подтвердить**.

**Параметры расчета на сейсмические воздействия**

Строительные нормы: **СНиП II-7-81(с изменениями от 01.01.2000)**

Поправочный коэф. для сейсмических сил: **1**

Тип сооружения: **1 - жилые, общественные и производственные**

Категория грунта: **G = 1** **График**

Сейсмичность площадки в баллах: **S = 7**

Коэффициенты из таблиц СНиП II-7-81(с изменениями от 01.01.2000)

Таблица 3: **Ko = 1.50**    Таблица 4: **KA = 1**    Таблица 3: **K1 = 1.00**    Таблица 6: **Kpsi = 1.00**

Направляющие косинусы равнодействующей сейсм. воздейств. в ГСК

CX: **1**    CY:     CZ:      $CX^2 + CY^2 + CZ^2 = 1$

**OK** **Cancel** **Help**

Рис.4.27. Диалоговое окно **Параметры расчета на сейсмические воздействия**

В диалоговом окне **Задание характеристик для расчета на динамические воздействия** щелкните по кнопке – **Подтвердить**.

#### Этап 10. Генерация таблицы РСУ

Щелчком по кнопке – **Таблица РСУ** (панель **PCY** на вкладке **Расчет**) вызовите диалоговое окно **Расчетные сочетания усилий** (рис.4.28).

Так как вид загрузений задавался в диалоговом окне **Редактор загрузений** (рис.4.24) таблицу РСУ можно сформировалась с параметрами, принятыми по умолчанию для каждого загрузения,

щелчком по кнопке – **Заполнить таблицу РСУ значениями по умолчанию**. Далее нужно только изменить параметры для третьего загрузения.

В этом окне, при выбранных строительных нормах **СНиП 2.01.07-85\***, для формирования таблицы РСУ со значениями, принятыми по умолчанию для каждого загрузения, щелкните по кнопке – **Заполнить таблицу РСУ значениями по умолчанию**. После этого задайте следующие данные:

- в сводной таблице для вычисления РСУ выделите строку соответствующую 3-му загрузению. Затем в текстовом поле **Коэффициент надежности** задайте величину **1.4** и после этого щелкните

по кнопке – **Применить**.

Для окончания формирования таблицы РСУ, щелкните по кнопке – **Подтвердить**.

**Расчетные сочетания усилий**

Номер таблицы РСЧ: 1

Имя таблицы РСЧ: СНиП\_1

Строительные нормы: СНиП 2.01.07-85\*

Номер загрузки: 3 Загрузка 3

Вид загрузки: Кратковременное(2) ☒ По умолчанию

N группы объединяемых временных загрузок: 0

Учитывать знакопеременность: ☐

N группы взаимоисключающих загрузок: 0

NN сопутствующих загрузок: 0 0

Коэффициент надежности: 1.4

Доля длительности: 0.35

Не учитывать для II-го пред. сост.: ☐

Ограничения для кранов и тормозов: Кран ☐ Тормоз ☐

Коэффициенты для РСЧ

#	1 основ.	2 основ.	Особ.(С)	Особ.(б С)	5 сочет.	6 сочет.
1	1.00	1.00	0.90	1.00	0.00	0.00
2	1.00	1.00	0.90	1.00	0.00	0.00
3	1.00	0.90	0.50	0.80	0.00	0.00
4	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00


Сводная таблица для вычисления РСЧ:

№	Имя загрузки...	Вид	Параметры РСЧ	Коэффициенты РСЧ
1	Загрузка 1	Постоянное(0)	0 0 0 0 0 0 1.10 1.00	1.00 1.00 0.90 1.00
2	Загрузка 2	Постоянное(0)	0 0 0 0 0 0 1.10 1.00	1.00 1.00 0.90 1.00
3	Загрузка 3	Кратковремен...	2 0 0 0 0 0 1.40 0.35	1.00 0.90 0.50 0.80
4	Загрузка 4	Сейсмическо...	5 0 1 0 0 0 1.00 0.00	0.00 0.00 1.00

Рис.4.28. Диалоговое окно Расчетные сочетания усилий

### Этап 11. Генерация таблицы РСЧ



Щелчком по кнопке  – РСЧ (панель **Доп. расчеты** на вкладке **Расчет**) вызовите диалоговое окно **Расчетные сочетания нагрузок** (рис.4.29). В этом окне, при выбранных строительных нормах **СП 20.13330.2016**, для четвертого загрузения после двойного щелчка мыши по ячейке **Знакоперемен.** задайте **+/-**. Для третьего загрузения в ячейке **Коэф. надежн.** задайте коэффициент надежности по нагрузке равный **1.4**.

**Расчетные сочетания нагрузок**

Номер таблицы РСН: 1 Имя таблицы РСН: СП 20.13330.2016\_1

☐ Определяющие РСН ☐ Динамика по абсолютному значению

СП 20.13330.2016 ☒ Не учитывать сейсмику для II-го ПС ☒ Не учитывать особое загруз. для II-го ПС

	N загруз.	Наименование	Вид	Знакоперем.	Взаимоискл.	Козф. надежн.	Доля длит.
1	1	Загружение 1	Постоянное (P)	+		1.1	1.0
2	2	Загружение 2	Постоянное (P)	+		1.1	1.0
3	3	Загружение 3	Кратк. доминир.1 (Pt1)	+		1.4	.35
4	4	Загружение 4	Сейсмическое (Pse)	+/-		1.0	.0

Основное сочетание  
Особое сочетание

$$P^d + \psi_{11} \cdot P_{11}^d + \sum_{i=2}^{n1} \psi_{1i} \cdot P_{1i}^d + \psi_{t1} \cdot P_{t1}^d + \psi_{t2} \cdot P_{t2}^d + \sum_{j=3}^{nt} \psi_{tj} \cdot P_{tj}^d$$

Добавить

Козфициенты

Рис.4.29. Диалоговое окно Расчетные сочетания нагрузок

Чтобы добавить возможные сочетания, выделите сначала в списке сочетаний строку **Основное сочетание** и щелкните по кнопке **Добавить**, затем выделите строку **Особое сочетание** и щелкните по кнопке **Добавить**, (в таблице появляются столбцы с величинами коэффициентов в соответствии с применяемыми формулами сочетаний по СП 20.13330.2016). После этого щелкните по кнопке - **Сохранить данные**, чтобы сохранить все введенные данные. Закройте диалоговое окно **Расчетные сочетания нагрузок** щелчком по кнопке – **Выход**.

## Этап 12. Назначение конструктивных элементов




Конечные элементы, объединенные в конструктивный, при конструировании рассматриваются как единое целое. Между элементами, входящими в конструктивный элемент, не должно быть разрывов, они должны иметь один тип жесткости, не должны входить в другие конструктивные элементы и унифицированные группы, а также иметь общие узлы и лежать на одной прямой. В данной версии можно выделять все элементы схемы и объединять их в конструктивные.

### Создание конструктивных элементов БАЛКА



Щелкните по кнопке – **Отметка горизонтальных стержней** на панели инструментов **Панель выбора**. С помощью курсора выделите все горизонтальные элементы схемы.

Для создания конструктивных элементов вызовите диалоговое окно **Конструктивные элементы**

(рис.4.30) щелчком по кнопке  – **Конструктивные элементы** (панель **Конструирование** на вкладке **Создание и редактирование**). В появившемся диалоговом окне установите флажок **Для всех** в поле **Вариант конструирования**. После этого в поле **Редактирование КоЭ** щелкните по кнопке **Создать КоЭ**.

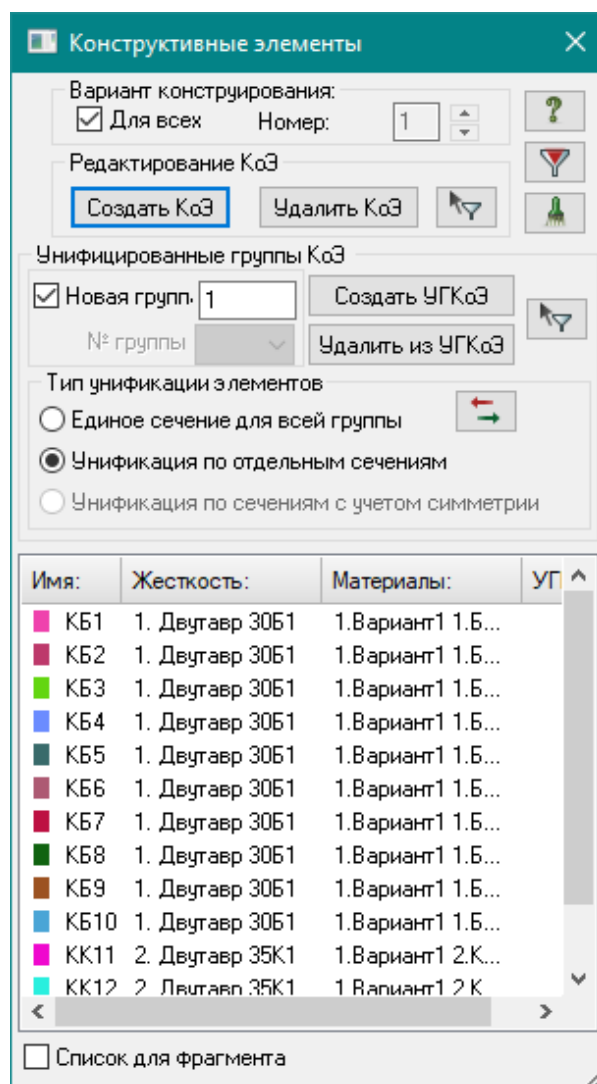




Рис.4.30. Диалоговое окно **Конструктивные элементы**

Щелкните по кнопке  – **Отметка горизонтальных стержней** на панели инструментов **Панель выбора**, чтобы снять активность с операции выделения горизонтальных стержневых элементов.

#### Создание конструктивных элементов КОЛОННА

Перейдите в проекцию на плоскость XOZ щелчком по кнопке  – **Проекция на XOZ** на панели инструментов **Проекция**. После щелчка по кнопке  – **Отметка вертикальных стержней** на панели инструментов **Панель выбора** с помощью курсора выделите колонны первого этажа в месте расположения диафрагмы.

В диалоговом окне **Конструктивные элементы**, при установленном флажке **Для всех** в поле **Вариант конструирования**, в поле **Редактирование КоЭ** щелкните по кнопке **Создать КоЭ**. После этого выделите колонны второго этажа в месте расположения диафрагмы. В диалоговом окне **Конструктивные элементы**, при установленном флажке **Для всех** в поле **Вариант конструирования**, в поле **Редактирование КоЭ** еще раз щелкните по кнопке **Создать КоЭ**.



Перейдите в диметрическую проекцию представления расчетной схемы щелчком по кнопке **Диметрическая проекция** на панели инструментов **Проекция**.



Щелкните по кнопке **Отметка вертикальных стержней** на панели инструментов **Панель выбора**, чтобы снять активность с операции выделения вертикальных стержневых элементов.

### Этап 13. Назначение раскреплений в узлах изгибаемых элементов



Щелкните по кнопке **Отметка горизонтальных стержней** на панели инструментов **Панель выбора**. С помощью курсора выделите все горизонтальные элементы схемы.



Щелчком по кнопке **Раскреплений для прогибов** (панель **Конструирование** на вкладке **Создание и редактирование**) вызовите диалоговое окно **Раскреплений для прогибов** (рис.4.31). В этом окне установите флажок **Для всех** в поле **Вариант конструирования**. После этого выберите в раскрывающемся списке строку **Создать в узлах с несоосными элементами**. Далее, при

установленных флажках раскреплений – **Y1**, **Z1**, щелкните по кнопке **Применить** (прогиб сечений элемента определяется относительно линии, соединяющей раскреплений на его концах).

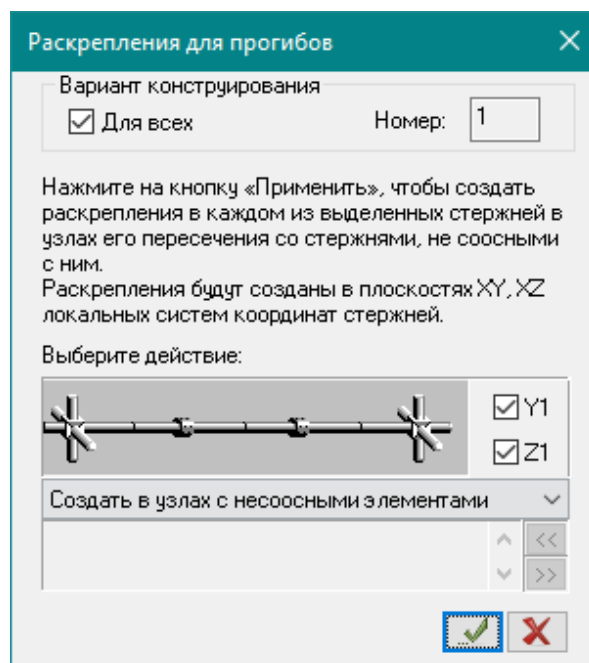


Рис.4.31. Диалоговое окно **Раскреплений для прогибов**

Закройте диалоговое окно **Раскреплений для прогибов** щелчком по кнопке **Заккрыть**.



Снимите выделение узлов и элементов щелчком по кнопке **Отмена выделения** на панели инструментов **Панель выбора**.

### Этап 14. Полный расчет схемы



Запустите задачу на расчет щелчком по кнопке **Выполнить полный расчет** (панель **Расчет** на вкладке **Расчет**).

## Этап 15. Просмотр и анализ результатов статического и динамического расчетов

### Отключение отображения нагрузок на расчетной схеме

В диалоговом окне **Показать** перейдите на третью закладку **Общие** и снимите флажок **Нагрузки**.

Щелкните по кнопке  – **Перерисовать**.

В режиме просмотра результатов расчета по умолчанию расчетная схема отображается с учетом перемещений узлов (рис.4.32).

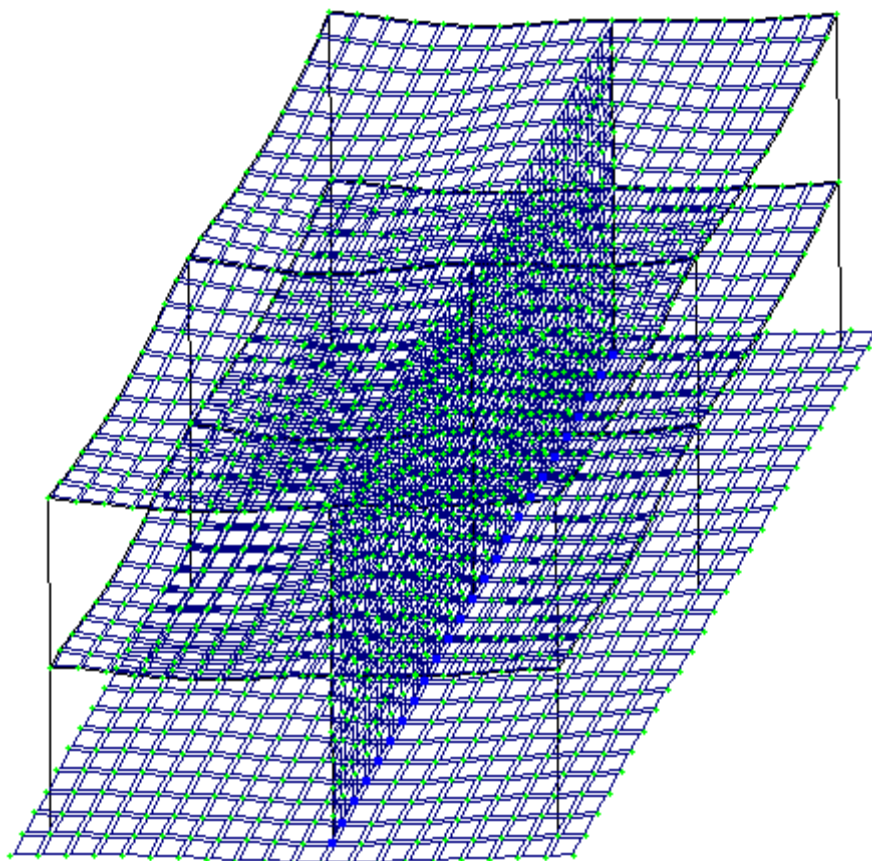








Рис.4.32. Расчетная схема с учетом перемещений узлов


### Вывод на экран эпюр внутренних усилий


Для выделения стержневых элементов, в диалоговом окне **ПолиФильтр** перейдите на вторую закладку **Фильтр для элементов**. Далее установите флажок **По виду КЭ** и в раскрывающемся списке выберите строку **Стержни**. Щелкните по кнопке  – **Применить**. Для отображения на экране только выделенных стержневых элементов, выполните фрагментацию щелчком по кнопке  – **Фрагментация** на панели инструментов **Панель выбора**.

Выведите на экран эпюру  **$M_y$**  щелчком по кнопке  – **Эпюры  $M_y$**  (панель **Усилия в стержнях** на вкладке **Анализ**). Для вывода эпюры  **$Q_z$**  щелкните по кнопке  – **Эпюры поперечных сил  $Q_z$**  (панель **Усилия в стержнях** на вкладке **Анализ**). Для вывода эпюры  **$N$**  щелкните по кнопке  – **Эпюры продольных сил  $N$**  (панель **Усилия в стержнях** на вкладке **Анализ**). Чтобы вывести мозаику



усилия **N**, выберите команду  – **Мозаика усилий в стержнях** в раскрывающемся списке **Эпюры/мозаика** (панель **Усилия в стержнях** на вкладке **Анализ**).

#### Смена номера текущего нагружения



В строке состояния (находится в нижней области рабочего окна) в раскрывающемся списке **Сменить номер нагружения** выберите строку соответствующую второму нагружению или щелкните по кнопке  – **Следующее нагружение**.



Для восстановления расчетной схемы в первоначальном виде, щелкните по кнопке  – **Восстановление конструкции** на панели инструментов **Панель выбора**.

#### Вывод на экран изополей перемещений


Чтобы вывести на экран изополя перемещений по направлению **Z**, выберите команду  – **Изополя перемещений в глобальной системе** в раскрывающемся списке **Мозаика/изополя** и после этого щелкните по кнопке  – **Изополя перемещений по Z** (панель **Деформации** на вкладке **Анализ**).

#### Вывод на экран мозаик напряжений


Чтобы вывести на экран мозаику напряжений по **M<sub>x</sub>**, выберите команду  – **Мозаика напряжений** в раскрывающемся списке **Мозаика/изополя** и после этого щелкните по кнопке  – **Мозаика напряжений по M<sub>x</sub>** (панель **Напряжения в пластинах и объемных КЭ** на вкладке **Анализ**).

Для отображения мозаики напряжений по **N<sub>x</sub>**, щелкните по кнопке  – **Мозаика напряжений по N<sub>x</sub>** (панель **Напряжения в пластинах и объемных КЭ** на вкладке **Анализ**). Для отображения мозаики напряжений по **R<sub>z</sub>** (отпор упругого основания), щелкните по кнопке  – **Мозаика напряжений по R<sub>z</sub>** (панель **Напряжения в пластинах и объемных КЭ** на вкладке **Анализ**).


Чтобы увидеть полную картину отображения мозаики напряжений по **R<sub>z</sub>** в фундаментной плите, выделите её с помощью функции отметки блока и выполните фрагментацию.


Для восстановления расчетной схемы в первоначальном виде, щелкните по кнопке  – **Восстановление конструкции** на панели инструментов **Панель выбора**.



#### Вывод форм колебаний конструкции

В строке состояния в раскрывающемся списке **Сменить номер нагружения** выберите строку соответствующую четвертому нагружению. Выведите первую форму колебаний выбрав команду  – **Формы колебаний** в раскрывающемся списке **НДС схемы** (панель **Деформации** на вкладке **Анализ**). Для вывода второй формы колебаний четвертого нагружения, в строке состояния в раскрывающемся списке **Номер формы (составляющей, периода)** выберите строку соответствующую второй форме колебаний.

#### Просмотр анимации второй формы колебаний

Чтобы перейти в режим пространственной модели, откройте меню **Приложения** и выберите пункт **Пространственная модель (3D-графика)** (кнопка  на панели быстрого доступа). Для просмотра анимации второй формы колебаний четвертого нагружения, с помощью команд управления выберите

нужный ракурс отображения расчетной схемы и после этого щелкните по кнопке  – **Показать анимацию колебаний** (панель **Анимация** на вкладке **3D Вид**). В диалоговом окне **Колебания** (рис.4.33)

щелкните по кнопке  – **Воспроизвести анимацию**. Закройте диалоговое окно **Колебания** щелчком по кнопке  – **Заккрыть**.

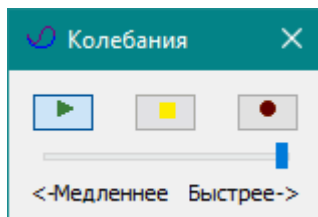





Рис.4.33. Диалоговое окно **Колебания**

Для возврата к просмотру и анализу результатов статического и динамического расчетов, закройте окно пространственной модели или щелкните по кнопке  – **Конечноэлементная модель** (панель **Возврат** на вкладке **3D Вид**).

#### Формирование и просмотр таблиц результатов расчета

Для вывода на экран таблицы со значениями усилий в элементах схемы выберите команду  – **Стандартные таблицы** в раскрывающемся списке **Документация** (панель **Таблицы** на вкладке **Анализ**). После этого в диалоговом окне **Таблицы** (рис.4.34) выделите строку **Усилия**. При активной строке **Все загрузки** в поле **Выбор загрузений**, щелкните по кнопке  – **Применить**.

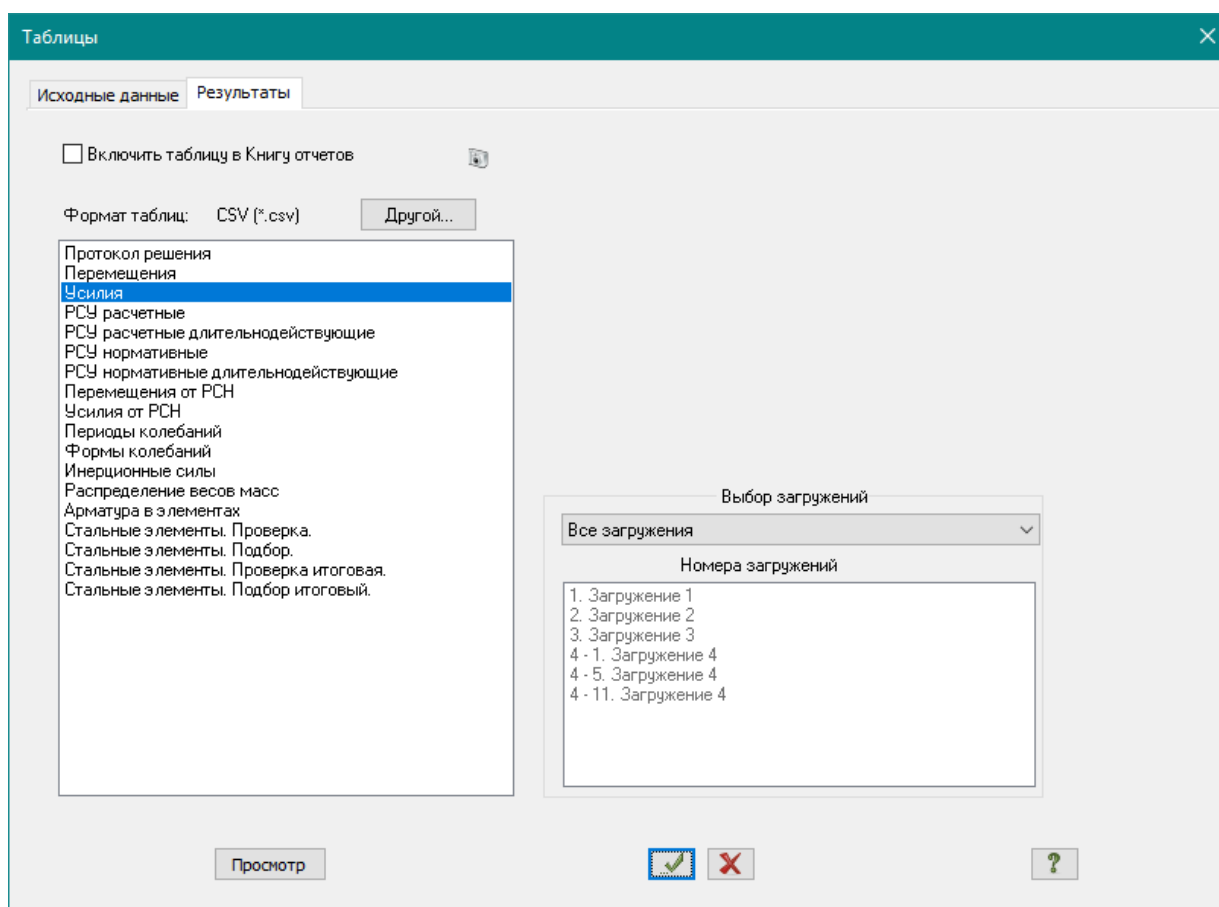






Рис.4.34. Диалоговое окно **Таблицы**



После анализа закройте таблицу щелчком по кнопке  – **Заккрыть**.

Для вывода на экран таблицы со значениями периодов колебаний в диалоговом окне **Таблицы** выделите строку **Периоды колебаний**. Щелкните по кнопке  – **Применить**.



## Этап 16. Просмотр и анализ результатов конструирования

### Просмотр результатов армирования

Для просмотра информации о выбранной арматуре в одном из пластинчатых конечных элементов, щелкните по кнопке  – **Информация об узле или элементе** на панели инструментов **Панель выбора** и укажите курсором на любой пластинчатый элемент. В появившемся диалоговом окне перейдите на закладку **Информация о выбранной арматуре** (в этом окне содержится полная информация о выбранном элементе, в том числе и с результатами подбора арматуры). Закройте диалоговое окно щелчком по кнопке  – **Заккрыть**.



Чтобы посмотреть мозаику отображения площади нижней арматуры в пластинах по направлению оси X1, щелкните по кнопке  – **Нижняя арматура в пластинах по оси X1** (панель **Армирование** на вкладке **Железобетон**). Чтобы посмотреть мозаику отображения площади нижней арматуры в пластинах по направлению оси Y1, щелкните по кнопке  – **Нижняя арматура в пластинах по оси Y1** (панель **Армирование** на вкладке **Железобетон**).

### Формирование и просмотр таблиц результатов подбора арматуры



Вызовите диалоговое окно **Таблицы**, выбрав команду  – **Таблицы результатов для ЖБ** в раскрывающемся списке **Документация** (панель **Таблицы** на вкладке **Железобетон**). В этом окне по умолчанию выделена строка **Арматура в элементах**, а в поле **Варианты конструирования** выделена строка **1. Вариант1**. В поле **Арматура** включите радио-кнопку **в пластинах**. Для создания таблицы результатов подбора арматуры в пластинчатых элементах щелкните по кнопке  – **Применить**.

### Вывод на экран мозаик результатов проверки назначенных сечений стальных стержней


С помощью диалогового окна **ПолиФильтр** выделите все стержневые элементы схемы. Выполните фрагментацию выделенных элементов.

Чтобы посмотреть мозаику результатов проверки назначенных сечений стальных стержней по первому предельному состоянию, щелкните по кнопке  – **Проверка, 1ПС** (панель **Максимальные результаты по элементам** на вкладке **Сталь**). Чтобы посмотреть мозаику результатов проверки назначенных сечений стальных стержней по местной устойчивости, щелкните по кнопке  – **Проверка, МУ** (панель **Максимальные результаты по элементам** на вкладке **Сталь**).

### Создание таблицы проверки назначенных сечений стальных стержней

Вызовите диалоговое окно **Таблицы**, выбрав команду  – **Таблицы результатов для стали** в раскрывающемся списке **Документация** (панель **Таблицы** на вкладке **Сталь**). В этом окне по умолчанию выделена строка **Стальные элементы. Проверка**, а в поле **Варианты конструирования** выделена строка **1. Вариант1**. Щелкните по кнопке  – **Применить**.

#### Создание таблицы подбора сечений стальных стержней


В диалоговом окне **Таблицы** выделите строку **Стальные элементы. Подбор** и щелкните по кнопке  – **Применить**.

#### Смена номера варианта конструирования

В строке состояния в раскрывающемся списке **Сменить номер варианта конструирования** выберите строку соответствующую второму варианту конструирования.



Для просмотра и анализа результатов по другим вариантам конструирования, можно вызвать

диалоговое окно **Варианты конструирования** (рис.4.8) щелчком по кнопке  – **Варианты конструирования** (панель **Конструирование** на вкладке **Сталь**). Чтобы переключиться на другой вариант конструирования, нужно выбрать соответствующую строку в **Списке вариантов конструирования схемы** и щелкнуть по кнопке **Назначить текущим**.

**Пример 5. Расчет металлической башни****Цели и задачи:**

- продемонстрировать процедуру построения расчетной схемы металлической башни;
- показать технику задания ветрового пульсационного воздействия;
- продемонстрировать процедуру расчета нагрузки на фрагмент.

**Исходные данные:**

Схема башни показана на рис.5.1.

Металлическая башня высотой 16 м.

Сечения элементов башни:

- стойки – труба бесшовная горячекатаная, профиль 45х3.5;
- раскосы – труба бесшовная горячекатаная, профиль 25х3.5;

Нагрузки:

- загрузка 1 – собственный вес; постоянная равномерно распределенная  $p = 0.25$  т/м, приложенная на верхние стержни;
- загрузка 2 – гололед;
- загрузка 3 – ветровая статическая нагрузка;
- загрузка 4 – ветровая нагрузка с учетом пульсации.

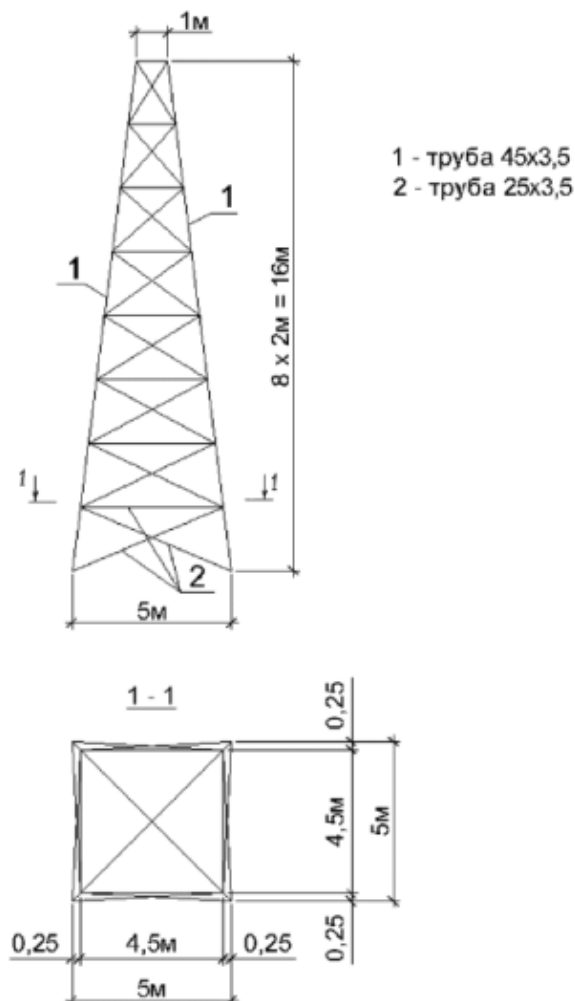



Рис.5.1. Схема башни

## Этап 1. Создание новой задачи

Для создания новой задачи откройте меню **Приложения** и выберите пункт **Новый** (кнопка  на панели быстрого доступа). В появившемся диалоговом окне **Описание схемы** (рис 5.2) задайте следующие параметры:

- имя создаваемой задачи – **Пример5**;
- в раскрывающемся списке **Признак схемы** выберите строку **4 – Три степени свободы в узле (X,Y,Z)**.

После этого щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

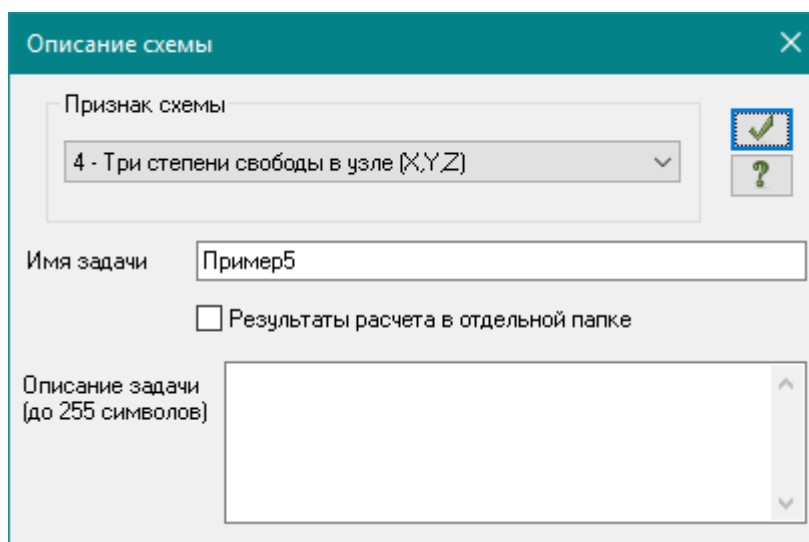



Рис.5.2. Диалоговое окно **Описание схемы**


Диалоговое окно **Описание схемы** также можно открыть с уже выбранным признаком схемы. Для этого в меню **Приложения** в раскрывающемся списке пункта **Новый** выберите команду



**4 – Четвертый признак схемы (Три степени свободы в узле)** или на панели быстрого доступа в раскрывающемся списке **Новый** выберите команду  **4 – Четвертый признак схемы (Три степени свободы в узле)**. После этого нужно задать только имя задачи. **Признак 4** – пространственные схемы, каждый узел которых имеет 3 степени свободы – линейные перемещения вдоль осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ . В этом признаке рассчитываются пространственные фермы и объемные тела.

## Этап 2. Создание геометрической схемы

### Добавление узлов

Вызовите диалоговое окно **Добавить узел** (рис.5.3) щелчком по кнопке  – **Добавить узел** (панель **Создание** на вкладке **Создание и редактирование**). В этом диалоговом окне задайте координаты базового узла:

- $X$       $Y$       $Z$   
0        0        0.

Щелкните по кнопке  – **Применить**.

Затем введите координаты нижнего левого узла башни:

- | X    | Y    | Z  |
|------|------|----|
| -2.5 | -2.5 | 0. |

Щелкните по кнопке  – **Применить**.

Затем введите координаты верхнего левого узла башни:

- | X    | Y    | Z   |
|------|------|-----|
| -0.5 | -0.5 | 16. |

Щелкните по кнопке  – **Применить**.

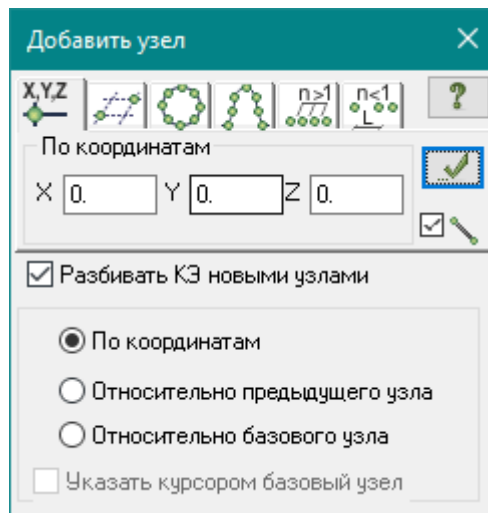




Рис.5.3. Диалоговое окно **Добавить узел**

#### Вывод на экран номеров узлов

Щелкните по кнопке  – **Флаги рисования** на панели инструментов **Панель выбора** (по умолчанию находится в нижней области рабочего окна). В диалоговом окне **Показать** (рис.5.4) перейдите на вторую закладку **Узлы** и установите флажок **Номера узлов**. После этого щелкните по кнопке  – **Перерисовать**.

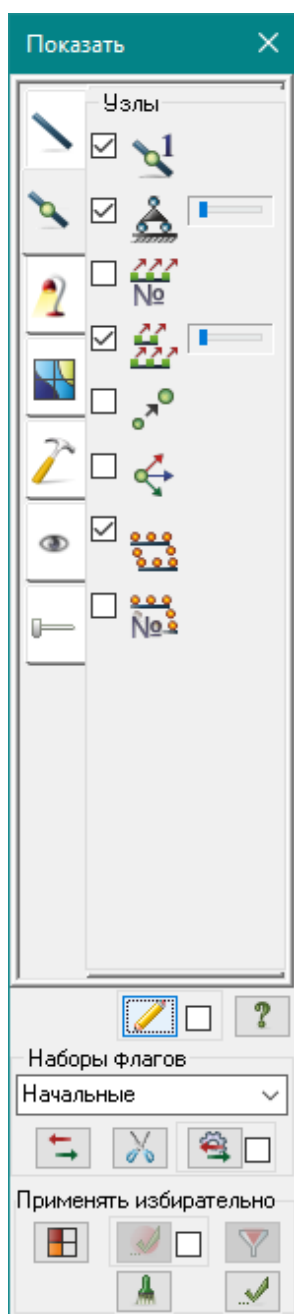




Рис.5.4. Диалоговое окно **Показать**


#### Добавление стержневых элементов

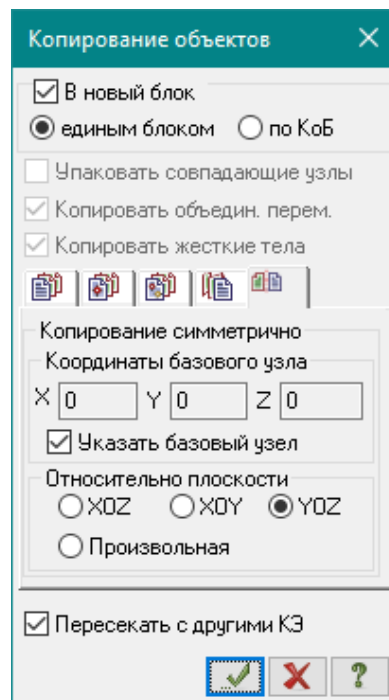
В диалоговом окне **Добавить узел** перейдите на закладку **Разделить на N равных частей**. В поле ввода введите значение **N = 8**. При установленных флажках **Указать узлы курсором** и **Соединить узлы стержнями** укажите последовательно курсором узлы № 2 и 3 (при этом между ними протягивается резиновая нить).


#### Копирование элементов схемы

Щелкните по кнопке  – **Отметка элементов** в раскрывающемся списке **Отметка элементов** на панели инструментов **Панель выбора**. С помощью курсора выделите все элементы схемы.


Вызовите диалоговое окно **Копирование объектов** щелчком по кнопке  – **Копирование** (панель **Редактирование** на вкладке **Создание и редактирование**). В этом окне перейдите на последнюю закладку **Копирование симметрично** (рис.5.5). Для указания плоскости, относительно

которой будет произведено копирование, включите радио-кнопку **YOZ**. При установленном флажке **Указать базовый узел**, укажите курсором на схеме узел № 1 (узел окрасился в малиновый цвет). После этого щелкните по кнопке  – **Применить**.


Рис.5.5. Диалоговое окно **Копирование объектов**

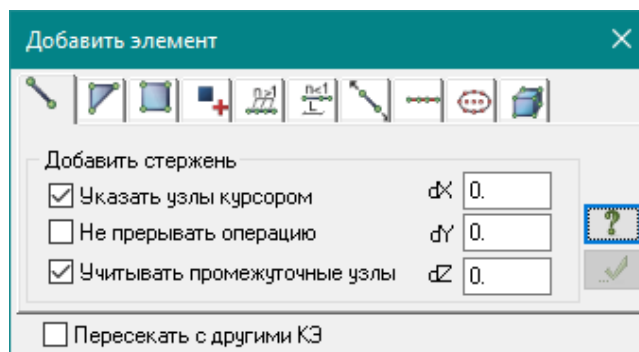
Снимите выделение с узлов и элементов щелчком по кнопке  – **Отмена выделения** на панели инструментов **Панель выбора**.



Диалоговое окно **Копирование объектов** также можно сразу открыть при активной закладке **Копирование симметрично**. Для этого в раскрывающемся списке **Копирование** выберите команду  – **Копирование симметрично** (панель **Редактирование** на вкладке **Создание и редактирование**).

#### Добавление стержневых элементов решетки башни

Вызовите диалоговое окно **Добавить элемент** (рис.5.6) щелчком по кнопке  – **Добавить элемент** (панель **Создание** на вкладке **Создание и редактирование**). В этом диалоговом окне снимите флажок **Пересекать с другими КЭ**.

Рис.5.6. Диалоговое окно **Добавить элемент**

Для добавления стержневых элементов между узлами № 2 и 13; 4 и 11; 4 и 13; 4 и 14; 5 и 13; 5 и 14; и аналогично до вершины башни, укажите последовательно курсором на эти пары узлов (при этом между ними протягивается резиновая нить).

На рис.5.7 представлена полученная схема.

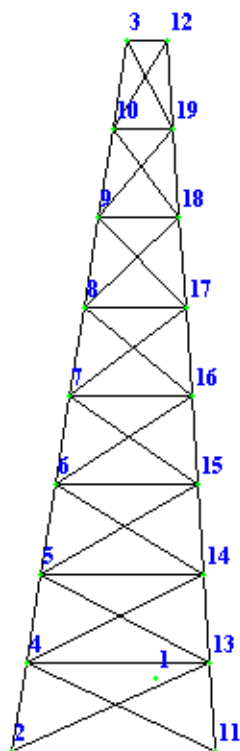




Рис.5.7. Схема части башни


### Этап 3. Задание граничных условий

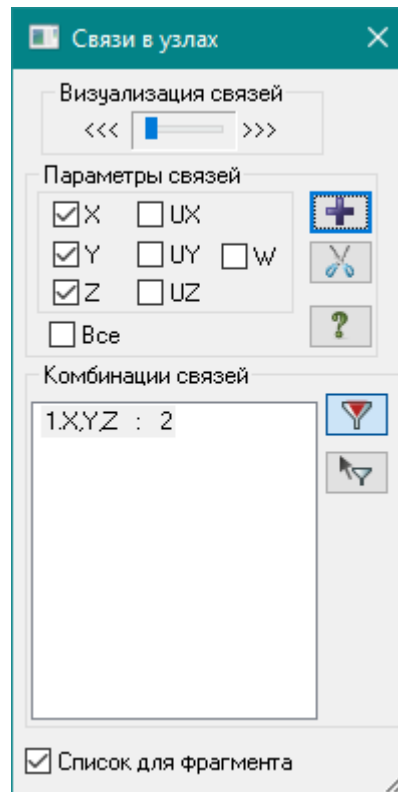
#### Выделение узлов опирания

Щелкните по кнопке  – **Отметка узлов** в раскрывающемся списке **Отметка узлов** на панели инструментов **Панель выбора**. С помощью курсора выделите узлы № 2 и 11 (узлы окрашиваются в красный цвет).

#### Задание граничных условий в узлах опирания


Щелчком по кнопке  – **Связи** (панель **Жесткости и связи** на вкладке **Создание и редактирование**) вызовите диалоговое окно **Связи в узлах** (рис.5.8). В этом окне, с помощью установки флажков, отметьте направления, по которым запрещены перемещения узлов (**X**, **Y**, **Z**). После этого

щелкните по кнопке  – **Добавить связи в отмеченных узлах** (узлы окрашиваются в синий цвет, а в списке **Комбинации связей** добавляется строка назначенной комбинации связей).

Рис.5.8. Диалоговое окно **Связи в узлах**

#### Этап 4. Задание жесткостных параметров

##### Формирование типов жесткости

Щелчком по кнопке  – **Жесткости и материалы** (панель **Жесткости и связи** на вкладке **Создание и редактирование**) вызовите диалоговое окно **Жесткости и материалы** (рис.5.9,а). В этом окне щелкните по кнопке **Добавить** и в появившемся окне **Добавить жесткость** (библиотеке жесткостных характеристик) щелкните по второй закладке **База металлических сечений** (рис.5.9,б). Выберите двойным щелчком мыши на элементе графического списка тип сечения **Труба**.

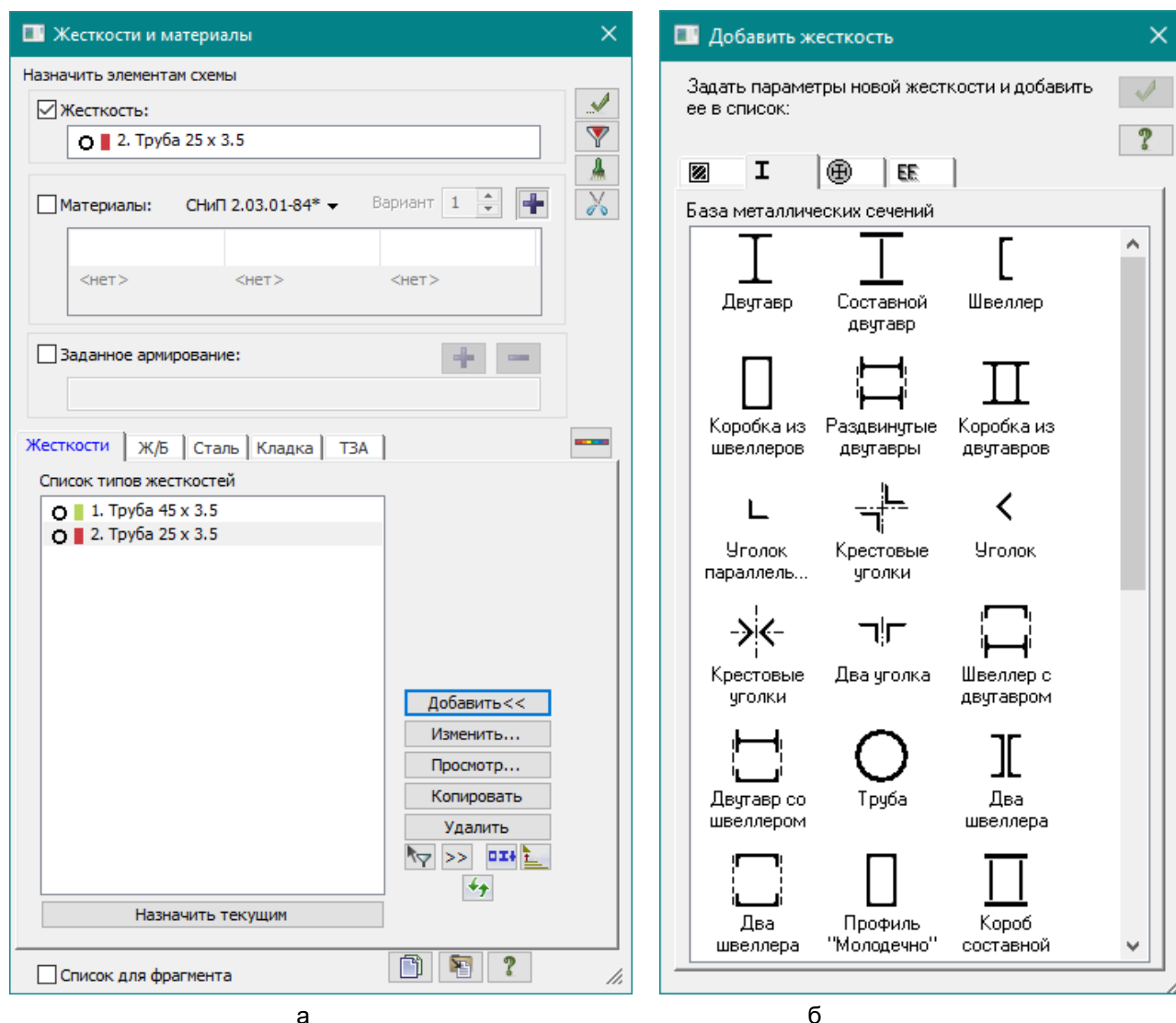


Рис.5.9. Диалоговые окна: а – Жесткости и материалы, б – Добавить жесткость

В диалоговом окне **Стальное сечение** (рис.5.10) задайте параметры сечения **Труба** (для стоек):

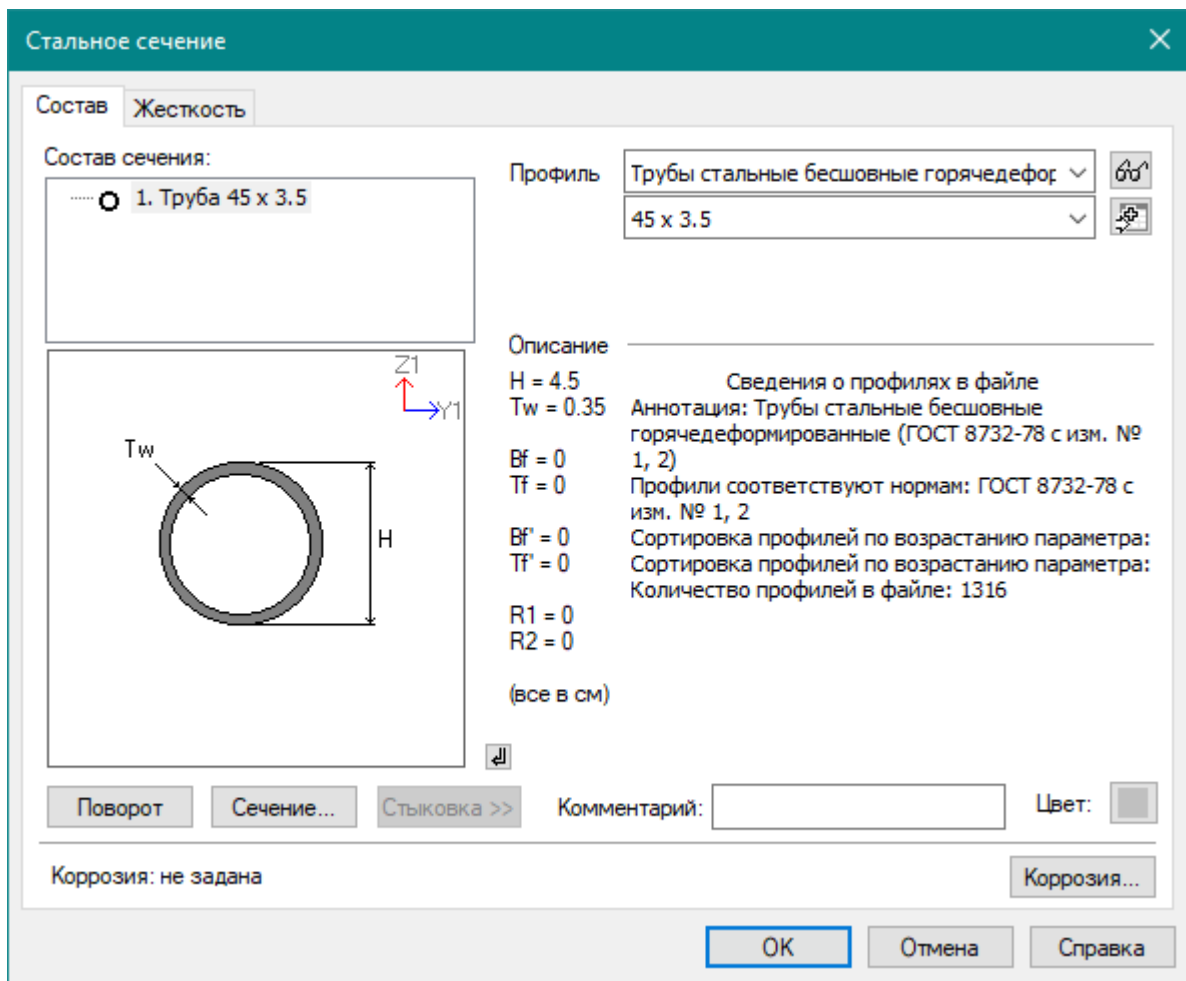
- в раскрывающемся списке – **Профиль** сначала выберите позицию – **Трубы стальные бесшовные горячедеформированные**;
- после этого в следующем списке выберите строку профиля – **45 x 3.5**.

Для ввода данных щелкните по кнопке **ОК**.

Еще раз двойным щелчком мыши выберите тип сечения **Труба**. В диалоговом окне **Стальное сечение** задайте параметры сечения **Труба** (для раскосов):


- в раскрывающемся списке – **Профиль** сначала выберите позицию – **Трубы стальные бесшовные горячедеформированные**;
- после этого в следующем списке выберите строку профиля – **25 x 3.5**.

Для ввода данных щелкните по кнопке **ОК**.


Рис.5.10. Диалоговое окно **Стальное сечение**

Для того чтобы скрыть библиотеку жесткостных характеристик, в диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке **Добавить**.

#### Вывод на экран номеров элементов

В диалоговом окне **Показать** перейдите на первую закладку **Элементы** и установите флажок **Номера элементов**. Щелкните по кнопке  – **Перерисовать**.

#### Назначение жесткостей

Щелчком по кнопке  – **ПолиФильтр** на панели инструментов **Панель выбора** вызовите диалоговое окно **ПолиФильтр**, для того чтобы выделить элементы раскосов башни. В этом окне перейдите на вторую закладку **Фильтр для элементов**. Далее установите флажок **По номерам КЭ** и в соответствующем поле введите номера элементов **17 – 40** (рис.5.11). После этого щелкните по кнопке



– **Применить**.

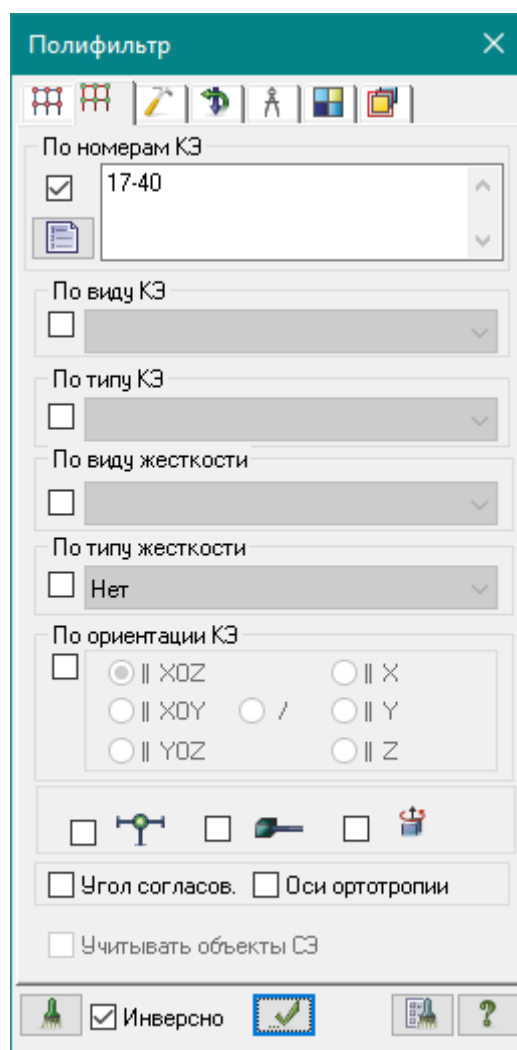


Рис.5.11. Диалоговое окно ПолиФильтр

В диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке – **Применить** (с элементов снимается выделение. Это свидетельство того, что выделенным элементам присвоена текущая жесткость). В этом же окне в списке типов жесткостей выделите курсором тип жесткости **1. Труба 45 x 3.5**. Щелкните по кнопке **Назначить текущим** (при этом выбранный тип записывается в строке редактирования **Жесткость** поля **Назначить элементам схемы**. Можно назначить текущий тип жесткости двойным щелчком по строке списка).

Для выделения элементов стоек башни, в диалоговом окне **ПолиФильтр** введите номера элементов **1 – 16**. Щелкните по кнопке – **Применить**.


Затем в диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке – **Применить**. Назначьте текущим тип жесткости **2. Труба 25 x 3.5**.

## Этап 5. Корректировка схемы

### Копирование существующего фрагмента схемы

Щелкните по кнопке – **Отметка элементов** в раскрывающемся списке **Отметка элементов** на панели инструментов **Панель выбора**. С помощью курсора выделите все узлы и элементы схемы.

Вызовите диалоговое окно **Копирование объектов** на закладке **Копирование поворотом**

(рис.5.12), выбрав команду  – **Копирование поворотом** в раскрывающемся списке **Копирование** (панель **Редактирование** на вкладке **Создание и редактирование**). В этом окне задайте следующие параметры копирования:

- для того чтобы указать ось, вокруг которой будет произведено копирование, включите радиокнопку **Z**;
- введите значение угла поворота **Fi = 90** градусов;
- задайте количество копий **N = 3**.

Щелкните по кнопке  – **Применить**.

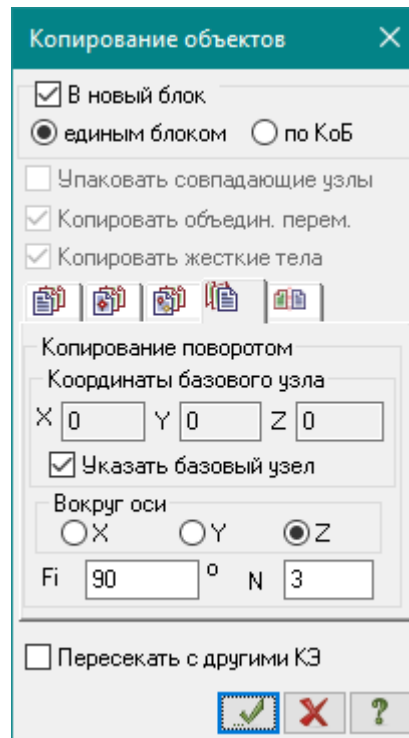


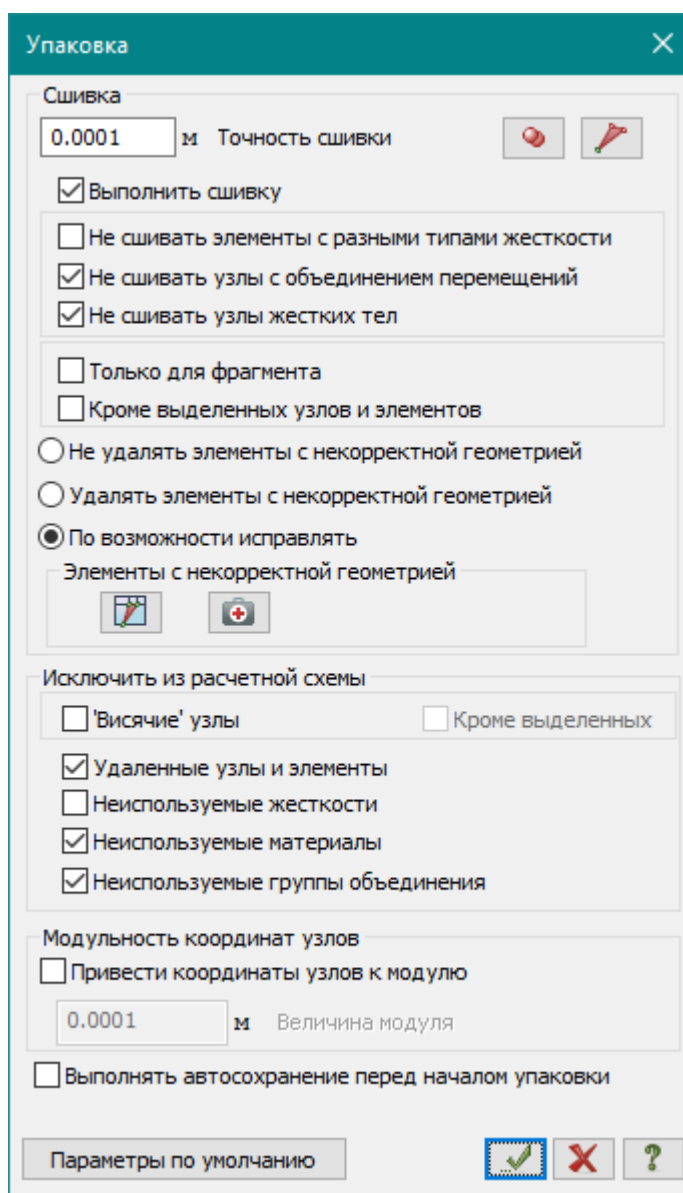


Рис.5.12. Диалоговое окно **Копирование объектов**


#### Упаковка схемы

Щелчком по кнопке  – **Упаковка схемы** (панель **Редактирование** на вкладке **Создание и**


**редактирование**) вызовите диалоговое окно **Упаковка** (рис.5.13). В этом окне щелкните по кнопке  – **Применить** (упаковка схемы производится для сшивки совпадающих узлов и элементов, а также для безвозвратного исключения из расчетной схемы удаленных узлов и элементов).

Рис.5.13. Диалоговое окно **Упаковка**

Диалоговое окно **Упаковка** предназначено для управления параметрами упаковки схемы после выполнения операций **Сборка**, **Копирование** и других операций с геометрией.


Снимите выделение с элементов щелчком по кнопке  – **Отмена выделения** на панели инструментов **Панель выбора**.

#### Отключение отображения номеров элементов на расчетной схеме

В диалоговом окне **Показать** при активной закладке **Элементы** снимите флажок **Номера элементов**. После этого щелкните по кнопке  – **Перерисовать**.

#### Добавление стержневых элементов решетки башни

В диалоговом окне **ПолиФильтр** перейдите на последнюю закладку **Сечения и отсечения** (рис.5.14) и для выбора секущей плоскости включите радио-кнопку **Произвольная** (по умолчанию установлены флажки **Узлы** и **Элементы** в поле **Включить**, включена радио-кнопка **Сечение плоскостью** в поле **Выбор режима**, а также установлен флажок **Указать узлы плоскости**). Укажите

курсором на схеме три узла, определяющие диагональ башни (узлы № 2, 20 и 24). После этого в диалоговом окне **ПолиФильтр** щелкните по кнопке  – **Применить**.

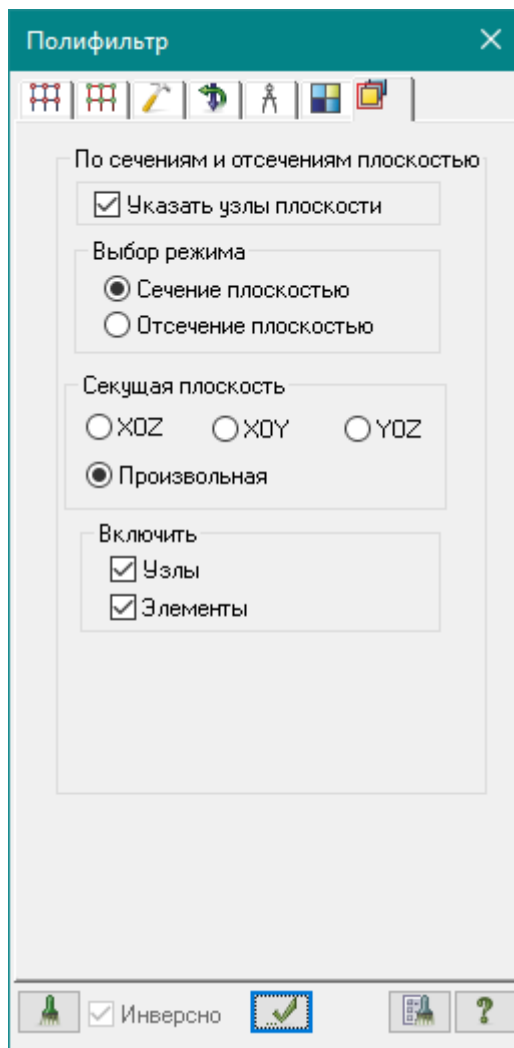





Рис.5.14. Диалоговое окно **ПолиФильтр**

Для отображения на экране только отмеченных узлов и элементов схемы, выполните фрагментацию щелчком по кнопке  – **Фрагментация** на панели инструментов **Панель выбора**. Для представления расчетной схемы в проекции на плоскость XOZ щелкните по кнопке  – **Проекция на XOZ** на панели инструментов **Проекция**.

Вызовите диалоговое окно **Добавить элемент** (рис.5.6) щелчком по кнопке  – **Добавить элемент** (панель **Создание** на вкладке **Создание и редактирование**). Для добавления стержневых элементов между узлами № 4 и 24; 5 и 26; 6 и 28 и аналогично до вершины башни, укажите последовательно курсором на эти пары узлов.

На рис.5.15 представлена полученная расчетная схема части башни в проекции на плоскость XOZ.

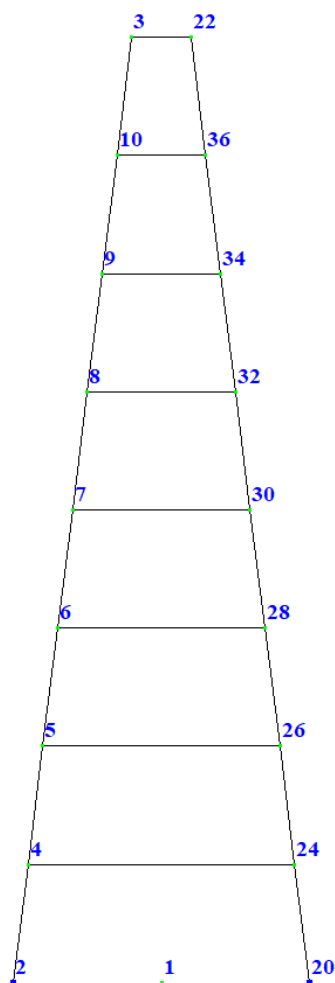





Рис.5.15. Схема части башни в проекции на плоскость XOZ


Перейдите в диметрическую проекцию представления расчетной схемы щелчком по кнопке  – **Диметрическая проекция** на панели инструментов **Проекция**. Для восстановления расчетной схемы в первоначальном виде после операции фрагментации, щелкните по кнопке  – **Восстановление конструкции** на панели инструментов **Панель выбора**.

В диалоговом окне **ПолиФильтр** установите флажок **Указать узлы плоскости**. Укажите курсором на схеме три узла, определяющие другую диагональ башни (узлы № 11, 13 и 21). После этого в диалоговом окне **ПолиФильтр** щелкните по кнопке  – **Применить**.


Выполните фрагментацию щелчком по кнопке  – **Фрагментация** на панели инструментов

**Панель выбора**. Щелкните по кнопке  – **Проекция на XOZ** на панели инструментов **Проекция**.

Затем в диалоговом окне **Добавить элемент** при отключенном флажке **Пересекать с другими КЭ** установите флажок **Указать узлы курсором** и укажите последовательно курсором на следующие пары узлов: № 25 и 13, 27 и 14 и аналогично до вершины башни.

Щелкните по кнопке  – **Диметрическая проекция** на панели инструментов **Проекция**.

Щелкните по кнопке  – **Восстановление конструкции** на панели инструментов **Панель выбора**.

В диалоговом окне **Показать** перейдите на вторую закладку **Узлы** и снимите флажок **Номера узлов**. Щелкните по кнопке  – **Перерисовать**.

На рис.5.16 представлена полученная расчетная схема башни.

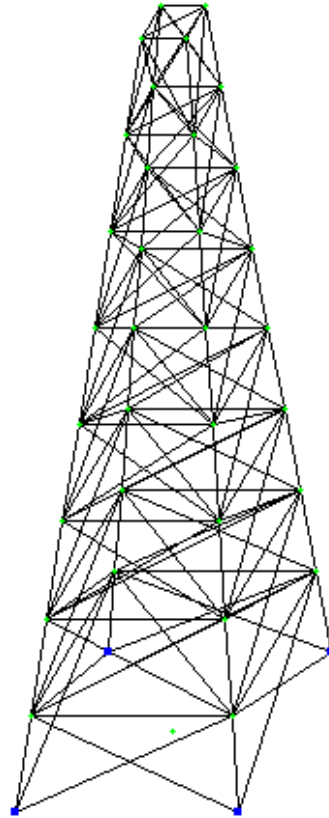



Рис.5.16. Расчетная схема башни



Так как в диалоговом окне **Жесткости и материалы** текущим установлен тип жесткости **2. Труба 25 x 3.5**, то всем стержневым элементам, которые добавляются в расчетную схему, назначается данный тип жесткости.



#### Сохранение информации о расчетной схеме

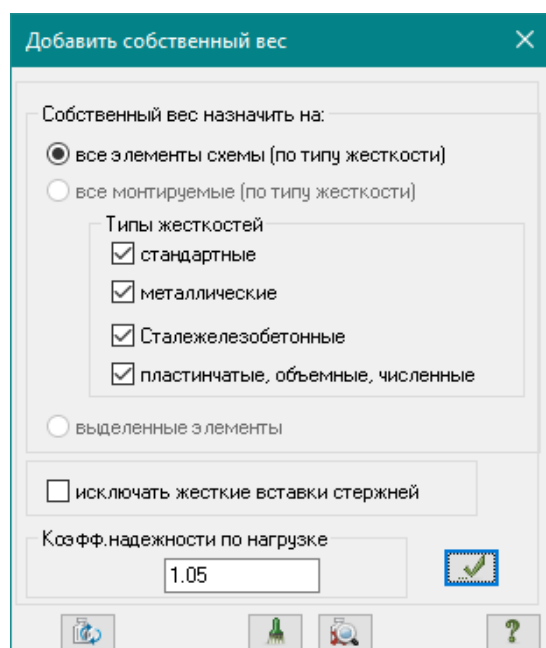
Для сохранения информации о расчетной схеме откройте меню **Приложения** и выберите пункт


**Сохранить** (кнопка  на панели быстрого доступа).


### Этап 6. Задание нагрузок

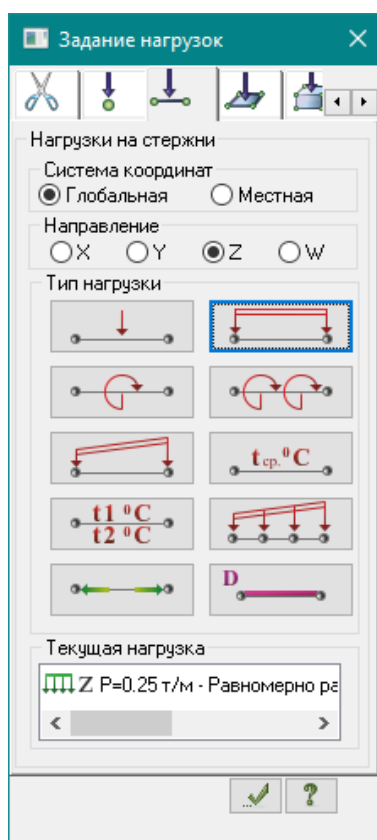
#### Формирование загрузки № 1

Вызовите диалоговое окно **Добавить собственный вес** (рис.5.17) щелчком по кнопке  – **Добавить собственный вес** (панель **Нагрузки** на вкладке **Создание и редактирование**). В этом окне, при включенной радио-кнопке **все элементы схемы**, в поле **Коэф. надежности по нагрузке** задайте коэффициент равен **1.05** (так как в системе **РС-САПР** (Редактируемый сортамент) погонный вес элементов задан нормативным, то его нужно преобразовать в расчетный). Щелкните по кнопке  – **Применить** (всем элементам конструкции автоматически назначается равномерно распределенная нагрузка, равная погонному весу элементов).


Рис.5.17. Диалоговое окно **Добавить собственный вес**

Щелкните по кнопке  – **Отметка горизонтальных стержней** на панели инструментов **Панель выбора**. С помощью курсора выделите только горизонтальные элементы верхней площадки башни.

После этого вызовите диалоговое окно **Задание нагрузок** на закладке **Нагрузки на стержни** (рис.5.18), выбрав команду  – **Нагрузка на стержни** в раскрывающемся списке **Нагрузки на узлы и элементы** (панель **Нагрузки** на вкладке **Создание и редактирование**). В этом окне по умолчанию указана система координат **Глобальная**, направление – вдоль оси **Z**.

Рис.5.18. Диалоговое окно **Задание нагрузок**

Щелчком по кнопке равномерно распределенной нагрузки вызовите диалоговое окно **Параметры**.

В этом окне задайте интенсивность нагрузки  $p = 0.25$  т/м (рис.5.19). Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

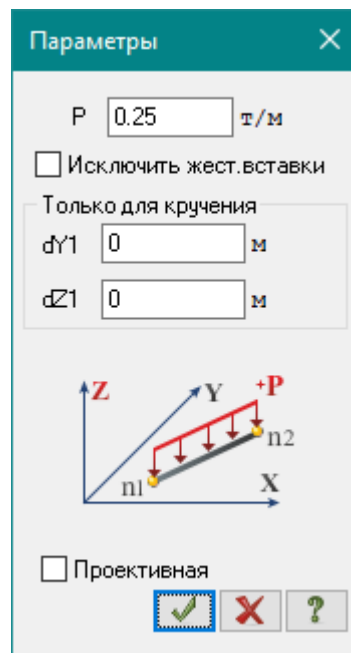





Рис.5.19. Диалоговое окно **Параметры**


### Формирование загрузки № 2

Смените номер текущего загрузки щелчком по кнопке  – **Следующее загрузка** в строке

состояния (находится в нижней области рабочего окна). Щелкните по кнопке  – **Отметка элементов** в раскрывающемся списке **Отметка элементов** на панели инструментов **Панель выбора**. С помощью курсора выделите все элементы башни.

В диалоговом окне **Задание нагрузок** при текущей нагрузке  $p = 0.25$  т/м по направлению глобальной оси Z щелкните по кнопке  – **Применить**.

### Формирование загрузки № 3

Смените номер текущего загрузки щелчком по кнопке  – **Следующее загрузка** в строке состояния.



*Ввиду того, что в каждом уровне башни имеется жесткий диск, статическое давление ветра можно задать, как сумму скоростного напора ветра и отсоса.*

Щелкните по кнопке  – **Проекция на XOZ** на панели инструментов **Проекция**.

В диалоговом окне **ПолиФильтр** перейдите на вторую закладку **Фильтр для элементов**. Далее установите флажок **По типу жесткости** и в раскрывающемся списке выберите строку **1. Труба 45 x 3.5**. Выделите проекцию пяти нижних элементов правой грани башни растягиванием резинового окна слева направо, как показано на рис.5.20.



*Ветровая равномерно-распределенная нагрузка прикладывается на высоте до 10 м.*

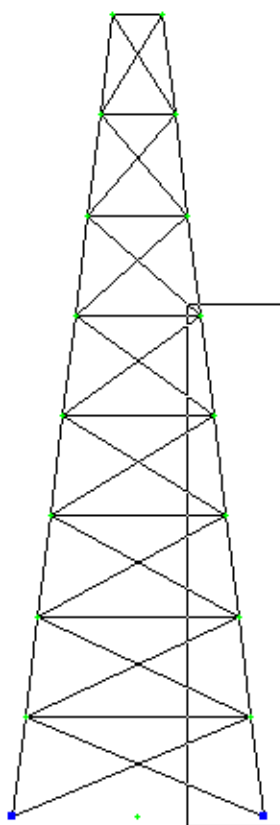


Рис.5.20. Выделение элементов растягиванием «резинового окна»

В диалоговом окне **Задание нагрузок** для изменения направления нагрузки включите радио-кнопку **X**. Щелчком по кнопке равномерно распределенной нагрузки вызовите диалоговое окно

**Параметры**. В этом окне задайте интенсивность нагрузки  $p = 0.1$  т/м. Щелкните по кнопке – **Подтвердить**.

Выделите проекцию трех верхних элементов правой грани башни растягиванием резинового окна. В диалоговом окне **Задание нагрузок** щелчком по кнопке трапециевидной нагрузки на группу стержней вызовите диалоговое окно **Неравномерная нагрузка** (рис.5.21). В этом окне задайте значение нагрузки в начале и в конце ее приложения:  $p_1 = 0.1$  т/м,  $p_2 = 0.12$  т/м. Для указания направления изменения


величины нагрузки включите радио-кнопку **Вдоль оси Z**. Щелкните по кнопке – **Подтвердить**.


Рис.5.21. Диалоговое окно **Неравномерная нагрузка**

Щелкните по кнопке – **Диметрическая проекция** на панели инструментов **Проекция**.


Закройте диалоговое окно **ПолиФильтр** щелчком по кнопке – **Заккрыть**.

### Задание расширенной информации о загрузках


Вызовите диалоговое окно **Редактор загрузок** (рис.5.22) щелчком по кнопке  – **Редактор загрузок** (панель **Нагрузки** на вкладке **Создание и редактирование**). В этом диалоговом окне в списке загрузок выделите строку соответствующую первому загрузке. Далее в поле **Редактирование выбранного загрузки** выберите в раскрывающемся списке **Вид** строку


**Постоянное** и щелкните по кнопке  – **Применить**.

После этого в списке загрузок выделите строку соответствующую второму загрузке, а затем в поле **Редактирование выбранного загрузки** выберите в раскрывающемся списке **Вид** строку

**Кратковременное** и щелкните по кнопке  – **Применить**.

Далее в списке загрузок выделите строку соответствующую третьему загрузке, а затем в поле **Редактирование выбранного загрузки** выберите в раскрывающемся списке **Вид** строку

**Неактивное (стат. ветр. для пульсации)** и щелкните по кнопке  – **Применить**.

Чтобы добавить четвертое загрузку, в поле **Список загрузок** щелкните по кнопке  – **Добавить загрузку (в конец)**. Для Загрузки 4 в поле **Редактирование выбранного загрузки**

выберите в раскрывающемся списке **Вид** строку **Мгновенное** и щелкните по кнопке  – **Применить**.

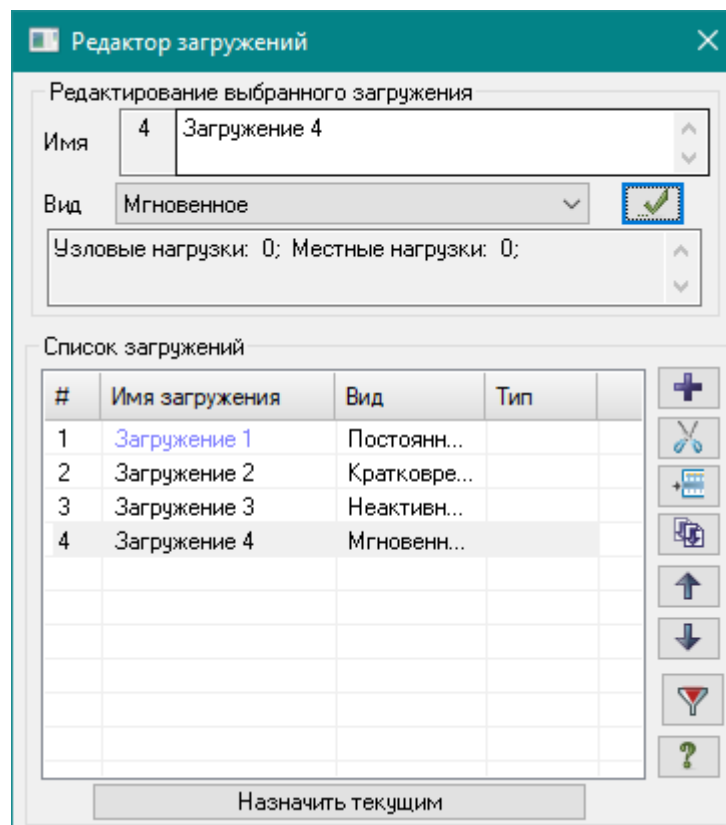



Рис.5.22. Диалоговое окно **Редактор загрузок**

## Задание характеристик для расчета башни на пульсацию ветра

## Этап 7. Формирование динамических нагрузок из статических

Вызовите диалоговое окно **Формирование динамических нагрузок из статических** (рис.5.23)



щелчком по кнопке  – **Учет статических нагрузок** (панель **Динамика** на вкладке **Расчет**). Для формирования первой строки сводной таблицы, в этом окне, при включенной радио-кнопке **нагрузки** (**код 1**), задайте следующие параметры:

- № динамического нагружения – **4**;
- № соответствующего статического нагружения – **1**;
- Коеф. преобразования – **1**.

Щелкните по кнопке  – **Добавить**.

Для формирования второй строки сводной таблицы, в этом же окне задайте следующие параметры:

- № динамического нагружения – **4**;
- № соответствующего статического нагружения – **2**;
- Коеф. преобразования – **0.9**.

Щелкните по кнопкам  – **Добавить** и  – **Подтвердить**.

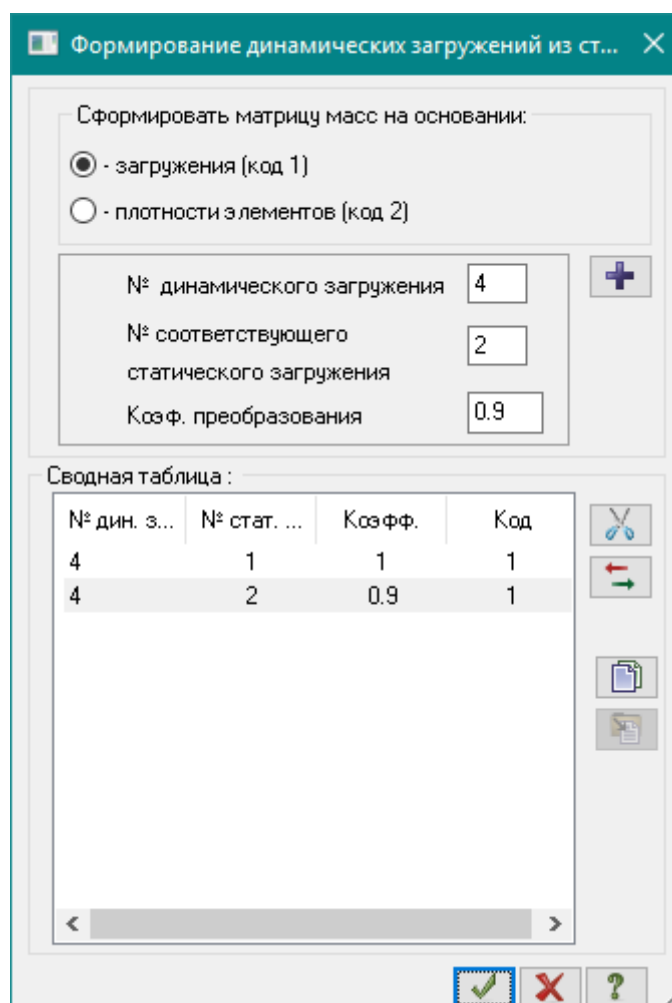



Рис.5.23. Диалоговое окно **Формирование динамических нагрузок из статических**

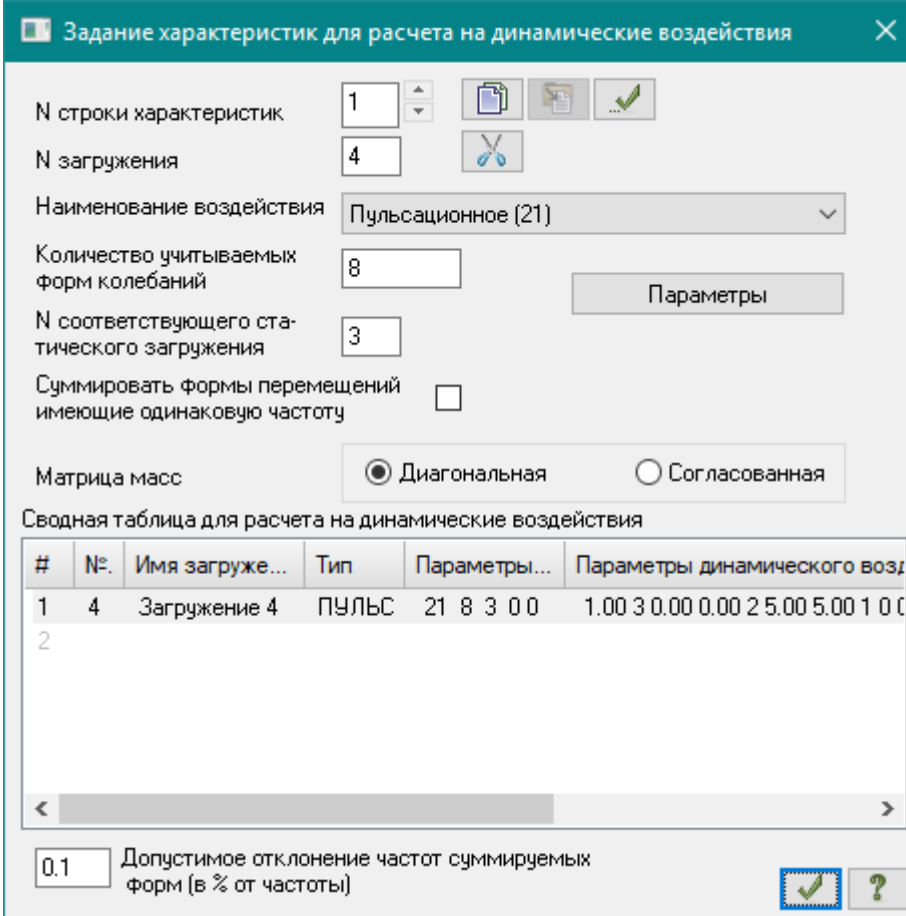
**Этап 8. Формирование таблицы параметров динамических воздействий**

Вызовите диалоговое окно **Задание характеристик для расчета на динамические воздействия**

(рис.5.24) щелчком по кнопке  – **Таблица динамических загрузок** (панель **Динамика** на вкладке **Расчет**). В этом окне задайте следующие параметры:

- № загрузки – **4**;
- Наименование воздействия – **Пульсационное (21)**;
- Количество учитываемых форм колебаний – **8**;
- № соответствующего статического загрузения – **3**;
- включите радио-кнопку **Диагональная** (для матрицы масс).

Затем щелкните по кнопке **Параметры**.



Задание характеристик для расчета на динамические воздействия

N строки характеристик: 1

N загрузки: 4

Наименование воздействия: Пульсационное (21)

Количество учитываемых форм колебаний: 8

N соответствующего статического загрузения: 3

Суммировать формы перемещений имеющие одинаковую частоту: ☐

Матрица масс: ☒ Диагональная ☐ Согласованная

Параметры

Сводная таблица для расчета на динамические воздействия

#	№	Имя загрузе...	Тип	Параметры...	Параметры динамического возд
1	4	Загрузка 4	ПУЛЬС	21 8 3 0 0	1.00 3 0.00 0.00 2 5.00 5.00 1 0 0
2					


0.1 Допустимое отклонение частот суммируемых форм (в % от частоты)

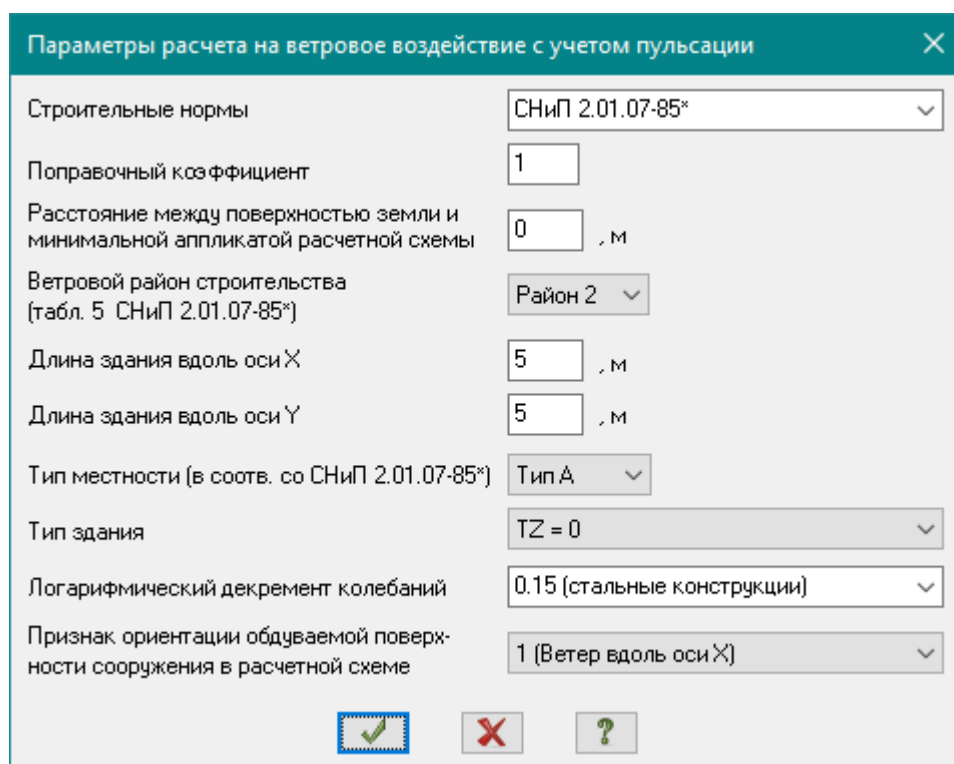
☒ ☐

Рис.5.24. Диалоговое окно **Задание характеристик для расчета на динамические воздействия**

В диалоговом окне **Параметры расчета на ветровое воздействие с учетом пульсации** (рис.5.25), при выбранных нормах **СНиП 2.01.07-85\***, задайте следующие параметры:

- в раскрывающемся списке **Ветровой район строительства** выберите строку **Район 2**;
- Длина здания вдоль оси X – **5 м**;
- Длина здания вдоль оси Y – **5 м**;
- Логарифмический декремент колебаний – **0.15 (стальные конструкции)**;
- остальные параметры принимаются по умолчанию.

Подтвердите ввод данных щелчком по кнопке  – **Подтвердить**.



**Параметры расчета на ветровое воздействие с учетом пульсации**

Строительные нормы: СНиП 2.01.07-85\*

Поправочный коэффициент: 1

Расстояние между поверхностью земли и минимальной аппликацией расчетной схемы: 0 м

Ветровой район строительства (табл. 5 СНиП 2.01.07-85\*): Район 2

Длина здания вдоль оси X: 5 м

Длина здания вдоль оси Y: 5 м

Тип местности (в соотв. со СНиП 2.01.07-85\*): Тип А


Тип здания: TZ = 0

Логарифмический декремент колебаний: 0.15 (стальные конструкции)


Признак ориентации обдуваемой поверхности сооружения в расчетной схеме: 1 (Ветер вдоль оси X)

Buttons: Confirm (green checkmark), Cancel (red X), Help (green question mark)

Рис.5.25. Диалоговое окно **Параметры расчета на ветровое воздействие с учетом пульсации**

В диалоговом окне **Задание характеристик для расчета на динамические воздействия** щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

### Этап 9. Генерация таблицы РСУ

Щелчком по кнопке  – **Таблица РСУ** (панель РСУ на вкладке **Расчет**) вызовите диалоговое окно **Расчетные сочетания усилий** (рис.5.26).




Так как вид загрузений задавался в диалоговом окне **Редактор загрузений** (рис.5.22) таблица РСУ сформировалась автоматически с параметрами, принятыми по умолчанию для каждого загрузения. Далее нужно только изменить параметры для первого, второго и четвертого загрузений.

В этом окне, при выбранных строительных нормах **СНиП 2.01.07-85\***, задайте следующие данные:

- в сводной таблице для вычисления РСУ выделите строку соответствующую 1-му загрузению. Затем в текстовом поле **Коэффициент надежности** задайте величину **1.05** и после этого

щелкните по кнопке  – **Применить**;

- далее в сводной таблице для вычисления РСУ выделите строку соответствующую 2-му загрузению. Затем в текстовом поле **Коэффициент надежности** задайте величину **1.3** и после

этого щелкните по кнопке  – **Применить**;

- далее в сводной таблице для вычисления РСУ выделите строку соответствующую 4-му загрузению. Затем установите флажок **Учитывать знакопеременность** и после этого щелкните

по кнопке  – **Применить**.

Закройте диалоговое окно щелчком по кнопке  – **Подтвердить**.

**Расчетные сочетания усилий**

Номер таблицы РСУ: 1

Имя таблицы РСУ: СНиП\_1

Строительные нормы: СНиП 2.01.07-85\*

Номер загрузки: 4 Загрузка 4

Вид загрузки: Мгновенное(7) По умолчанию

N группы объединяемых временных загрузок: 0

Учитывать знакопеременность: ☒

N группы взаимоисключающих загрузок: 0

NN сопутствующих загрузок: 0 0

Коэффициент надежности: 1.40

Доля длительности: 0.00

Не учитывать для II-го пред. сост.: ☐

Ограничения для кранов и тормозов

Кран ☐ Тормоз ☐

Коэффициенты для РСУ

#	1 основ.	2 основ.	Особ.(С)	Особ.(6 С)	5 сочет.	6 сочет.
1	1.00	1.00	0.90	1.00	0.00	0.00
2	1.00	0.90	0.50	0.80	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	1.00	0.90	0.50	0.80	0.00	0.00


Сводная таблица для вычисления РСУ:

№	Имя загрузки...	Вид	Параметры РСУ	Коэффициенты РСУ
1	Загрузка 1	Постоянное(0)	0 0 0 0 0 0 1.05 1.00	1.00 1.00 0.90 1.00
2	Загрузка 2	Кратковреме...	2 0 0 0 0 0 1.30 0.35	1.00 0.90 0.50 0.80
3	Загрузка 3	Неактивное(...)	9 0 0 0 0 0 0.00 0.00	0.00 0.00 0.00
4	Загрузка 4	Мгновенное(7)	7 0 1 0 0 0 1.40 0.00	1.00 0.90 0.50 0.80

Рис.5.26. Диалоговое окно **Расчетные сочетания усилий****Этап 10. Статический расчет башни**

Запустите задачу на расчет щелчком по кнопке  – **Выполнить полный расчет** (панель **Расчет** на вкладке **Расчет**).

**Этап 11. Просмотр и анализ результатов расчета**



В режиме просмотра результатов расчета по умолчанию расчетная схема отображается с учетом перемещений узлов. Для отображения схемы без учета перемещений узлов щелкните по кнопке  – **Исходная схема** (панель **Деформации** на вкладке **Анализ**).

Отключение отображения нагрузок на расчетной схеме


В диалоговом окне **Показать** перейдите на третью закладку **Общие** и снимите флажок **Нагрузки**.

Щелкните по кнопке  – **Перерисовать**.



Вывод на экран эпюр внутренних усилий


Для вывода на экран эпюры продольных сил **N**, щелкните по кнопке  – **Эпюры продольных сил N** (панель **Усилия в стержнях** на вкладке **Анализ**). Чтобы вывести мозаику усилия **N**, выберите команду  – **Мозаика усилий в стержнях** в раскрывающемся списке **Эпюры/мозаика** (панель **Усилия в стержнях** на вкладке **Анализ**).

Смена номера текущего нагружения


В строке состояния (находится в нижней области рабочего окна) в раскрывающемся списке **Сменить номер нагружения** выберите строку соответствующую второму нагружению или щелкните по кнопке  – **Следующее нагружение**.

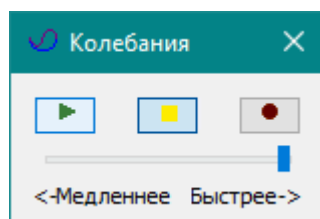
Вывод форм колебаний конструкции


В строке состояния в раскрывающемся списке **Сменить номер нагружения** выберите строку соответствующую четвертому нагружению. Для отображения схемы с учетом перемещений узлов щелкните по кнопке  – **Исходная схема** (панель **Деформации** на вкладке **Анализ**). Для отключения отображения мозаики усилия **N**, щелкните по кнопке  – **Мозаика N** (панель **Усилия в стержнях** на вкладке **Анализ**).

Выведите первую форму колебаний, выбрав команду  – **Формы колебаний** в раскрывающемся списке **НДС схемы** (панель **Деформации** на вкладке **Анализ**). Для вывода второй формы колебаний четвертого нагружения, в строке состояния в раскрывающемся списке **Номер формы (составляющей, периода)** выберите строку соответствующую второй форме колебаний.


Просмотр анимации второй формы колебаний

Чтобы перейти в режим пространственной модели, откройте меню **Приложения** и выберите пункт **Пространственная модель (3D-графика)** (кнопка  на панели быстрого доступа). Для просмотра анимации второй формы колебаний четвертого нагружения, с помощью команд управления выберите нужный ракурс отображения расчетной схемы и после этого щелкните по кнопке  – **Показать анимацию колебаний** (панель **Анимация** на вкладке **3D Вид**). В диалоговом окне **Колебания** (рис.5.27) щелкните по кнопке  – **Воспроизвести анимацию**. Закройте диалоговое окно **Колебания** щелчком по кнопке  – **Заккрыть**.


Рис.5.27. Диалоговое окно **Колебания**


Для возврата в режим визуализации результатов расчета, закройте окно пространственной модели или щелкните по кнопке  – **Конечноэлементная модель** (панель **Возврат** на вкладке **3D Вид**).

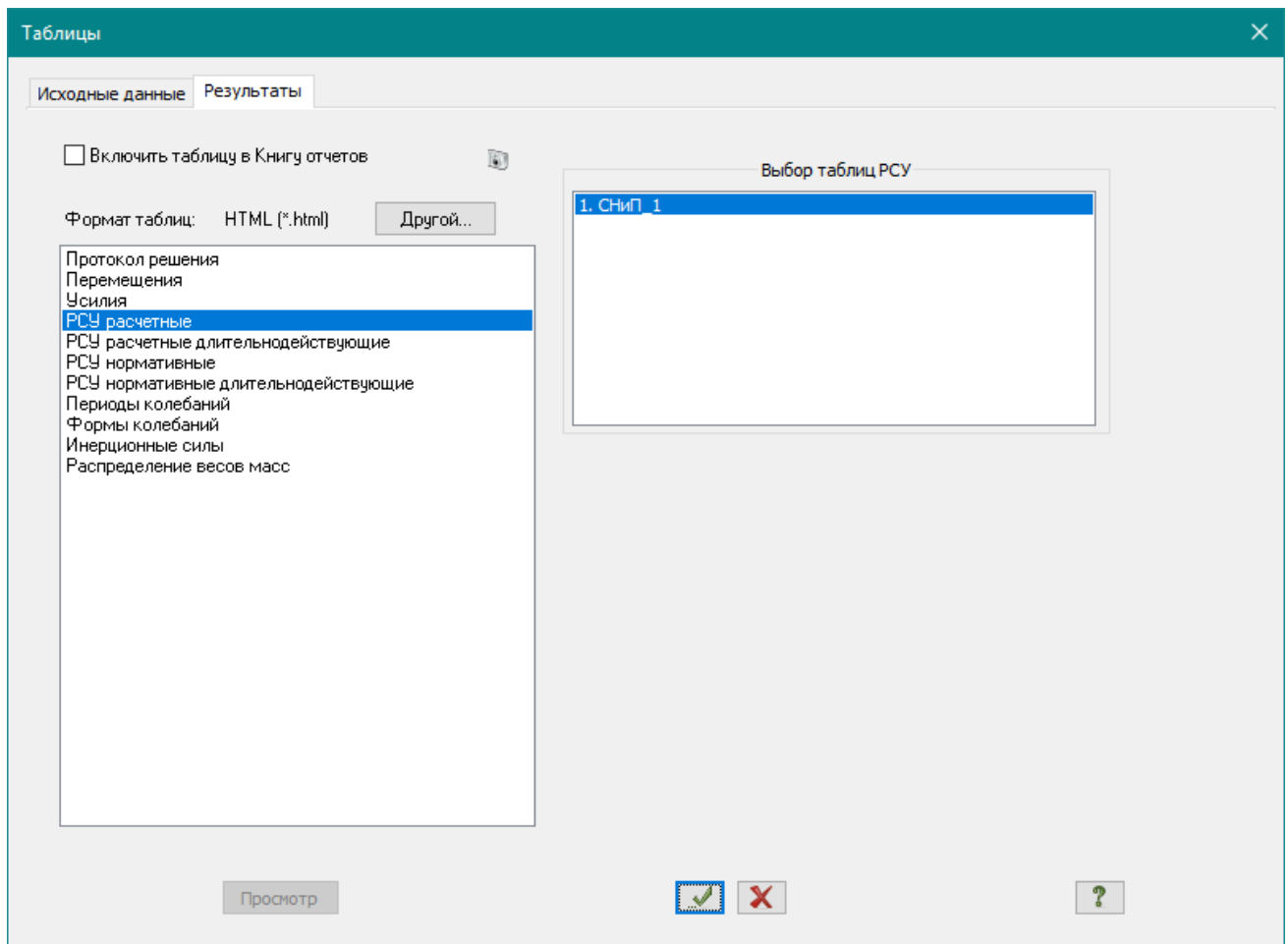
Вывод на экран номеров элементов


В диалоговом окне **Показать** перейдите на первую закладку **Элементы** и установите флажок **Номера элементов**. Щелкните по кнопке  – **Перерисовать**.

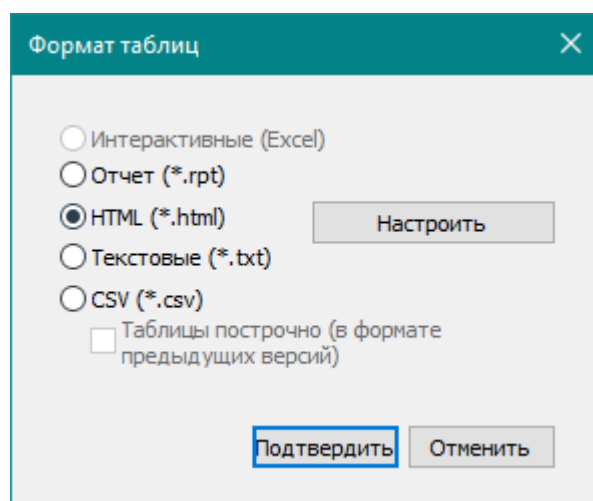
Формирование и просмотр таблиц результатов расчета

При включенной кнопке  – **Отметка элементов** в раскрывающемся списке **Отметка элементов** на панели инструментов **Панель выбора**, с помощью курсора выделите опорный элемент башни №1.

Для вывода на экран таблицы со значениями расчетных сочетаний усилий в выделенном элементе схемы, выберите команду  – **Стандартные таблицы** в раскрывающемся списке **Документация** (панель **Таблицы** на вкладке **Анализ**). После этого в диалоговом окне **Таблицы** (рис.5.28) выделите строку **PCY расчетные**.

Рис.5.28. Диалоговое окно **Таблицы**

Для создания таблицы в формате HTML, щелкните по кнопке **Другой**. В новом диалоговом окне **Формат таблиц** (рис.5.29) включите радио-кнопку **HTML** и щелкните по кнопке **Подтвердить**. После этого в диалоговом окне **Таблицы** щелкните по кнопке  – **Применить**.

Рис.5.29. Диалоговое окно **Формат таблиц**

В окне Windows Internet Explorer открывается таблица 5.1.

Таблица 5.1. РАСЧЕТНЫЕ СОЧЕТАНИЯ

ЭЛМ	НС	КРТ	СТ	КС	Г	N	МК	МУ	QZ	MZ	QU	ЗАГРУЖЕНИЯ.
1	1	2	1		A1	...	0	0	...	0	0	1, 2,
		1	1		B1	...	0	0	...	0	0	1, -4,



В приведенной таблице приняты следующие обозначения:

1 колонка – **ЭЛМ** – номер элемента на расчетной схеме;  
 2 колонка – **НС** – номер сечения стержневого элемента;  
 3 колонка – **КРТ** – критерий выбора расчетного сочетания усилий;  
 4 колонка – **СТ** – номер столбца коэффициентов расчетных сочетаний усилий в таблице РСУ;  
 5 колонка – **КС** – отметка о крановых и сейсмических воздействиях в случае, если эти воздействия участвуют в РСУ;  
 6 колонка – индексы внутренней группы РСУ – **A1, B1, C1, D1, A2, B2, C2, D2**, различаемые по длительности действия нагрузок, входящих в сочетание.  
 Внутренние группы для **1ПС** – группы **A1, B1, C1, D1** – формируются на основании критериев, вычисленных по полным расчетным значениям усилий. Индексом **A1** обозначаются РСУ, которые состоят из загрузок продолжительной длительности. Индексом **B1** обозначаются РСУ, которые состоят из всех загрузок независимо от длительности действия кроме сейсмического и прочих особых. Индексом **C1** обозначаются РСУ, которые включают группу **B1** плюс сейсмическое загрузку. Индексом **D1** обозначаются РСУ, которые включают группу **B1** плюс особое (не сейсмическое) загрузку.

Внутренние группы для **2ПС** формируются двояко:


- группы **A2, B2** – на основании критериев, вычисленных по длительной части нормативных (характеристических) усилий.

- группы **C2, D2** – на основании полных нормативных усилий.

Группа **A2** – включает только постоянные и длительные загрузку. Группа **B2** – включает постоянные, длительные и кратковременные загрузку (кроме мгновенного). Группа **C2** – включает все заданные загрузку независимо от длительности действия кроме сейсмического и прочих особых. Группа **D2** – включает группу **C2** плюс сейсмическое загрузку.


Для того чтобы закрыть таблицу, выполните пункт меню **Файл** ⇒ **Выход**.

Закройте диалоговое окно **Таблицы** щелчком по кнопке  – **Заккрыть**.

Для переключения в режим результатов статического расчета, выберите команду  – **Форма перемещений** в раскрывающемся списке **НДС схемы** (панель **Деформации** на вкладке **Анализ**).

## Этап 12. Расчет нагрузки на фрагмент

### Вывод на экран номеров узлов



В диалоговом окне **Показать** перейдите на вторую закладку **Узлы** и установите флажок **Номера узлов**. Щелкните по кнопке  – **Перерисовать**.


### Расчет нагрузки на фрагмент



Информацией для расчета нагрузок на фрагмент являются:

- номера узлов, в которых должна быть вычислена нагрузка;
- номера элементов, которые передают нагрузку на эти узлы;
- углы поворота узлов вокруг оси *Z* глобальной системы координат.

При включенной кнопке  – **Отметка узлов** в раскрывающемся списке **Отметка узлов** на панели инструментов **Панель выбора** с помощью курсора выделите узлы №2 и 11. Для выделения элементов, которые передают нагрузку на выделенные узлы, щелкните по кнопке  – **Отметить элементы, примыкающие к отмеченным узлам** на панели инструментов **Панель выбора**.


Щелкните по кнопке  – **Рассчитать нагрузку на фрагмент** (панель **Фрагмент** на вкладке **Расширенный анализ**). В диалоговом окне **Расчет нагрузок на фрагмент** (рис.5.30) задайте следующие параметры:

- В поле ввода **Список элементов** щелкните по кнопке **Обновить**, для того чтобы внести номера выделенных элементов в соответствующее поле ввода;
- Для создания новой группы узлов примыкания фрагмента щелкните по кнопке **Создать**;
- В поле ввода **Список узлов** щелкните по кнопке **Обновить**, для того чтобы внести номера выделенных узлов в соответствующее поле ввода.

После этого щелкните по кнопке **Выполнить расчет**.



Данные для расчета нагрузки на фрагмент можно также задать перед запуском задачи на расчет после окончания формирования расчетной схемы. При этом процесс выделения узлов и элементов остается таким же, а диалоговое окно **Расчет нагрузок на фрагмент**

вызывается щелчком по кнопке  – **Данные для расчета нагрузки на фрагмент** (панель


**Доп. расчеты** на вкладке **Расчет**). Ввод данных производится щелчком по кнопке  – **Подтвердить**.

Рис.5.30. Диалоговое окно **Расчет нагрузок на фрагмент**

#### Формирование и просмотр таблицы результатов расчета нагрузки на фрагмент

Для вывода на экран таблицы со значениями нагрузок на фрагмент в узлах, выберите команду – **Стандартные таблицы** в раскрывающемся списке **Документация** (панель **Таблицы** на вкладке **Анализ**). После этого в диалоговом окне **Таблицы** выделите строку **Нагрузка на фрагмент**. Щелкните по кнопке – **Применить**. Закройте диалоговое окно **Таблицы** щелчком по кнопке – **Заккрыть**.

#### Корректировка флагов рисования

В диалоговом окне **Показать** при активной закладке **Узлы** снимите флажок **Номера узлов**. Далее перейдите на первую закладку **Элементы** и снимите флажок **Номера элементов**. После этого перейдите на третью закладку **Общие** и установите флажок **Величины нагрузок**. Щелкните по кнопке – **Перерисовать**.

#### Вывод на экран значений нагрузки на фрагмент в узлах расчетной схемы

В строке состояния в раскрывающемся списке **Сменить номер загрузки** выберите строку соответствующую первому загрузению. Снимите выделение с узлов и элементов щелчком по кнопке – **Отмена выделения** на панели инструментов **Панель выбора**.

Для отображения нагрузки на фрагмент в виде сил, выберите команду – **Силы в глобальной системе** в раскрывающемся списке **Мозаика/векторы** (панель **Результат** на вкладке **Расширенный анализ**). Выведите на экран значения сил на узлы фрагмента по направлению Z

щелчком по кнопке  $\Sigma P_z$  – **Сила по Z** (панель **Фрагмент** на вкладке **Расширенный анализ**). Для вывода значений сил на узлы фрагмента по направлению X щелчком по кнопке  $\Sigma P_x$  – **Сила по X** (панель **Фрагмент** на вкладке **Расширенный анализ**).

## Пример 6. Расчет цилиндрического резервуара

### Цели и задачи:

- составить расчетную схему цилиндрического резервуара с днищем;
- задать нагрузку от собственного веса и от веса жидкости;
- применить для расчетной схемы локальную систему координат узлов;
- показать процедуру подбора арматуры.

### Исходные данные:

Железобетонный резервуар радиусом  $R = 2$  м и высотой  $H = 3$  м.


Материал резервуара – железобетон В25.

Толщина стенки  $d = 15$  см и толщина днища  $h = 20$  см.

### Нагрузки:

- загружение 1 – собственный вес;
- загружение 2 – внутреннее давление воды.

## Этап 1. Создание новой задачи

Для создания новой задачи откройте меню **Приложения** и выберите пункт **Новый** (кнопка  на панели быстрого доступа). В появившемся диалоговом окне **Описание схемы** (рис.6.1) задайте следующие параметры:

- имя создаваемой задачи – **Пример6**;
- в раскрывающемся списке **Признак схемы** выберите строку **5 – Шесть степеней свободы в узле**.

После этого щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

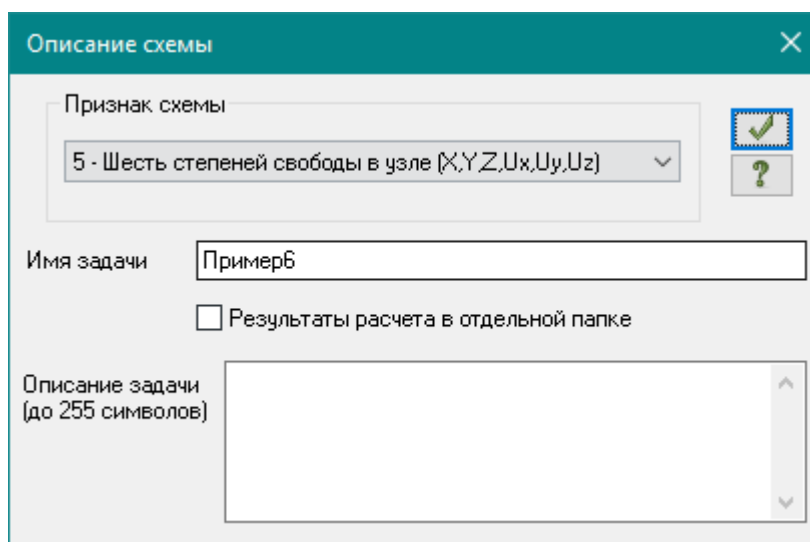



Рис.6.1. Диалоговое окно **Описание схемы**

## Этап 2. Создание геометрической схемы резервуара




Поскольку данная расчетная схема и нагрузка являются центрально симметричными, мы можем рассчитывать четверть резервуара, назначая при этом связи симметрии на плоскости отсечения.

### Создание стенок резервуара

Вызовите диалоговое окно **Поверхности вращения** щелчком по кнопке  – **Поверхности вращения** (панель **Создание** на вкладке **Создание и редактирование**). В этом диалоговом окне задайте параметры, необходимые для генерации цилиндра (рис.6.2):

- радиус цилиндра -  $R = 2$  м;
- высота цилиндра -  $H = 3$  м;
- разбивка стенки резервуара на конечные элементы по вертикали -  $n1 = 20$ , по окружности -  $n2 = 9$ ;
- угол сектора  $fi = 90^\circ$ .
- остальные параметры принимаются по умолчанию.

После этого щелкните по кнопке  – **Применить**.

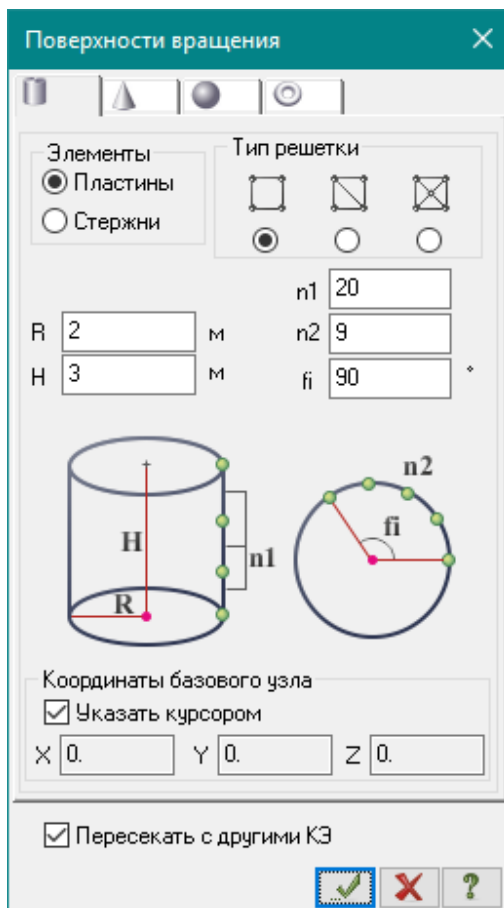


Рис.6.2. Диалоговое окно **Поверхности вращения**

### Создание днища резервуара

В диалоговом окне **Поверхности вращения** щелкните по второй закладке генерации конуса и задайте следующие параметры (рис.6.3):

- верхний радиус конуса –  $r = 0$  м;
- нижний радиус конуса -  $R = 2$  м;

- высота конуса -  $H = 0$  м;
- разбивка дна резервуара на конечные элементы -  $n1 = 10$ ,  $n2 = 9$ ;
- угол сектора  $fi = 90^\circ$ .
- остальные параметры принимаются по умолчанию.

После этого щелкните по кнопке  – **Применить**.

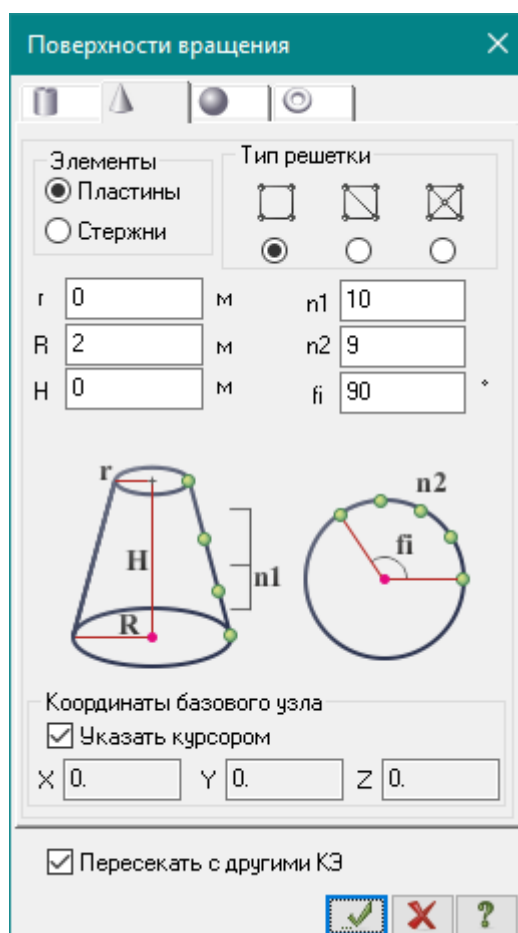




Рис.6.3. Диалоговое окно **Поверхности вращения**

#### Упаковка схемы

Щелчком по кнопке  – **Упаковка схемы** (панель **Редактирование** на вкладке **Создание и**

**редактирование**) вызовите диалоговое окно **Упаковка** (рис.6.4). В этом окне щелкните по кнопке  – **Применить** (упаковка схемы производится для сшивки совпадающих узлов и элементов, а также для безвозвратного исключения из расчетной схемы удаленных узлов и элементов).

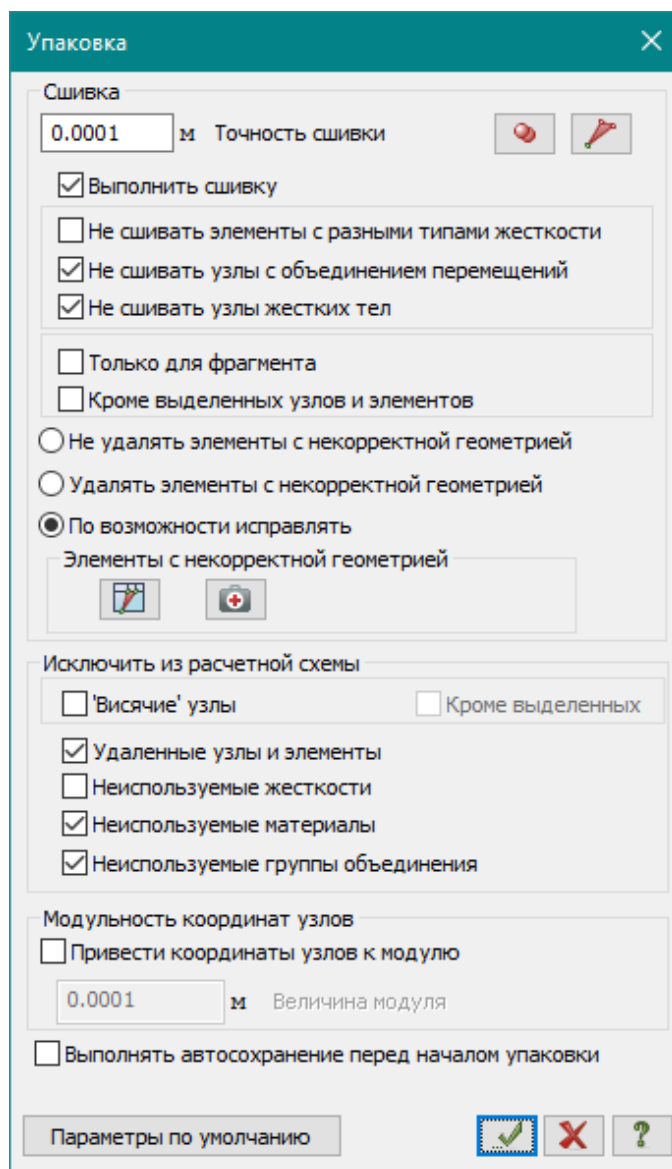



Рис.6.4. Диалоговое окно **Упаковка**

#### Сохранение информации о расчетной схеме

Для сохранения информации о расчетной схеме откройте меню **Приложения** и выберите пункт **Сохранить** (кнопка  на панели быстрого доступа).

### **Этап 3. Назначение локальной системы координат узлам расчетной схемы**

#### Выделение узлов



Для назначения локальной системы координат, нужно отметить все узлы расчетной схемы, за исключением центрального узла днища с номером 301 (0;0;0).



Щелчком по кнопке **ПолиФильтр** на панели инструментов **Панель выбора** (по умолчанию находится в нижней области рабочего окна) вызовите диалоговое окно **ПолиФильтр** (рис.6.5). В этом окне установите флажок **По номерам узлов** и в соответствующем поле введите номера узлов **1 – 300**.



После этого щелкните по кнопке **Применить**.

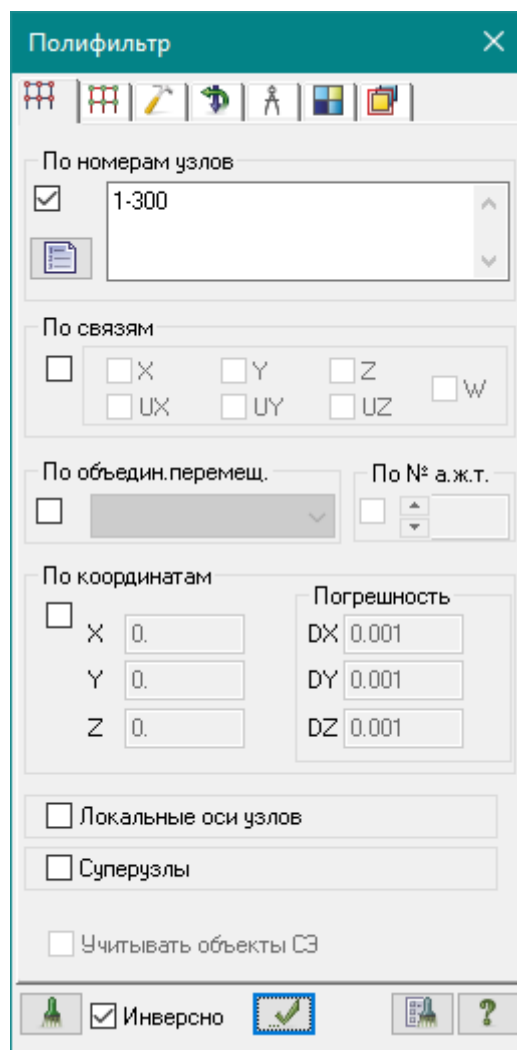




Рис.6.5. Диалоговое окно ПолиФильтр

#### Назначение локальной системы координат



После выделения узлов или элементов расчетной схемы для ленточного вида интерфейса выводятся контекстные вкладки ленты. Каждая из контекстных вкладок содержит операции, которые относятся к выделенным объектам или выбранной команде. Контекстная вкладка закрывается по завершении работы с командой или снятии выделения с объектов. Контекстные вкладки, предназначенные для работы с узлами или элементами схемы, содержат команды только по созданию и редактированию схемы и не могут быть вызваны из вкладок **Анализ**, **Расширенный анализ**, **Конструирование**.

Щелчком по кнопке  – **Локальные оси узлов** (панель **Редактирование узлов** на контекстной вкладке **Узлы**) вызовите диалоговое окно **Локальные оси узлов** (рис.6.6). В этом окне снимите флажок с координаты **Z2** (таким образом, мы задаем координату точки, от которой будут стремиться местные оси **X**. Так как координата **Z** переменна по высоте, мы отключаем соответствующий флажок). Щелкните по кнопке  – **Применить**.

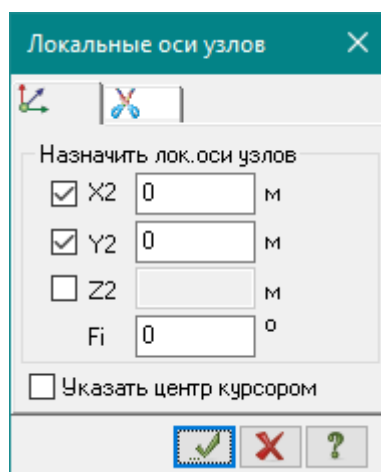



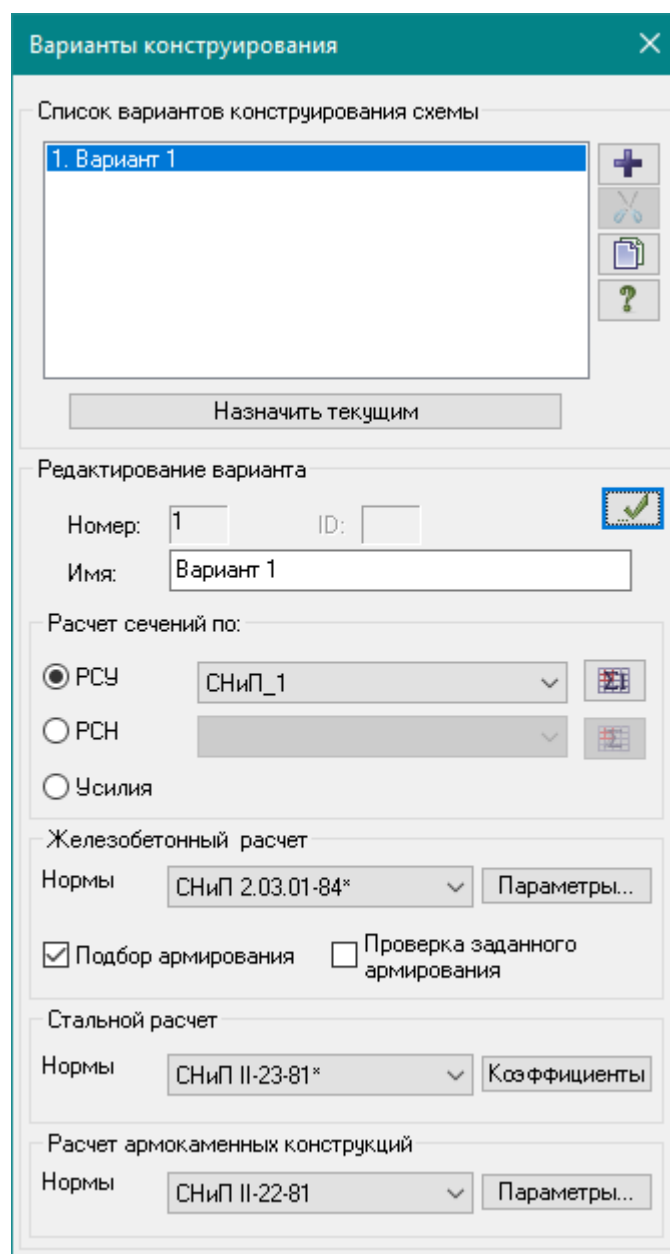
Рис.6.6. Диалоговое окно **Локальные оси узлов**

#### Этап 4. Задание вариантов конструирования

Вызовите диалоговое окно **Варианты конструирования** (рис.6.7) щелчком по кнопке  – **Варианты конструирования схемы** (панель **Конструирование** на вкладке **Создание и редактирование**). В этом диалоговом окне задайте параметры для первого варианта конструирования:

- в списке **Расчет сечений по:** включите радио-кнопку **PCY**;
- для выбора таблицы PCY щелкните по кнопке  – **Добавить/Редактировать таблицу PCY**;
- в появившемся диалоговом окне **Расчетные сочетания усилий** щелкните по кнопке  – **Подтвердить**;
- остальные параметры диалогового окна **Варианты конструирования** принимаются по умолчанию.


После этого в диалоговом окне **Варианты конструирования** щелкните по кнопке  – **Применить**.

Рис.6.7. Диалоговое окно **Варианты конструирования**

Закройте диалоговое окно **Варианты конструирования** щелчком по кнопке  – **Заккрыть**.

## Этап 5. Задание жесткостных параметров и параметров материалов элементам резервуара

### Формирование типов жесткости

Щелчком по кнопке  – **Жесткости и материалы** (панель **Жесткости и связи** на вкладке **Создание и редактирование**) вызовите диалоговое окно **Жесткости и материалы** (рис.6.8,а). В этом окне щелкните по кнопке **Добавить** и в появившемся окне **Добавить жесткость** (библиотеке жесткостных характеристик) щелкните по четвертой закладке численного описания жесткости (рис.6.8,б). Выберите двойным щелчком мыши на элементе графического списка тип сечения **Пластины**.

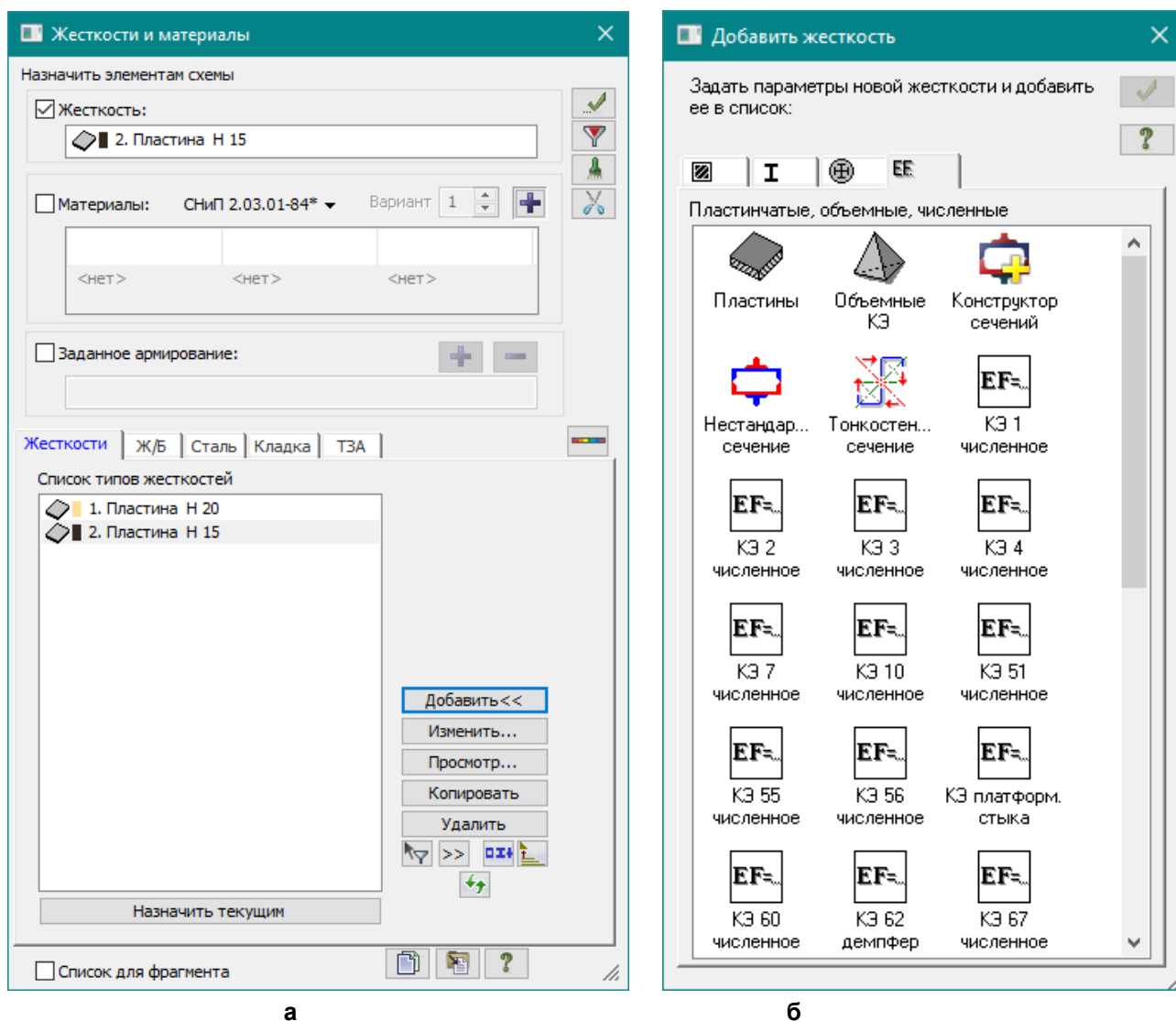


Рис.6.8. Диалоговые окна: а – Жесткости и материалы, б – Добавить жесткость

В диалоговом окне **Задание жесткости для пластин** (рис.6.9) задайте параметры сечения **Пластины** (для днища):

- модуль упругости –  $E = 3e6 \text{ т/м}^2$  (при английской раскладке клавиатуры);
- коэф. Пуассона –  $\nu = 0.2$ ;
- толщина –  $H = 20 \text{ см}$ ;
- удельный вес материала –  $R_o = 2.75 \text{ т/м}^3$ .


Для ввода данных щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

Рис.6.9. Диалоговое окно **Задание жесткости для пластин**

Еще раз двойным щелчком мыши выберите тип сечения **Пластины**. В новом окне **Задание жесткости для пластин** задайте параметры сечения **Пластины** (для стенки):

- толщина – **H** = 15 см;
- остальные параметры принимаются как для предыдущей жесткости.

Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

#### Задание материалов для железобетонных конструкций

В диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по второй закладке **Ж/Б (Задание параметров для железобетонных конструкций)**. При включенной радио-кнопке **Тип** щелкните по кнопке **Редактировать**. На экран выводится диалоговое окно **Материалы для расчета Ж/Б конструкций** (рис.6.10), в котором щелкните по первой строке в списке **ТИП: ПЛАСТИНА** и после этого в правой части окна задайте следующие параметры для пластинчатых элементов:

- в раскрывающемся списке **Вид расчета** выберите строку **Оболочка**;
- все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.

После этого щелкните по первой строке в списке **БЕТОН** и в правой части окна задайте следующие параметры:

- в раскрывающемся списке **Класс бетона** выберите строку **B25**;
- все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.

Далее щелкните по первой строке в списке **АРМАТУРА** и в правой части окна задайте следующие параметры:

- в раскрывающемся списке **Поперечная арматура** выберите строку **A-I**;
- все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.

После этого щелкните по кнопке  – Подтвердить.

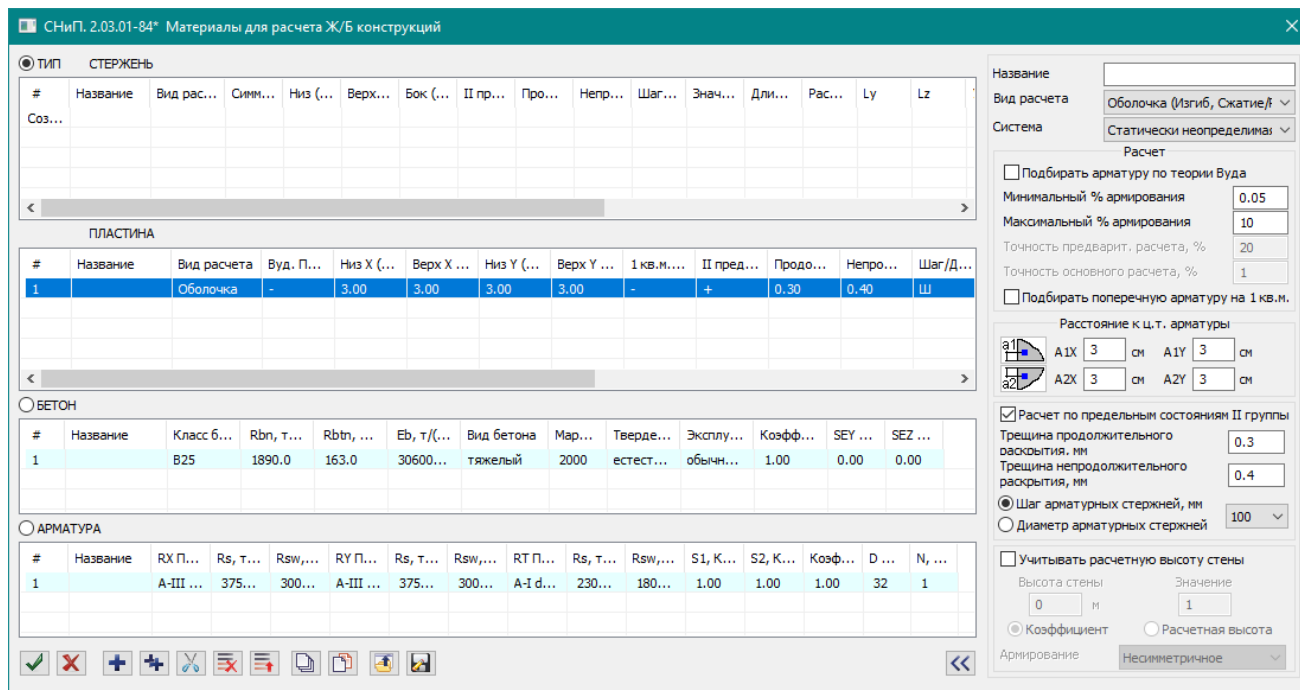





Рис.6.10. Диалоговое окно **Материалы для расчета Ж/Б конструкций**

#### Назначение жесткостей и материалов элементам резервуара

В диалоговом окне **Жесткости и материалы** установите флажок **Материалы** в поле **Назначить элементам схемы** (при этом в списке текущего типа жесткости должна быть установлена жесткость – **2.Пластина Н 15**, а в списке текущих материалов должны быть установлены в качестве текущих: тип – **1.оболочка**, класс бетона – **1.B25** и класс арматуры – **1.A-III**).

Щелкните по кнопке  – **Отметка блока и его узлов** в раскрывающемся списке **Отметка блока** на панели инструментов **Панель выбора**. Укажите курсором в любой узел или элемент стенки (узлы и элементы стенки окрасились в красный цвет).

В диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке  – **Применить** (с элементов снимается выделение. Это свидетельство того, что выделенным элементам присвоена текущая комбинация жесткости и материала).


В диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по первой закладке **Жесткости** и в списке типов жесткостей выделите курсором тип жесткости **1.Пластина Н 20**. Щелкните по кнопке **Назначить текущим**. Укажите курсором в любой узел или элемент днища. Затем в диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке  – **Применить**.


#### Этап 6. Задание граничных условий

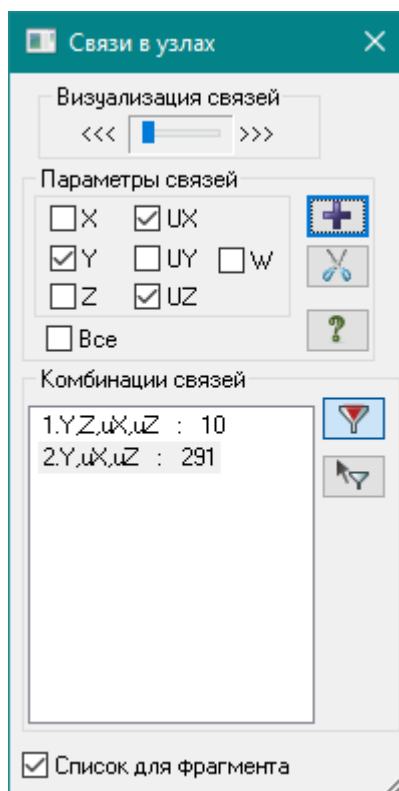



Поскольку узлам расчетной схемы назначена локальная система координат, то налагаемые граничные условия будут соответствовать этой системе координат.






Щелчком по кнопке  – **Связи** (панель **Жесткости и связи** на вкладке **Создание и редактирование**) вызовите диалоговое окно **Связи в узлах** (рис.6.11). В этом окне, с помощью установок флажков, отметьте направления, по которым запрещены перемещения узлов: **Y**, **UX** и **UZ** (эти направления соответствуют связям симметрии на плоскости отсечения). После этого щелкните по


кнопке  – **Добавить связи в отмеченных узлах** (все узлы окрашиваются в синий цвет, а в списке **Комбинации связей** добавляется строка назначенной комбинации связей).

Рис.6.11. Диалоговое окно **Связи в узлах**

Перейдите в изометрическую проекцию представления расчетной схемы щелчком по кнопке  – **Изометрическая проекция** на панели инструментов **Проекция** (по умолчанию находится в нижней области рабочего окна).


Щелкните по кнопке  – **Отметка узлов** в раскрывающемся списке **Отметка узлов**, а после этого по кнопке  – **Полигональная отметка** на панели инструментов **Панель выбор**. С помощью левой клавиши мыши задайте замкнутый контур вокруг узлов стыковки днища со стенкой (также узлы стыковки днища со стенкой можно просто указать на схеме с помощью курсора).


В диалоговом окне **Связи в узлах** отметьте дополнительные направления, по которым запрещены перемещения узлов (**Z**). Щелкните по кнопке  – **Добавить связи в отмеченных узлах**.

Перейдите в диметрическую проекцию представления расчетной схемы щелчком по кнопке  – **Диметрическая проекция** на панели инструментов **Проекция**.

## Этап 7. Задание нагрузок

### Формирование загрузки № 1

Щелчком по кнопке  – **Добавить собственный вес** (панель **Нагрузки** на вкладке **Создание и редактирование**) вызовите диалоговое окно **Добавить собственный вес** (рис.6.12). В этом окне, при включенной радио-кнопке **все элементы схемы** и заданном коэф. надежности по нагрузке равном 1,

щелкните по кнопке  – **Применить** (в соответствии с заданным объемным весом  $R_0$  элементы загружаются нагрузкой от собственного веса).

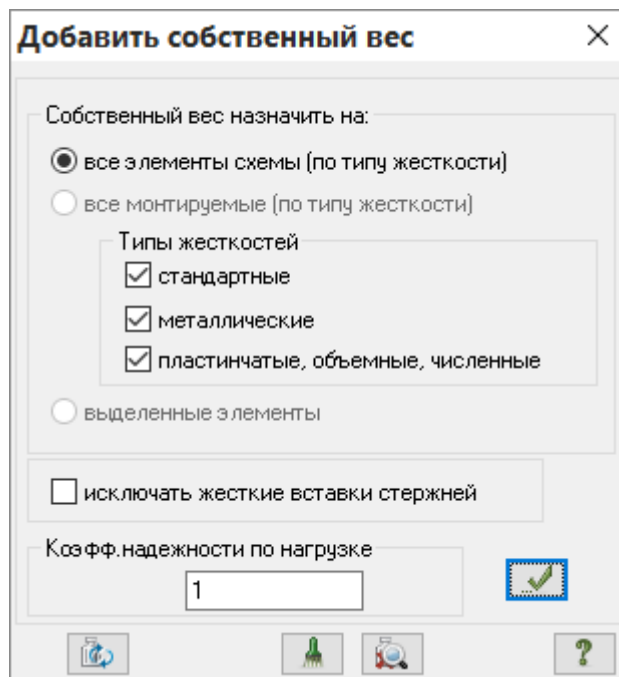



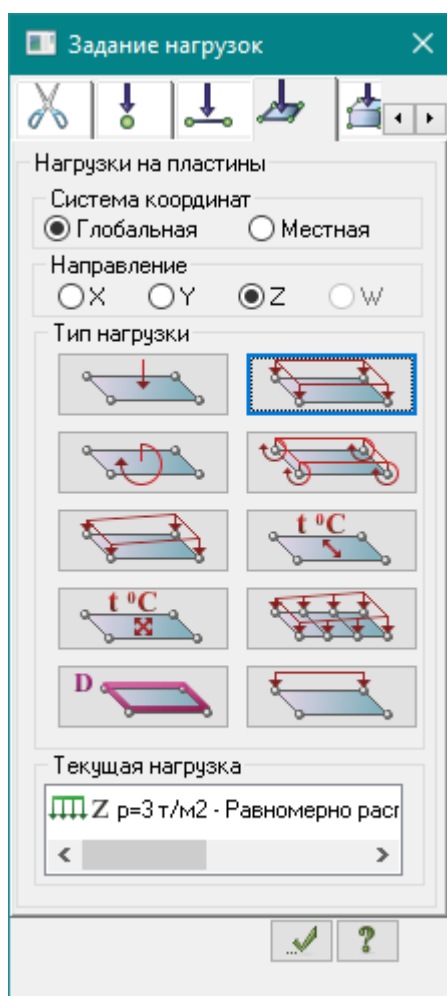


Рис.6.12. Диалоговое окно **Добавить собственный вес**

#### Формирование загрузки № 2

Смените номер текущего загрузки щелчком по кнопке  – **Следующее загрузка** в строке состояния (находится в нижней области рабочего окна). После щелчка по кнопке  – **Отметка блока** в раскрывающемся списке **Отметка блока** на панели инструментов **Панель выбора** укажите курсором в любой узел или элемент днища. Вызовите диалоговое окно **Задание нагрузок** на закладке **Нагрузки на пластины** (рис.6.13) выбрав команду  – **Нагрузка на пластины** в раскрывающемся списке **Нагрузки на узлы и элементы** (панель **Нагрузки** на вкладке **Создание и редактирование**). В этом окне по умолчанию указана система координат **Глобальная**, направление – вдоль оси **Z**.

Рис.6.13. Диалоговое окно **Задание нагрузок**

Щелчком по кнопке равномерно распределенной нагрузки вызовите диалоговое окно **Параметры**.



В этом окне задайте интенсивность нагрузки  $p = 3 \text{ т/м}^2$  (рис.6.14). Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

Рис.6.14. Диалоговое окно **Параметры**

Выделите элементы стенки путем указания курсором в любой узел или элемент стенки резервуара при включенной функции выделения блока. В диалоговом окне **Задание нагрузок** щелчком по радиокнопке задайте систему координат **Местная**. Щелчком по кнопке трапециевидной нагрузки на группу

пластин вызовите диалоговое окно **Неравномерная нагрузка**. В этом окне задайте интенсивность нагрузки  $p_1 = -3 \text{ т/м}^2$  и щелкните по радио-кнопке **Вдоль оси Z** (рис.6.14). После этого щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

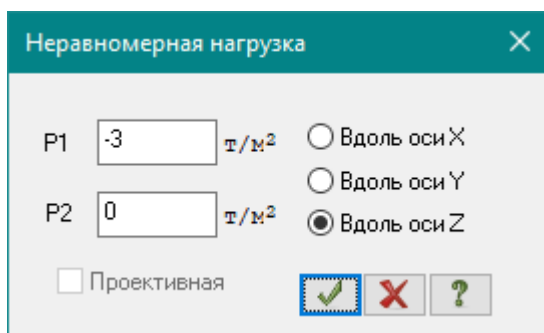





Рис.6.15. Диалоговое окно **Неравномерная нагрузка**

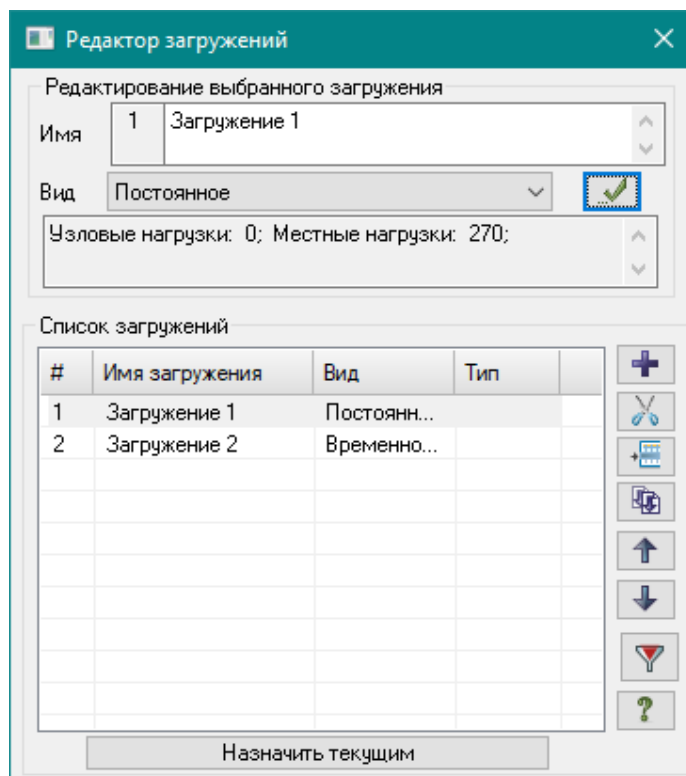
#### [Задание расширенной информации о загрузениях](#)

Вызовите диалоговое окно **Редактор загрузений** (рис.6.16) щелчком по кнопке  – **Редактор загрузений** (панель **Нагрузки** на вкладке **Создание и редактирование**). В этом диалоговом окне в списке загрузений выделите строку соответствующую первому загрузению. Далее в поле **Редактирование выбранного загрузения** выберите в раскрывающемся списке **Вид** строку

**Постоянное** и щелкните по кнопке  – **Применить**.

После этого в списке загрузений выделите строку соответствующую второму загрузению, а затем в поле **Редактирование выбранного загрузения** выберите в раскрывающемся списке **Вид** строку


**Временное длит. / Длительное** и щелкните по кнопке  – **Применить**.



#	Имя загрузения	Вид	Тип
1	Загрузка 1	Постоян...	
2	Загрузка 2	Временно...	

Рис.6.16. Диалоговое окно **Редактор загрузений**



## Этап 8. Генерация таблицы РСУ

Щелчком по кнопке  – **Таблица РСУ** (панель **PCY** на вкладке **Расчет**) вызовите диалоговое окно **Расчетные сочетания усилий** (рис.6.17).



Так как вид загрузений задавался в диалоговом окне **Редактор загрузений** (рис.6.16) таблицу РСУ можно сформировать с параметрами, принятыми по умолчанию для каждого загрузения,

щелчком по кнопке  – **Заполнить таблицу РСУ значениями по умолчанию**. Далее для данной задачи нужно только подтвердить назначенные параметры.

В этом окне, при выбранных строительных нормах **СНиП 2.01.07-85\***, для формирования таблицы РСУ со значениями, принятыми по умолчанию для каждого загрузения, щелкните по кнопке  – **Заполнить таблицу РСУ значениями по умолчанию**. После этого, для подтверждения назначения параметров, принятых по умолчанию для каждого загрузения, щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

**Расчетные сочетания усилий**

Номер таблицы РСУ: 1

Имя таблицы РСУ: СНиП\_1

Строительные нормы: СНиП 2.01.07-85\*

Номер загрузения: 1 Загрузка 1

Вид загрузения: Постоянное(0)

Н группы объединяемых временных загрузений: 0

Учитывать знакопеременность: ☐

Н группы взаимоисключающих загрузений: 0

NN сопутствующих загрузений: 0 0

Коэффициент надежности: 1.10

Доля длительности: 1.00

Не учитывать для II-го пред. сост.: ☐

Ограничения для кранов и тормозов:

Кран ☐ Тормоз ☐

Коэффициенты для РСУ


#	1 основ.	2 основ.	Особ.(С)	Особ.(б С)	5 сочет.	6 сочет.
1	1.00	1.00	0.90	1.00	0.00	0.00
2	1.00	0.95	0.80	0.95	0.00	0.00

Сводная таблица для вычисления РСУ:

№.	Имя загрузе...	Вид	Параметры РСУ	Коэффициенты РСУ
1	Загрузка 1	Постоянное(0)	0 0 0 0 0 0 1.10 1.00	1.00 1.00 0.90 1.00
2	Загрузка 2	Временное д...	1 0 0 0 0 0 1.20 1.00	1.00 0.95 0.80 0.95

Рис.6.17. Диалоговое окно **Расчетные сочетания усилий**


### Этап 9. Полный расчет схемы

Запустите задачу на расчет щелчком по кнопке  – **Выполнить полный расчет** (панель **Расчет** на вкладке **Расчет**).


### Этап 10. Просмотр и анализ результатов статического расчета



В режиме просмотра результатов расчета по умолчанию расчетная схема отображается с учетом перемещений узлов.


#### Смена номера текущего нагружения

В строке состояния (находится в нижней области рабочего окна) в раскрывающемся списке **Сменить номер нагружения** выберите строку соответствующую второму нагружению или щелкните по кнопке  – **Следующее нагружение**.

#### Вывод изополей деформаций по направлению локальной оси X на деформированной стенке резервуара

Выделите элементы стенки путем указания курсором в любой узел или элемент стенки резервуара при включенной функции выделения блока. Для отображения на экране только выделенных узлов и элементов стенки, выполните фрагментацию щелчком по кнопке  – **Фрагментация** на панели инструментов **Панель выбора**.

Чтобы вывести на экран изополя перемещений по направлению локальной оси X, выберите команду  – **Изополя перемещений в локальной системе** в раскрывающемся списке **Мозаика/изополя** и после этого щелкните по кнопке  – **Изополя перемещений по X(L)** (панель **Деформации** на вкладке **Анализ**).

Для представления расчетной схемы в проекции на плоскость YOZ (рис.6.18), щелкните по кнопке  – **Проекция на YOZ** на панели инструментов **Проекция**.

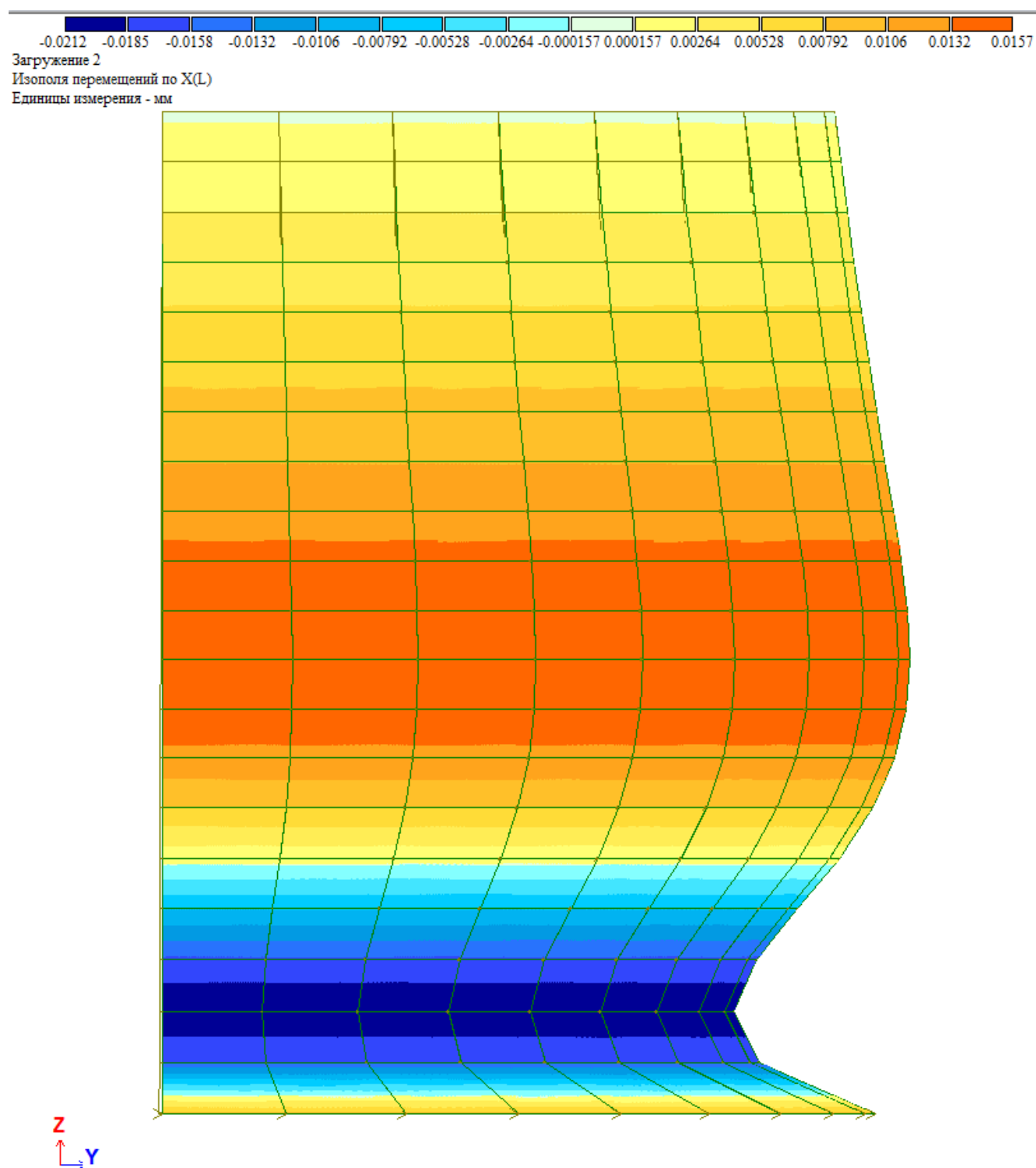





Рис.6.18. Изополюса перемещений по направлению локальной оси X в элементах стенки резервуара


Для восстановления расчетной схемы в первоначальном виде, щелкните по кнопке  – **Восстановление конструкции** на панели инструментов **Панель выбора**.


Перейдите в диметрическую проекцию представления расчетной схемы щелчком по кнопке  – **Диметрическая проекция** на панели инструментов **Проекция**.

Вывод изополей вертикальных перемещений дна на деформированной схеме

Выделите элементы дна путем указания курсором в любой узел или элемент дна резервуара при включенной функции выделения блока. Для отображения на экране только выделенных узлов и

элементов дна, выполните фрагментацию щелчком по кнопке  – **Фрагментация** на панели инструментов **Панель выбора**.

Чтобы вывести на экран изополя перемещений по направлению глобальной оси Z (рис.6.19), выберите команду  – **Изополя перемещений в глобальной системе** в раскрывающемся списке

**Мозаика/изополя** и после этого щелкните по кнопке  – **Изополя перемещений по Z** (панель **Деформации** на вкладке **Анализ**).

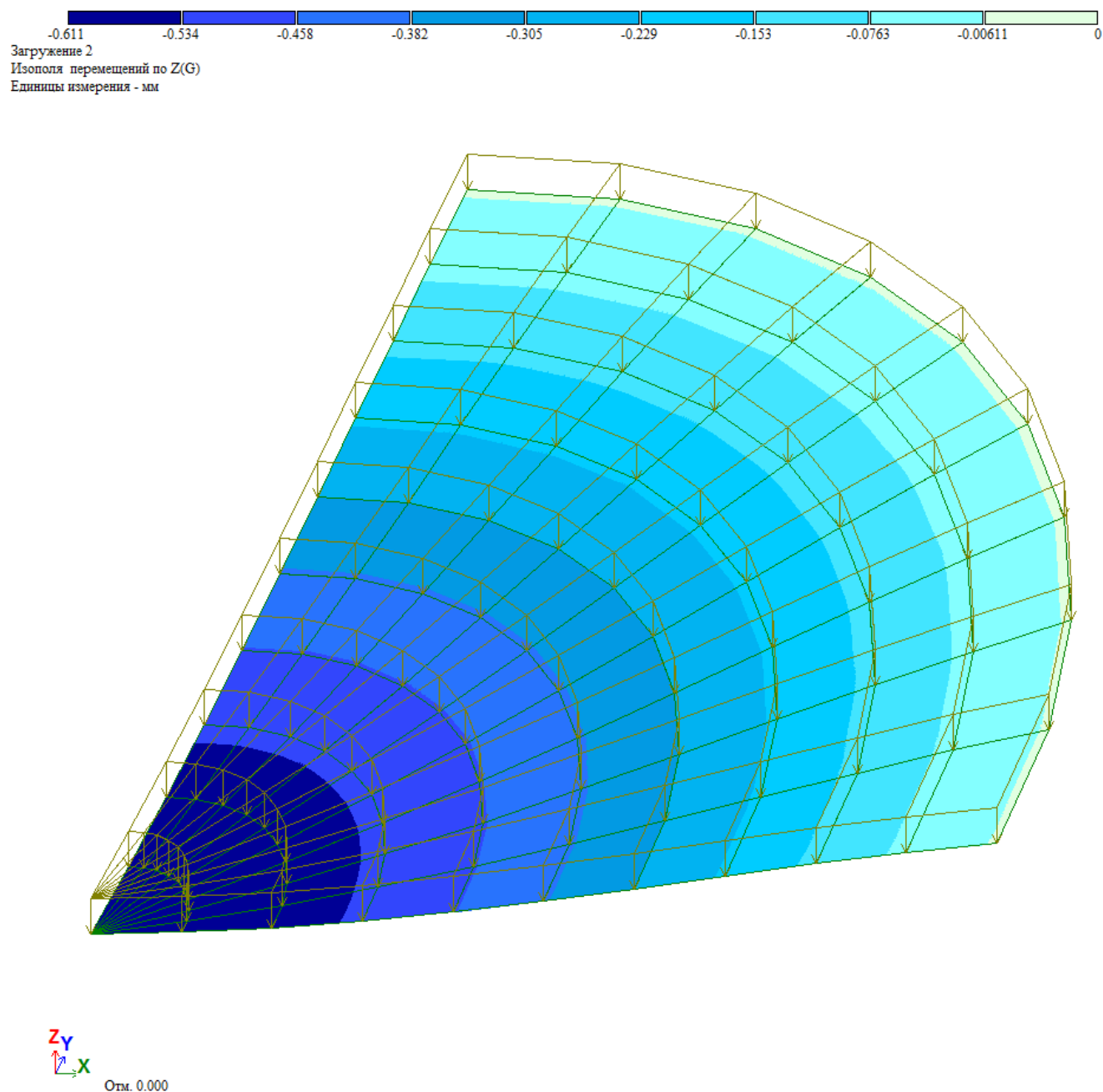







Рис.6.19. Изополя перемещений по направлению глобальной оси Z в элементах дна резервуара


### Вывод на экран мозаик напряжений


Чтобы вывести на экран мозаику напряжений по  $M_x$ , выберите команду  – **Мозаика напряжений** в раскрывающемся списке **Мозаика/изополя** и после этого щелкните по кнопке  – **Мозаика напряжений по  $M_x$**  (панель **Напряжения в пластинах и объемных КЭ** на вкладке **Анализ**).

Для отображения мозаики напряжений по  $N_x$ , щелкните по кнопке  – **Мозаика напряжений по  $N_x$**  (панель **Напряжения в пластинах и объемных КЭ** на вкладке **Анализ**).

Для восстановления расчетной схемы в первоначальном виде, щелкните по кнопке  – **Восстановление конструкции** на панели инструментов **Панель выбора**. Для отображения схемы без

мозаики напряжений по  $N_x$ , щелкните по кнопке  – **Мозаика напряжений по  $N_x$**  (панель **Напряжения в пластинах и объемных КЭ** на вкладке **Анализ**). Для отображения схемы без учета

перемещений узлов щелкните по кнопке  – **Исходная схема** (панель **Деформации** на вкладке **Анализ**).

Чтобы вывести напряжения в любом из элементов нижней части стенки резервуара, щелкните по кнопке  – **Информация об узле или элементе** на панели инструментов **Панель выбора** и после этого укажите курсором на один из элементов нижней части стенки резервуара.

В появившемся диалоговом окне (рис.6.20) приведены значения напряжений.

**Элемент 9**

Номера узлов

N°  Блок N  ☐ Отмеченный

Тип жесткости  
 2. Пластина Н 15

Тип КЗ  Угол соглас.  Ортогометрия

Площадь, координаты центра тяжести  
 $S=0.0522934\text{м}^2$ ,  $X_c=0.173648\text{м}$ ,  $Y_c=1.98481\text{м}$ ,

Загружения  № загр.

$N_x$	-5.42844	т/м <sup>2</sup>
$N_y$	-0.001010	т/м <sup>2</sup>
$T_{xy}$	0.002660	т/м <sup>2</sup>
$M_x$	0.191683	(т*м)/м
$M_y$	0.958417	(т*м)/м
$M_{xy}$	-6.53979e	(т*м)/м
$Q_x$	0.000306	т/м
$Q_y$	-3.07372	т/м



Показать сеч.

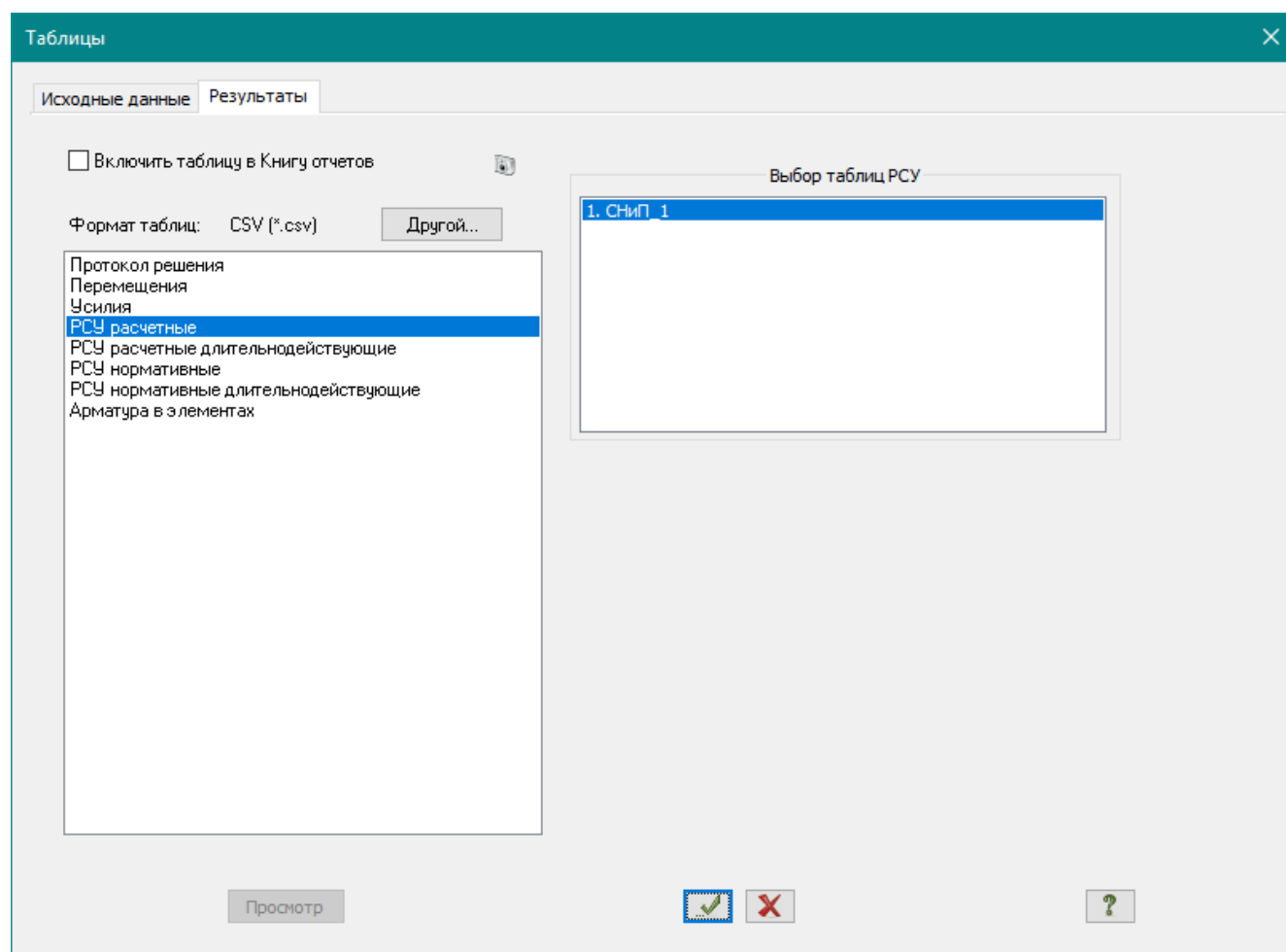
☐ Эпюры


Рис.6.20. Диалоговое окно **Информация об элементе №**

### Формирование и просмотр таблиц результатов расчета

Для вывода на экран таблицы со значениями расчетных сочетаний усилий в элементах схемы,


выберите команду  – **Стандартные таблицы** в раскрывающемся списке **Документация** (панель **Таблицы** на вкладке **Анализ**). После этого в диалоговом окне **Таблицы** (рис.6.21) выделите строку **PCY** **расчетные**. Щелкните по кнопке  – **Применить**.


Рис.6.21. Диалоговое окно **Таблицы**



После анализа закройте таблицу щелчком по кнопке  – **Заккрыть**.

## Этап 11. Просмотр и анализ результатов конструирования


### Просмотр результатов армирования


Для просмотра информации о выбранной арматуре в одном из пластинчатых конечных элементов, щелкните по кнопке  – **Информация об узле или элементе** на панели инструментов **Панель выбора** и укажите курсором на любой пластинчатый элемент. В появившемся диалоговом окне перейдите на закладку **Информация о подобранной арматуре** (в этом окне содержится полная информация о выбранном элементе, в том числе и с результатами подбора арматуры). Закройте

диалоговое окно щелчком по кнопке  – **Заккрыть**.

Чтобы посмотреть мозаику отображения площади нижней арматуры в пластинах по направлению оси X1, щелкните по кнопке  – **Нижняя арматура в пластинах по оси X1** (панель **Армирование** на вкладке **Железобетон**). Чтобы посмотреть мозаику отображения площади нижней арматуры в пластинах по направлению оси Y1, щелкните по кнопке  – **Нижняя арматура в пластинах по оси Y1** (панель **Армирование** на вкладке **Железобетон**).

[Формирование и просмотр таблиц результатов подбора арматуры](#)

Вызовите диалоговое окно **Таблицы** (рис.6.21), выбрав команду  – **Таблицы результатов для ЖБ** в раскрывающемся списке **Документация** (панель **Таблицы** на вкладке **Железобетон**). В этом окне по умолчанию выделена строка **Арматура в элементах**, а в поле **Варианты конструирования** выделена строка **1. Вариант1**. В поле **Арматура** включите радио-кнопку **в пластинах**. Для создания

таблицы результатов подбора арматуры в пластинчатых элементах щелкните по кнопке  – **Применить**.

## ЛИТЕРАТУРА

1. А.С. Городецкий. Расчет конструкций на ЭЦВМ с учетом упруго - пластических деформаций.//Доклад на III Всесоюзной конференции по применению ЭЦВМ в строительной механике. (г. Ленинград, 1963г.). – Л.: Ленстройиздат, 1967.
2. А.С. Городецкий. Программа расчета пространственных шарнирно-стержневых систем в неупругой стадии. Сборник «Вычислительная и организационная техника в строительстве и проектировании». № II-I. –М. 1967.
3. А.С. Городецкий. Численная реализация метода конечных элементов. «Сопротивление материалов и расчет сооружений». Вып. XX. –К.: Будівельник. 1973.
4. А.С. Городецкий, В. Заворицкий, А. Рассказов, А. Лантух-Лященко. Метод конечных элементов в проектировании транспортных сооружений. –М.: Транспорт, 1983.
5. А.С. Городецкий, В. Здоренко. Типовая проектирующая система «ЛИРА» для автоматизированного проектирования строительных конструкций. Сборник «САПР в проектных организациях Госстроя УССР». –К.: Будівельник. 1984.
6. А.С. Городецкий. Компьютерные системы проектирования ЛИРА и МОНОМАХ.//Строительные материалы. № 6. 1999.
7. В.А. Смирнов, А.С. Городецкий. Строительная механика. Учебник для бакалавров. –М.: Юрайт, 2012.
8. А.С. Городецкий. Организация интегрированных САПР строительных объектов. Вып. НИИАСС. «Система автоматизированного проектирования объектов строительства». –К.:1987.
9. А.С. Городецкий. Возможные перспективы развития программного обеспечения САПР строительных объектов.//Новые технологии в строительстве. /(21)'//. –К.:2011. с. 63-66.
10. А.С. Городецкий, М.С. Барабаш. Концепция интеграции систем автоматизированного проектирования с использованием технологии информационного моделирования.//Новые технологии в строительстве. /(21)'//. –К.:2011. с. 67-70.
11. М.С. Барабаш. Комп'ютерні технології проектування металевих конструкцій: навч. посіб./М.С. Барабаш, С.В. Козлов, Д.В. Медведенко. –К.:НАУ. 2012. –572 с.
12. М.С. Барабаш. Программные комплексы САПФИР и ЛИРА-САПР – основа отечественных ВМ-технологий: монография/ М.С. Барабаш, Д.В. Медведенко, О.И. Палиенко – 2-изд. –М.: Юрайт, 2013 – 366 с – Серия: Магистр.
13. М.С. Барабаш, М.Л. Мартынова, М.В. Лазнюк, Н.И. Пресняков. Современные технологии расчета и проектирования металлических и деревянных конструкций. Курсовое и дипломное проектирование. Исследовательские задачи.: Учебное пособие для студентов высш. учеб. Заведений/Под ред. А.А. Нилова. М.: АСВ, 2008. – 328 с.