

Городецкий Д.А.
Барабаш М.С.
Водопьянов Р.Ю.
Титок В.П.
Артамонова А.Е.

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС

ЛИРА-САПР[®] 2013

Учебное пособие

КИЕВ–МОСКВА 2013

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ЛИРА-САПР® 2013 Учебное пособие

Городецкий Д.А., Барабаш М.С., Водопьянов Р.Ю., Титок В.П., Артамонова А.Е. Под редакцией академика РААСН Городецкого А.С.

– К.–М.: Электронное издание, 2013г., – 376 с.

В книге представлены новые возможности ПК ЛИРА-САПР® 2012 и ПК ЛИРА-САПР® 2013 по сравнению с ПК ЛИРА-САПР® 2011, дано представление об общем функционировании ПК ЛИРА-САПР, изложено описание нового графического интерфейса «ЛЕНТА». Вся информация проиллюстрирована серией обучающих примеров. В приложении приведены учебные программы по освоению ПК ЛИРА-САПР, а также статья Д.В. Медведев «Золотые струны «Лиры» САПР».

Обучающие примеры 1-5 демонстрируют возможности ленточного интерфейса. Пример 6 посвящен заданию АЖТ, капителей, плит различной толщины, пандусов. Кроме того, в примере показано как организовать расчет с учетом последовательности возведения, а также расчет и проектирование плит перекрытия с получением эскизов рабочих чертежей армирования. Пример 7 иллюстрирует возможности для выполнения вариантного проектирования в рамках одной и той же задачи – варьирование размерами сечений, материалами, различными нормативами. Пример 8 показывает возможности расчета и проектирования диафрагм несущих железобетонных стен с выдачей эскизов рабочих чертежей. Примеры предоставляют пользователям возможность освоить задание исходных данных на основе демо-версии.

Книга предназначена широкому кругу читателей – студентам строительных факультетов вузов и университетов, инженерам-проектировщикам, аспирантам и научным работникам.

Рецензент: Д-р техн. наук, профессор А.О. Рассказов.

Оглавление

Общая схема функционирования ПК ЛИРА–САПР®	6
Новые возможности ПК ЛИРА–САПР® 2012 и ПК ЛИРА–САПР® 2013	10
Описание ленточного интерфейса ПК ЛИРА–САПР® 2013	17
Элементы ленточного интерфейса	18
Организация кнопок в панелях ленты	18
Меню Приложения	20
Вкладка Создание и редактирование	24
Вкладка Расширенное редактирование	32
Вкладка Расчет	34
Вкладка Анализ	37
Вкладка Расширенный анализ	41
Вкладка Конструирование	44
Контекстная вкладка Работа с узлами	50
Контекстная вкладка Работа со стержнями	51
Контекстная вкладка Работа с пластинами	53
Панель инструментов Выбор	54
Панель инструментов Вращение	56
Пример 1. Расчет плоской рамы	57
Этап 1. Создание новой задачи	58
Этап 2. Создание геометрической схемы рамы	59
Этап 3. Задание граничных условий	60
Этап 4. Задание вариантов конструирования	62
Этап 5. Задание жесткостных параметров и параметров материалов элементам рамы	62
Этап 6. Задание нагрузок	67
Этап 7. Генерация таблицы РСУ	71
Этап 8. Задание расчетных сечений для ригелей	72
Этап 9. Назначение конструктивных элементов	73
Этап 10. Полный расчет рамы	73
Этап 11. Просмотр и анализ результатов статического расчета	74
Этап 12. Просмотр и анализ результатов армирования	76
Конструирование ригеля железобетонной рамы	77
Этап 13. Вызов чертежа балки	77
Конструирование колонны железобетонной рамы	78
Этап 14. Вызов чертежа колонны	78
Расчетные сочетания усилий	78
Параметры РСУ	79
Коэффициенты РСУ	80
Пример 2. Расчет плиты	82
Этап 1. Создание новой задачи	82
Этап 2. Создание геометрической схемы плиты	83
Этап 3. Задание граничных условий	84
Этап 4. Задание вариантов конструирования	85
Этап 5. Задание жесткостных параметров и параметров материалов элементам плиты	86
Этап 6. Задание нагрузок	92
Этап 7. Генерация таблицы РСУ	94
Этап 8. Полный расчет плиты	95
Этап 9. Просмотр и анализ результатов статического расчета	96
Этап 10. Просмотр и анализ результатов армирования	98
Пример 3. Расчет рамы промышленного здания	99
Этап 1. Создание новой задачи	100
Этап 2. Создание геометрической схемы	100
Этап 3. Задание граничных условий	105
Этап 4. Задание вариантов конструирования	105
Этап 5. Задание жесткостных параметров и параметров материалов элементам рамы	106
Этап 6. Смена типа конечных элементов для элементов фермы	113
Этап 7. Задание нагрузок	114
Задание характеристик для расчета рамы на динамические воздействия	118
Этап 8. Формирование динамических загружений из статических	118

Этап 9. Формирование таблицы параметров динамических воздействий	119
Этап 10. Задание расчетных сечений элементов ригелей	121
Этап 11. Назначение конструктивных элементов	121
Этап 12. Назначение раскреплений в узлах изгибаемых элементов	121
Этап 13. Генерация таблицы РСН	122
Этап 14. Задание параметров для расчета рамы на устойчивость	123
Этап 15. Полный расчет рамы	124
Этап 16. Просмотр и анализ результатов статического и динамического расчетов	124
Этап 17. Просмотр и анализ результатов конструирования	127
Пример 4. Расчет пространственного каркаса здания с фундаментной плитой на упругом основании	129
Этап 1. Создание новой задачи	131
Этап 2. Создание геометрической схемы	131
Этап 3. Задание вариантов конструирования	138
Этап 4. Задание жесткостных параметров и параметров материалов элементам схемы	140
Этап 5. Задание параметров упругого основания	148
Этап 6. Задание граничных условий	149
Этап 7. Задание нагрузок	150
Задание характеристик для расчета рамы на сейсмику	153
Этап 8. Формирование динамических загружений из статических	153
Этап 9. Формирование таблицы параметров динамических воздействий	154
Этап 10. Генерация таблицы РСУ	156
Этап 11. Генерация таблицы РСН	157
Этап 12. Назначение конструктивных элементов	157
Этап 13. Назначение раскреплений в узлах изгибаемых элементов	159
Этап 14. Полный расчет схемы	159
Этап 15. Просмотр и анализ результатов статического и динамического расчетов	160
Этап 16. Просмотр и анализ результатов конструирования	163
Пример 5. Расчет металлической башни	166
Этап 1. Создание новой задачи	167
Этап 2. Создание геометрической схемы	167
Этап 3. Задание граничных условий	170
Этап 4. Задание жесткостных параметров	171
Этап 5. Корректировка схемы	173
Этап 6. Задание нагрузок	177
Задание характеристик для расчета башни на пульсацию ветра	181
Этап 7. Формирование динамических загружений из статических	181
Этап 8. Формирование таблицы параметров динамических воздействий	182
Этап 9. Генерация таблицы РСУ	183
Этап 10. Статический расчет башни	184
Этап 11. Просмотр и анализ результатов расчета	184
Этап 12. Расчет нагрузки на фрагмент	187
Пример 6. Расчет многоэтажного здания с безригельным каркасом и проектирование монолитной железобетонной плиты при помощи систем САПФИР-КОНСТРУКЦИИ и САПФИР-ЖБК	190
Этап 1. Создание нового проекта и настройка его свойств	191
Этап 2. Создание здания, этажа	193
Этап 3. Создание координационных осей	193
Этап 4. Создание колонн	194
Этап 5. Создание стен	196
Этап 6. Задание дверного проема	197
Этап 7. Создание и редактирование плиты перекрытия	197
Этап 8. Копирование этажей	200
Этап 9. Моделирование пандуса	202
Этап 10. Моделирование процесса возведения конструкции (МОНТАЖ)	204
Этап 11. Создание загружений и назначение нагрузок	206
Этап 12. Создание конечно-элементной модели в системе САПФИР-КОНСТРУКЦИИ	209
Этап 13. Задание параметров упругого основания	214
Этап 14. Создание файла для ПК ЛИРА-САПР 2013	214
Этап 15. Импорт расчетной схемы в ПК ЛИРА-САПР	214
Этап 16. Задание вариантов конструирования	215
Этап 17. Задание параметров материалов элементам схемы	215
Этап 18. Редактирование монтажной таблицы	220
Этап 19. Полный расчет схемы	220
Этап 20. Просмотр и анализ результатов статического расчета	221
Этап 21. Просмотр и анализ результатов конструирования	223
Этап 22. Экспорт результатов армирования плит перекрытий в САПФИР	224
Этап 23. Импорт результатов расчета арматуры в систему САПФИР-ЖБК	224

Этап 24. Расположение на схеме участков дополнительного армирования	226
Этап 25. Обрамление отверстия в плите перекрытия	229
Этап 26. Формирование спецификаций арматуры и листа чертежа	231
Пример 7. Расчет пространственного каркаса здания при различных вариантах конструирования железобетонных конструкций	234
Этап 1. Создание новой задачи	234
Этап 2. Создание геометрической схемы	235
Этап 3. Задание вариантов конструирования	237
Этап 4. Задание жесткостных параметров и параметров материалов элементам схемы	239
Этап 5. Задание нагрузок	252
Этап 6. Генерация таблицы РСУ	256
Этап 7. Полный расчет схемы	257
Этап 8. Просмотр и анализ результатов статического расчета	257
Этап 9. Просмотр и анализ результатов конструирования	258
Пример 8. Проектирование монолитной железобетонной диафрагмы при помощи системы САПФИР-ЖБК	262
Этап 1. Минимально необходимые данные для расчета армирования и проектирования диафрагм	264
Этап 2. Импорт результатов армирования	266
Этап 3. Автоматическое проектирование диафрагмы	267
Этап 4. Автоматическое проектирование диафрагмы с отверстием	273
Этап 5. Работа с разрезами диафрагмы	279
Этап 6. Создание узлов армирования	283
Этап 7. Визуализации армирования в 3D	287
Этап 8. Генерация чертежей в автоматическом режиме.	288
Нормативная база	291
ЛИТЕРАТУРА	293
Приложение 1 Золотые струны ЛИРЫ-САПР	294
Приложение 2 Учебные программы	321
УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА по дисциплине: «Компьютерные технологии в проектировании и научных исследованиях»	322
РАБОЧАЯ УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА по дисциплине: «САПР В СТРОИТЕЛЬСТВЕ»	326
РАБОЧАЯ УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА по дисциплине: «Теория сооружений»	329
РАБОЧАЯ УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА по дисциплине: «Современные методы расчета конструкций и автоматизированное проектирование»	332
РАБОЧАЯ УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА по дисциплине: «Компьютерные технологии проектирования конструкций зданий и сооружений»	336
РАБОЧАЯ УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА по дисциплине: «Компьютерные технологии проектирования специальных конструкций зданий и сооружений»	345
РАБОЧАЯ УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА по дисциплине: «Металлические конструкции»	352
РАБОЧАЯ УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА по дисциплине: «Металлы и сварка в строительстве»	358
РАБОЧАЯ УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА по дисциплине: «Строительная механика»	365
РАБОЧАЯ УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА по дисциплине: «Метод конечных элементов и автоматизированные расчеты на прочность»	372
Список литературы к учебным программам	375

Общая схема функционирования ПК ЛИРА–САПР®

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

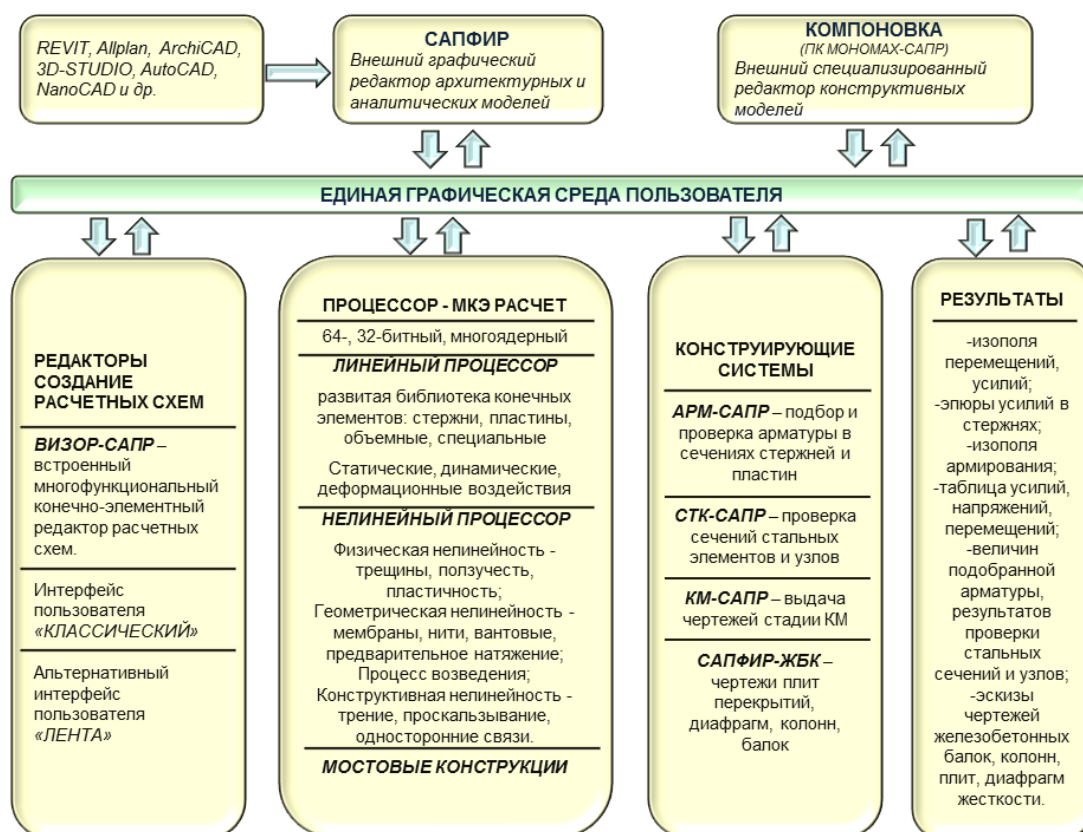
ПК ЛИРА-САПР с успехом применяется в расчетах объектов строительства, машиностроения, мостостроения, атомной энергетики, нефтедобывающей промышленности и во многих других сферах, где актуальны методы строительной механики.

Программные комплексы **семейства ЛИРА** имеют более чем 40-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 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 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» и имущественные права на программный комплекс ЛИРА-САПР® принадлежат компании ЛИРА САПР (см. сайт www.liraland.ru, раздел «Свидетельства и сертификаты» в закладке «Компания»)

Основной графической системой является система **ВИЗОР-САПР**, единая графическая среда, которая располагает обширным набором возможностей и функций для формирования адекватных конечно-элементных и суперэлементных моделей рассчитываемых объектов. **ВИЗОР-САПР** позволяет произвести подробное визуальное обследование созданных моделей и их корректировку, описать физико-механические свойства материалов. В этой же среде задаются связи, разнообразные нагрузки, характеристики различных динамических воздействий, а также назначаются взаимосвязи между различными загрузками с целью определения их наиболее опасных сочетаний.

В составе **ПК ЛИРА-САПР®** имеется архитектурный препроцессор **САФИР – КОНСТРУКЦИИ**, который реализует цепочку **АРХИТЕКТУРНАЯ МОДЕЛЬ – АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ – РАСЧЕТНАЯ СХЕМА**. На основе этого препроцессора пользователь имеет возможность задавать исходную информацию, оперируя конструктивными элементами – плита, диафрагма, колонна, лестница, пандус и др.

Для расчета созданной модели может быть выбран соответствующий расчетный процессор. В состав **ПК ЛИРА-САПР®** входит несколько **РАСЧЕТНЫХ ПРОЦЕССОРОВ**. Все они предназначены для определения напряженно-деформированного состояния (НДС) конструкции на основе метода конечных элементов в перемещениях. Расчетные процессоры реализуют современные усовершенствованные методы решения систем уравнений, обладающие высоким быстродействием и позволяющие решать системы с очень большим числом неизвестных.

ЛИНЕЙНЫЙ ПРОЦЕССОР предназначен для решения задач, описывающих работу материала конструкций в линейно-упругой постановке.

НЕЛИНЕЙНЫЙ процессор позволяет решать задачи, связанные с физической нелинейностью материала в рамках нелинейной теории упругости и в упруго-пластической постановке (бетон, железобетон, сталебетон, металл, грунт). Решение таких задач производится **шаговым** и **шагово-итерационным** методом. **НЕЛИНЕЙНЫЙ** процессор позволяет решать задачи, связанные с геометрической нелинейностью (ванты, большепролетные покрытия, мембраны), а также и с конструктивной нелинейностью (контактные задачи, односторонние связи, трение). В состав библиотеки нелинейных конечных элементов входят также элементы, позволяющие производить одновременный учет физической и геометрической нелинейности. При расчетах нелинейных задач шаговым методом производится автоматический выбор шага нагружения с учетом его истории.

Расчетные процессоры содержат обширную **БИБЛИОТЕКУ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**, которая позволяет создавать адекватные расчетные модели практически без ограничений на описание реальных свойств рассчитываемых объектов. При этом возможны задание линейных и нелинейных законов деформирования материалов, учет геометрической нелинейности с нахождением формы изначально изменяемых систем, а также учет конструктивной нелинейности. Допускается наличие абсолютно жестких вставок, как в стержневых, так и в плоскостных конечных элементах. Реализованы законы деформирования различных классов железобетона.

Вспомогательные расчетные процессоры позволяют проводить дальнейшие исследования расчетной модели по результатам основного расчета.

Система **РСУ** позволяет произвести выбор наиболее опасных сочетаний усилий по критерию экстремальных напряжений и в соответствии с нормативными требованиями многих стран.

Система **РСН** позволяет определить перемещения, усилия и напряжения от стандартных и произвольных линейных комбинаций нагружений. Под стандартными линейными комбинациями подразумеваются комбинации (сочетания), которые установлены нормативными документами.

Система **УСТОЙЧИВОСТЬ** дает возможность произвести проверку общей устойчивости рассчитываемого сооружения с определением коэффициента запаса и формы потери устойчивости.

Система **ЛИТЕРА** реализует вычисление главных и эквивалентных напряжений по различным теориям прочности.

Система **ФРАГМЕНТ** позволяет определить силы воздействия одного фрагмента рассчитываемого сооружения на другой как нагрузку. В частности, могут быть определены нагрузки, передаваемые наземной частью расчетной схемы на фундаменты.

Процессор **Вариации моделей** предоставляет возможность комбинировать результаты расчета топологически идентичных расчетных схем, варьируя граничные условия, жесткостные характеристики, параметры упругого основания, жесткости узлов и т.п.

Возможности системы **ВИЗОР-САПР**, предоставляемые при отображении результатов расчета, позволяют произвести детальный анализ напряженно-деформированного состояния модели по изополям перемещений и напряжений, по эпюрам усилий и прогибов, по мозаикам разрушения элементов, по главным и эквивалентным напряжениям, по формам потери устойчивости, по анимации колебаний конструкции и по многим другим параметрам.

ВИЗОР-САПР дает исчерпывающую информацию по всему объекту и по его элементам и предоставляет возможность визуализации схемы и ее напряженно-деформированного состояния в графике OpenGL.

Системы **КС-САПР** и **КТС-САПР** (Конструкторы стандартных и тонкостенных сечений) представляют собою специализированные графические среды для формирования сечений произвольной конфигурации. Эти системы снабжены процессорами для вычисления осевых, изгибных, крутильных и сдвиговых характеристик. Вычисляются также секториальные характеристики сечений, координаты центров изгиба и кручения, моменты сопротивления и определяется форма ядра сечения. При наличии усилий в заданном сечении производится отображение картины распределения текущих, главных и эквивалентных напряжений, соответствующих различным теориям прочности, отображаются эпюры секториальных характеристик.

После проведения основных и вспомогательных расчетов **ПК ЛИРА-САПР®** предоставляет возможность произвести конструирование стальных и железобетонных элементов рассчитываемого объекта.

Конструирующая система **АРМ-САПР** реализует подбор площадей сечения арматуры колонн, балок, плит и оболочек по первому и второму предельным состояниям в соответствии с нормативами стран СНГ, Европы и США. Существует возможность задания произвольных характеристик бетона и арматуры, что имеет большое значение при расчетах, связанных с реконструкцией сооружений. Система позволяет объединять несколько однотипных элементов в конструктивный элемент, что позволяет производить увязку арматуры по длине всего конструктивного элемента. Система может функционировать в локальном режиме (**ЛАРМ-САПР**), осуществляя как подбор арматуры, так и проверку заданного армирования для одного элемента. По результатам расчета формируются чертежи балок и колонн, а так же производится создание dxf-файлов чертежей.

Конструирующая система **СТК-САПР** работает в двух режимах – подбора сечений элементов стальных конструкций, таких как фермы, колонны и балки, и проверки заданных сечений в соответствии с нормативами стран СНГ, Европы и США. Допускается объединение нескольких однотипных элементов в конструктивный элемент. Система может функционировать в локальном режиме, позволяя проверить несколько вариантов при конструировании требуемого элемента.

Система **РС-САПР**, которая информационно связана с системой **СТК-САПР**, позволяет производить редактирование используемой сортаментной базы прокатных и сварных профилей.

Формирование отчетов по результатам работы с комплексом производится с помощью системы **ДОКУМЕНТАТОР**. Эта система позволяет представить всю полученную информацию, как в табличном, так и в графическом виде. Табличный и графический разделы необходимой для отчета информации могут быть размещены совместно на специально организуемых для этой цели листах и снабжены комментариями и подписями. Кроме того, табличная информация может быть передана в **Microsoft Excel**, а графическая – в **Microsoft Word**. Реализован вывод таблиц в формате **HTML**, а также в специальном формате, позволяющем вести дальнейшую работу с таблицами в программе **Дизайнер таблиц**.

На базе **ПК ЛИРА-САПР** разработаны **расчетно-графические системы**:

МОНТАЖ-плюс - реализует моделирование работы сооружения в процессе возведения при многократном изменении расчетной схемы. Эта система позволяет также проводить компьютерное моделирование возведения высотных зданий из монолитного железобетона с учетом изменений жесткости и прочности бетона, вызванных временным замораживанием уложенной смеси и другими факторами.

МОСТ – позволяет произвести построение поверхностей и линий влияния в мостовых сооружениях от подвижной нагрузки.

ДИНАМИКА-плюс – реализует метод прямого интегрирования уравнений движения по времени, что позволяет производить компьютерное моделирование вынужденных колебаний физически и геометрически нелинейных систем.

КМ-САПР – позволяет по данным расчета стальных конструкций (элементов и узлов) получить полный комплект чертежей КМ в среде AutoCAD: монтажные схемы с маркировкой элементов и узлов, ведомости элементов, чертежи узлов с трехмерной визуализацией, а также их спецификации.

САФИР-ЖБК – позволяет по результатам подобранной арматуры в плитах перекрытий и диафрагмах в автоматизированном режиме получать рабочие чертежи армирования плит и диафрагм (раскладка арматуры, спецификации, ведомости деталей и др.).

ГРУНТ – реализует построение трехмерной модели грунтового массива по данным инженерно-геологических изысканий (положение и характеристики скважин), а также определение коэффициентов постели в каждой точке проектируемой фундаментной плиты.

ПК ЛИРА-САПР® поддерживает информационную связь с такими системами как **REVIT, AutoCAD, ArchiCAD, Allplan, BOCAD, Advance Steel**, а также **STARK ES** (технология расчета по двум независимым программам), **ПК МОНОМАХ, КАЛИПСО** и **ФОК-ПК** на основе DXF и MDB файлов.

ПК ЛИРА-САПР® позволяет вести общение со всеми системами комплекса на **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.

Состав разработчиков программных комплексов семейства ЛИРА (ПК ЛИРА-САПР, ПК МОНОМАХ-САПР, ПК САПФИР, ПК ЭСПРИ):

докт. техн. наук, проф., научный руководитель: Городецкий Александр;

канд. техн. наук: Барабаш Мария, Городецкий Дмитрий, Максименко Валерий, Рассказов Андрей, Рождественский Василий, Стрелец-Стрелецкий Евгений, Харченко Николай.

инженеры: Артамонова Александра, Батрак Лариса, Боговис Виталий, Бойченко Виталий, Буфиус Ольга, Водопьянов Роман, Гасанов Амар, Гензерский Юрий, Журавлев Алексей, Киевская Екатерина, Колесникова Елена, Крашевский Андрей, Лазарев Александр, Литвиненко Сергей, Маснуха Александр, Медведенко Дмитрий, Мельников Алексей, Пикуль Анатолий, Ромашкина Марина, Сидорак Дмитрий, Стотланд Инга, Титок Виктор, Торбенко Елена, Филоненко Юрий, Франтов Павел, Шелудько Валентина, Шут Александр, Юсипенко Светлана.

Новые возможности ПК ЛИРА–САПР® 2012 и ПК ЛИРА–САПР® 2013

Для более полного представления о возможностях программного комплекса ЛИРА–САПР® 2013 вначале приведем новые возможности ПК ЛИРА–САПР® 2012:

1. САПФИР – КОНСТРУКЦИИ

- 1.1. Автоматическая генерация абсолютно жестких тел.
- 1.2. Параметрическое задание капителей с автоматической генерацией соответствующих конечно–элементных моделей.
- 1.3. Возможность задания участков плиты различной толщины с автоматической генерацией соответствующих конечно–элементных моделей.
- 1.4. Моделирование последовательности возведения конструкций (МОНТАЖ).
- 1.5. Удобный инструментарий задания произвольных поверхностей (пандусов, лестничных маршей, наклонных элементов, куполов, арочных элементов).
- 1.6. Прямая передача расчетной схемы из САПФИР–КОНСТРУКЦИИ в ВИЗОР–САПР на основе нового формата файла.

2. Единая графическая среда пользователя ВИЗОР–САПР

- 2.1. Новый альтернативный вид пользовательского интерфейса «ЛЕНТА».
ЛЕНТА, МЕНЮ и ПАНЕЛИ ИНСТРУМЕНТОВ могут быть настроены пользователем. Новый ЛЕНТОЧНЫЙ интерфейс повышает интуитивность создания, редактирования и анализа задач. Сохраняется возможность работы в классическом лировском интерфейсе.
- 2.2. Усовершенствован дизайн всех графических элементов пользовательского интерфейса. Новые графические элементы имеют стандартное и укрупненное представление и стали более выразительны. Сохранены смысловые образы основных пиктограмм.
- 2.3. Значительно ускорена отрисовка расчетных схем.
- 2.4. Улучшено качество отображения схем. Добавлен новый вид трехмерной проекции, который не искажает схему.
- 2.5. При смене режимов сохраняется отображение расчетных схем (фрагментация, флаги рисования и др.).

3. Процессор

- 3.1. Реализованы новые процедуры вычисления РСУ и РСН. Процедура РСУ реализована на новых принципах, обладает большими функциональными возможностями (учтены различные требования к РСУ для стальных и железобетонных конструкций) и большим быстродействием, особенно для пластинчатых элементов.
- 3.2. Реализован расчет на сейсмические воздействия в соответствии с нормативами Грузии (ПН 01.01.–09).

4. Система СТК – САПР

- 4.1. Реализован расчет составных сечений (20 типов) по СП 16.13330.2011.

5. Новая конструирующая система САПФИР – ЖБК

5.1. САПФИР – ЖБК позволяет выполнить конструирование и получить рабочие чертежи армирования, спецификацию арматуры, ведомость расхода стали и ведомость деталей для плиты перекрытия. Конструирование осуществляется в автоматизированном режиме интерактивными графическими методами на основе результатов расчета армирования, выполненного в ПК ЛИРА–САПР® 2012. Визуализируются изополя и мозаики площади арматуры, направление стержней. Обозначается основное (фоновое) армирование и участки раскладки стержней дополнительной арматуры с указанием их параметров, привязки и примечаний, расчет длины анкеровки и учет перерасхода на перехлест.

Программный комплекс ЛИРА–САПР® 2013 является современной версией программных комплексов семейства ЛИРА.

Новые возможности и функции ЛИРА-САПР® 2013:

ВИЗОР-САПР

Разработан вариант *ВИЗОР-САПР* для 64-хразрядных операционных систем, использующий для работы программы всю доступную оперативную память, превышающую 3 Гб, а также позволяющий работать со схемами размерностью более 1 млн. конечных элементов.

Существенно упрощена работа пользователя с визуальным представлением расчетных схем в окне программы. Реализована возможность вращения, зуммирования, панорамирования изображений с использованием мыши. Вращение схемы без искажения может выполняться с помощью движения мыши при нажатой правой клавише. Дополнительно, удерживая клавишу ALT и указав курсором на узел схемы, можно выполнять вращение вокруг этого узла. Удерживая клавишу SHIFT, можно перейти в режим ПАНОРАМЫ, а удерживая клавишу CTRL - в режим ZOOM (увеличить/уменьшить).

Разработан новый *Редактор загружений*, который расширяет возможности для их создания и редактирования, упрощает процедуры формирования PCY и PCN, повышает удобство работы с монтажными и послемонтажными загружениями. Диалог *Редактирование загружений* предоставляет следующие возможности:

- задавать имя и вид каждого загружения, для использования в дальнейшем при создании таблиц PCY и PCN;
- добавлять новое загружение в конец или вставлять в любую позицию списка загружений;
- удалять любое загружение;
- менять загружения местами (упорядочивать список).

Внимание! Любая из вышеперечисленных операций приводит к автоматической регенерации всех существующих таблиц, связанных с номерами загружений, таких как таблицы PCN, PCY, таблица динамических загружений, таблица учета статических загружений, таблицы нелинейных и монтажных загружений и т.п.

Диалог *Редактирование загружений* дает полную информацию об истории загружений, их виде и типе, количестве и характеристиках приложенных нагрузок и т.п.

Расширены возможности формирования расчетных сочетаний нагрузок (PCN), допустимое количество увеличено до 1000 сочетаний.

Дополнена выводимая информация по результатам нелинейного расчета, добавлена подробная информация о параметрах трещин в железобетонных *стержнях* и *пластинах*.

Реализован пакетный запуск задач на расчет.

Добавлена возможность использовать препроцессор САФИР-КОНСТРУКЦИИ в качестве средства создания нового фрагмента лировской расчетной схемы.

Реализована автоматическая смена вида курсора в зависимости от текущего режима работы со схемой. Это повышает наглядность работы, обеспечивая пользователю дополнительную идентификацию выбранного режима и выполняемых действий.

Добавлена возможность включать/исключать визуализацию объектов схемы (узлов и элементов), а также отображение на схеме нагрузок по их виду (см. новую закладку во флагах рисования).

Реализована операция возврата на предшествующее состояние фрагментации схемы.

Расширена возможность настраивать стиль, размер и цвет шрифтов для различных видов выводимой информации (более 10 новых настраиваемых наборов).

Введена автоматическая активация диалоговых окон при наведении на них курсора.

Расширена функциональность при отметке узлов и элементов:

- инверсная отметка объектов схемы дополнена возможностью только отмечать (удерживая CTRL) или только снимать отметку (удерживая SHIFT);
- добавлена возможность отмечать все узлы и элементы, лежащие на одной строительной отметке или принадлежащие одной строительной оси, указывая на эту отметку/ось курсором;
- введен опциональный режим видимости отмеченных узлов и элементов, скрытых вышележащими объектами расчетной схемы (см. новую опцию во флагах рисования);
- реализовано восстановление предшествующего состояния отметки узлов и элементов схемы после отмены выделения.

Введены новые сервисные функции при задании исходных данных:

- выделение вновь созданных объектов (узлов и элементов) цветом, возможность их автоматической отметки (см. новую опцию во флагах рисования);

- выделение узлов и элементов, изменивших свои свойства вследствие произведенной над ними операции, посредством укрупнения узлов или утолщения линий, визуализирующих эти элементы.

Все диалоги задания свойств объектов расчетной схемы, работающие со списками, получили опцию *Список для фрагмента*, что значительно облегчает работу во фрагменте. Кроме этого, теперь все списки *Полифильтра* автоматически реагируют на фрагментацию/восстановление схемы.

Жесткие вставки для стержней теперь можно задавать как в локальной, так и в глобальной системе координат.

При задании трапецевидной нагрузки на стержень, в случае ее приложения на всю длину, нагрузку можно связать с длиной стержня, не задавая ее привязки.

Модифицированы диалоги задания объединений перемещений и абсолютно жестких тел, расширена их функциональность.

Значительно расширены возможности операции *Копирования загружений* - теперь пользователь при копировании может указывать только элементы определенного типа, а также только нагрузки определенного вида и направления с заданным коэффициентом преобразования. Дополнена функциональность операции *Задание собственного веса*. Для элементов с различными типами жесткостей собственный вес может задаваться с соответствующими коэффициентами надежности по нагрузке. В случае изменения жесткостных характеристик элементов предусмотрено автоматическое обновление их собственного веса.

Списки нагрузок в *Полифильтре* и диалоге задания нагрузок автоматически сортируются по виду нагрузки и ее интенсивности.

Расширены возможности визуального представления результатов для стержневых элементов в виде мозаик. Толщина линии мозаики, проходящей вдоль стержня, может теперь задаваться пользователем, что бывает необходимо для вывода читаемых изображений на цветной принтер. Мозаики на стержневых элементах могут быть представлены в двух режимах: равномерное увеличение толщины линий, а также неравномерное, когда не только интенсивность цвета, но и толщина линии мозаики пропорциональны значению выводимого параметра (см. новую закладку во флагах рисования).

Расширены возможности нанесения значений на эпюрах усилий для стержневых элементов. Теперь пользователь может получить эпюры в трех вариантах:

- подробно (выводятся все значения в каждом расчетном сечении, без наложения значений друг на друга);
- выводится только одно (большее по модулю) значение на концах элементов, к которым примыкают другие стержневые элементы со своими значениями;
- выводятся только экстремальные значения для непрерывных последовательных групп (цепочек) стержневых элементов.

Оптимизирована шкала результатов армирования. Введена опция *По умолчанию*, которая работает независимо от опций *Обновлять шкалу во фрагменте* и *Обновлять шкалу в режиме Увеличить*. Реализована реакция на смену единиц измерения для армирования.

В диалоге *Информация об элементе* добавлены новые закладки:

- результаты работы подбора и проверки стальных сечений;
- информация о стержнях с переменной по длине жесткостью для каждого расчетного сечения.

МКЭ-процессор

Продолжается наращивание наукоемкости программного комплекса. В предыдущей версии были реализованы улучшенный алгоритм расчета на динамические воздействия по акселерограммам, новая инженерная нелинейность, ряд новых конечных элементов.

В этой версии:

Реализована более эффективная методика расчета на устойчивость:

- теперь можно задавать произвольное количество форм потери устойчивости (больше 3-х);
- добавлена возможность поиска форм с коэффициентами запаса устойчивости в заданном диапазоне (например, пользователя интересуют все формы с коэффициентами запаса от 0 до 2.5);
- добавлена возможность поиска форм потери устойчивости с отрицательным коэффициентом запаса устойчивости для поиска слабых мест конструкций при смене знака усилий. Актуально для конструкций в состоянии невесомости (например системы развертывания спутников в космосе);
- параметры чувствительности теперь вычисляются для каждой формы (а не только для 1-й);

- в ряде случаев при расчете на устойчивость таких конструкций как мачтово-вантовые системы, мембраны с гибким контуром и др., новая методика может давать результаты, более соответствующие реальной работе конструкции.

Реализована процедура определения параметров НДС для сечения железобетонного стержня – положение нейтральной оси; эпюра сжатого бетона; глубина, ширина и расстояние между трещинами. Для пластинчатых элементов в верхнем и нижнем слоях определяется направление трещин, расстояние между ними, глубина и ширина раскрытия.

Реализована инженерная нелинейность для ВСЕХ норм по железобетону (СНиП 2.03.01-84*; ТСН 102-00*; ДСТУ 3760-98; СНиП 52-01-2003; EUROCODE2; ТКП/ОР 45-5-03-...200; ДБН В.2.6-98.2009; СП 63.13330.2012).

АРМ-САПР

Реализован расчет железобетонных конструкций по нормам СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции. (актуализированная редакция СНиП 52-01-2003)». Основные отличия от СП 52-01-2003 – расчет поперечной арматуры для внецентренно сжатых и растянутых стержневых элементов, подбор арматуры для пластинчатых элементов, реализация расчета элементов из высокопрочных бетонов.

Реализован подбор арматуры с использованием всех преимуществ характерных для 64-х разрядных операционных систем.

Для локального режима армирования добавлен подбор арматуры для стержней с переменными по длине сечениями. Появилась возможность передачи пояснительной записки в формат программы Microsoft Word.

Добавлена возможность экспорта результатов подбора арматуры в программу Allplan.

Реализовано конструирование круглых колонн.

Грунт

Значительно ускорен расчет коэффициентов постели C1, C2 в системе ГРУНТ в ПК ЛИРА-САПР® 2013 за счет использования многопоточности, доступной в современных многоядерных и многопроцессорных компьютерах.

Дополнительного ускорения расчета C1, C2, можно добиться, используя новую возможность объединения близких по величине нагрузок. Такой прием делает расчет C1, C2 еще на порядок быстрее.

Еще больше ускорить расчет можно, уменьшив количество точек, в которых вычисляются коэффициенты C1, C2. Теперь вычисление можно выполнять не только в центре каждого конечного элемента, но и в узлах разряженной прямоугольной сети, шаг которой выбирает пользователь. C1, C2 в конечных элементах в этом случае получается интерполяцией.

Реализована возможность вычисления C1, C2 для фундаментных плит на свайном основании.

Реализована процедура определения осадок существующих сооружений близко расположенных от строящегося здания. Все объекты могут иметь произвольные контуры в плане, различные отметки подошв фундаментов, различные конструкции основания – свайное, естественное, комбинированное (релиз июнь-июль 2013).

Новая возможность сохранения результатов расчета позволяет не терять изополя осадок, C1, C2 и др. при закрытии и последующем открытии файла модели грунта.

СТК-САПР

В предыдущих версиях ЛИРА-САПР был реализован расчет сложных и составных сечений (более 50 типов) на основе СНиП II-23-81* (СП 16.13330.2011).

В этой версии конструирующей системы СТК-САПР реализован расчет также и узлов стальных конструкций по Актуализированной редакции СНиП II-23-81* (СП 16.13330.2011). Теперь все сечения и узлы в СТК-САПР можно рассчитывать как по СНиП, так и по СП. Перечень узлов СТК-САПР включает:

- узлы ферм из уголков (8 узлов);
 - примыкание второстепенной балки (4 узла);
 - стык балок: на накладках со сваркой, на накладках на болтах, на фланцах (7 узлов);
 - примыкания балки к колонне: жесткие, шарнирные и фланцевые (12 узлов);
 - стык колонн на высокопрочных болтах;
 - примыкание угловых связей (3 узла);
 - шарнирные и жесткие базы колонн (10 узлов);
- всего 45 узлов.

В расчете стальных узлов предусмотрена возможность, как проверки, так и подбора элементов, составляющих узел.

Результатом расчета узла является отчет, в котором указаны проценты использования прочности/устойчивости каждого элемента, составляющего узел, что дает полную картину его работы и позволяет смоделировать узел оптимально. Уникальной особенностью расчета узлов в СТК-САПР является то, что для каждого приведенного в отчете числа можно отследить, как оно было получено, используя инновационную технологию открытого расчета трассировку. Технология трассировки расчета позволяет просмотреть весь алгоритм нахождения каждого процента использования, просмотреть все формулы как в символьном, так и в цифровом виде с необходимыми пояснениями и гиперссылками, что позволяет полностью восстановить предпосылки и ход расчета узла. В отличие от других программ, где результатом расчета узла является вывод "проходит или не проходит" или выдаются невнятные рекомендации, в системе СТК-САПР пользователь на основе выдаваемой информации самостоятельно может сделать вывод, какой элемент узла надо усилить или заменить тип узла.

Узел, рассчитанный в СТК-САПР имеет свое графическое отображение в среде программы КМ-САПР, которая является надстройкой над AutoCAD, что позволяет, при необходимости, подключить весь арсенал возможностей, предоставляемых данной графической системой.

КМ-САПР выполняет построение пространственной модели рассчитанного узла и всех необходимых чертежей, что позволяет визуально оценить результаты расчета, а также использовать данную модель узла при подготовке чертежей стадии КМ.

САПФИР-КОНСТРУКЦИИ

Реализована 64-х разрядная версия программы

Реализованы режимы ручного и *автоматического «выравнивания»* аналитической модели для объектов «плита», «стена» и «проем» при неизменной физической модели.

Добавлена возможность *отсечения плоскостью общего положения* физических и аналитических моделей стен, перекрытий, балок, колонн и др.

Разработан *Полифильтр* для выделения объектов по совокупности параметров: тип, материал, сечение, марка и др.

Редактирование параметров элементов: текст, штриховка, размер, полилиния на чертеже. Возможность группового редактирования параметров объектов на чертежах.

Для видов документирования помещенных на чертеж, добавлена возможность «рассыпать» их на элементарные примитивы, с возможностью их дальнейшего редактирования на чертеже.

Добавлена возможность задания масштаба для значений размеров на чертеже.

Добавлена возможность задания масштаба текстуры для штриховки на чертеже.

Реализована возможность задания пользовательского типа и веса линий.

Библиотека пользовательских типов линий представлена в виде редактируемых файлов. Вес линии задает толщину линии, зависящую от масштаба вида.

Для объектов полилиния и балка реализован механизм разделения объекта на фрагменты и слияние фрагментов в единый объект.

Для стен реализован механизм слияния отдельных фрагментов в единую стену.

Реализован строчный формульный калькулятор в диалоге ввода координат.

САПФИР-ЖБК

Функциональные возможности подсистемы САПФИР-ЖБК существенно расширены. Разработаны новые диалоговые инструменты, благодаря которым, теперь можно осуществлять конструирование не только плит перекрытий, но и диафрагм жёсткости – несущих железобетонных стен.

Как и ранее для плит, для диафрагм можно импортировать результаты прочностного расчёта и подбора арматуры, выполненного в ПК ЛИРА-САПР. Специальные режимы визуализации позволяют увидеть результаты в трёхмерном пространстве проектируемого здания в виде *мозаики совместно с изображением конструктивных элементов*. Пользователь управляет цветовой шкалой, контролирует режимы визуализации и направление стержней.

Пользователь может выделять вертикальные плети геометрически идентичных стен, назначать диафрагмам со сходными характеристиками армирования одинаковые марки (выполнять унификацию в автоматизированном режиме).

Для каждой марки диафрагмы выполняется 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, по которой выполняется дальнейшее конструирование.

В пределах каждой диафрагмы может быть выделено несколько зон размещения арматурных стержней, каждая из которых характеризуется определённым диаметром, шагом размещения и формой стержней.

Предусмотрена возможность армирования также отдельными стержнями различной формы.

Конструирование выполняется в автоматизированном режиме с возможностью ручного редактирования диаметра, шага, привязки и величины отгиба арматурных стержней. Предусматриваются арматурные выпуски, в том числе, в разбежку.

Программа обеспечивает контроль необходимой площади арматуры, визуализирует участки, где армирование недостаточно, подсвечивает мозаику недоармирования в соответствии с текущей шкалой.

На схеме армирования диафрагмы автоматически обозначаются контуры проёмов, линии примыкания других диафрагм, швы бетонирования на стыке с плитами перекрытий, наносятся основные размеры.

Для обрамления отверстий и усиления краёв предусмотрен инструмент, позволяющий решить эти задачи несколькими щелчками мыши. При этом имеется возможность гибкой доводки результатов вручную.

Гибкий контроль конструктивных требований обеспечивается многочисленными опциями и настройками. Зоны армирования и отдельные стержни обозначаются выносками. Доступен инструмент нанесения дополнительных размеров и обозначений в ручном и автоматизированном режимах.

Для повышения наглядности схем и чертежей армирования цвет и вес линий, обозначающих арматурные стержни, может зависеть от диаметра. Также предусмотрен режим визуализации арматуры «в теле» на разрезах и в 3D. Опционно диаметр стержней может отображаться в текущем масштабе.

Инструмент *Разрез/сечение* на развёртке диафрагмы позволяет задать положение секущей плоскости и получить вертикальные и горизонтальные разрезы, в заданном масштабе отражающие расположение арматуры. На разрезах доступны функции графического редактирования, позволяющие изменить положение (привязку) и размеры зон армирования и арматурных деталей.

Инструмент *Арматурные детали* позволяет размещать прямые, Г-образные и П-образные стержни (по одному или с повторением) в плитах перекрытий и в диафрагмах жёсткости, в частности, в узлах стыковки. Он же обеспечивает *обрамление отверстий* в плитах и диафрагмах, усиление краёв и стыков Ж/Б элементов.

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.

В новой версии существенно повышена графическая выразительность чертежей. На чертежах армирования можно применить линии различных типов, в том числе, созданных пользователем. Вес линий определяет печатаемую толщину согласно масштабу вида по таблице, управляемой пользователем. Отдельное диалоговое окно позволяет выполнить настройку цвета и веса линий в соответствии с диаметром арматуры.

Армирование диафрагм можно увидеть *на плане и в 3D виде*. На плане и в 3D можно указывать арматурные стержни с помощью мыши и выделять зоны армирования и группы деталей для контроля их свойств и редактирования параметров (индивидуального и группового).

Узлы стыковки диафрагм обозначаются на плане. Узел в укрупнённом масштабе представляется в отдельном виде, где его можно графически редактировать: разместить арматурные детали, нанести необходимые обозначения, надписи и размеры, установить границы отсечения видимой области. Все изменения, вносимые на чертеже узла, автоматически учитываются в других видах и спецификациях диафрагм. Вид узла можно поместить на лист чертежа. Масштаб любого вида можно скорректировать, как до, так и после размещения на листе чертежа.

Работая с планом этажа в режиме армирования, можно получить общую спецификацию арматуры на все диафрагмы этажа. Опционно стержни малых диаметров могут быть представлены как погонаж с учётом перерасхода на нахлест.

Справочная система расширена и дополнена. Добавлен целый ряд других эффективных функций, реализующих многочисленные пожелания пользователей и рекомендации экспертов.

Приведенные в учебном пособии обучающие примеры демонстрируют возможности ленточного интерфейса (пример 1-5), возможности препроцессора САПФИР-КОНСТРУКЦИИ (пример 6) и

возможности вариантного проектирования (пример 7 – после выполнения статического расчета и определения РСУ и РСН пользователь может в одной задаче провести вариантное проектирование: варьировать размерами сечений, материалами, различными нормативами). Возможности подсистемы САПФИР-ЖБК по автоматизированному расчету и проектированию плит перекрытий и диафрагм (несущих железобетонных стен) с выдачей эскизов рабочих чертежей армирования представлены в примерах 6 и 8.

Описание ленточного интерфейса ПК ЛИРА-САПР® 2013

Данный вид интерфейса появляется при первоначальной загрузке ВИЗОР-САПР, если он был выбран при установке программы на компьютер.

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.

Лента разделена такими вкладками:

- Создание и редактирование;
- Расширенное редактирование;
- Расчет;
- Анализ;
- Расширенный анализ;
- Конструирование.

При выборе определенного типа объекта или выполнении некоторых команд вместо инструментальной панели или диалогового окна 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**.

При выделении объектов активируются такие 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:

- Редактор контуров;
- Пространственная модель (3D графика);
- Триангуляция.

Кроме вышеупомянутых вкладок при выбранном стиле **Лента** активированы также две панели инструментов:

- панель инструментов **Выбор**;
- панель инструментов **Вращение**.

Элементы ленточного интерфейса

Ленточный интерфейс ПК ЛИРА-САПР® 2012 состоит из следующих пунктов:

Вкладка (рис.1) - элемент графического интерфейса пользователя, который позволяет в одном окне приложения переключение 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.

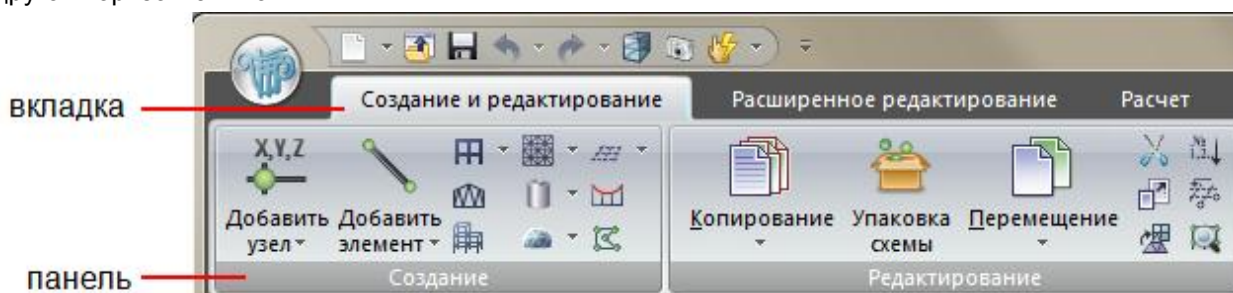


Рис.1. Вкладки и панели ленты

Контекстные вкладки ленты (рис.2) – при выборе определенного типа объекта или выполнении некоторых команд вместо инструментальной панели или диалогового окна выводится особая контекстная вкладка ленты. Контекстная вкладка закрывается по завершении работы с объектами и снятии с них выделения.

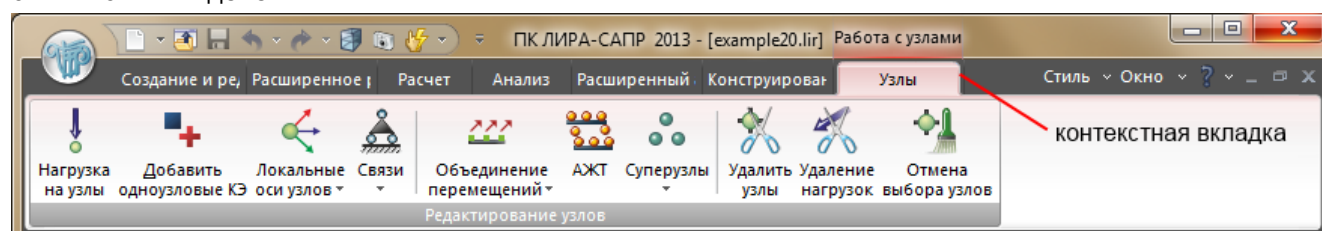


Рис.2. Контекстная вкладка ленты Работа с узлами

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.

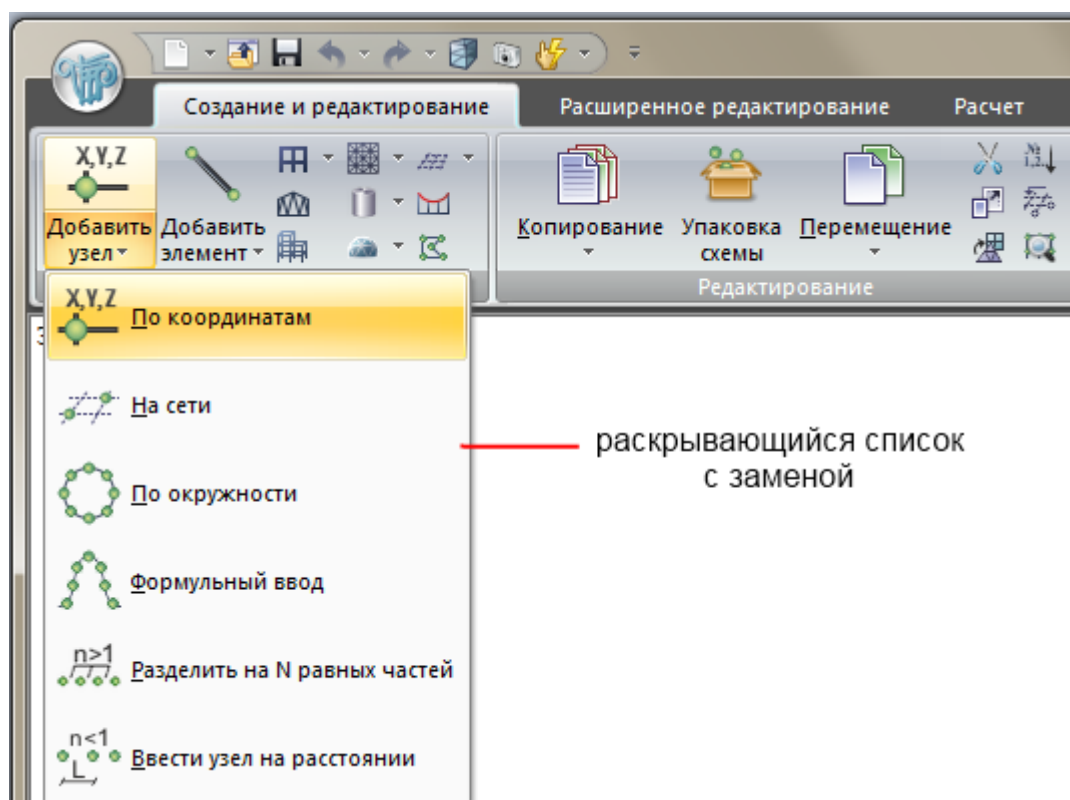


Рис.3. Организация работы кнопок в панелях ленты

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

Существует несколько возможных способов работы раскрывающегося списка

Раскрывающийся список с заменой - раскрывающийся список настроен как кнопка разделения, главная кнопка отображает последнюю использованную 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.

Раскрывающийся список без команды по умолчанию – раскрывающийся список не настроен как кнопка разделения и щелчок по главной кнопке всегда приводит к открытию 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.

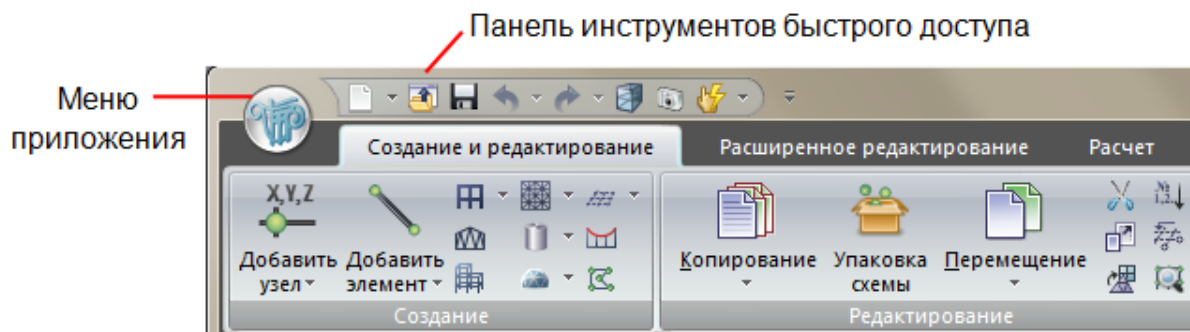


Рис.4. Панель инструментов быстрого доступа

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.

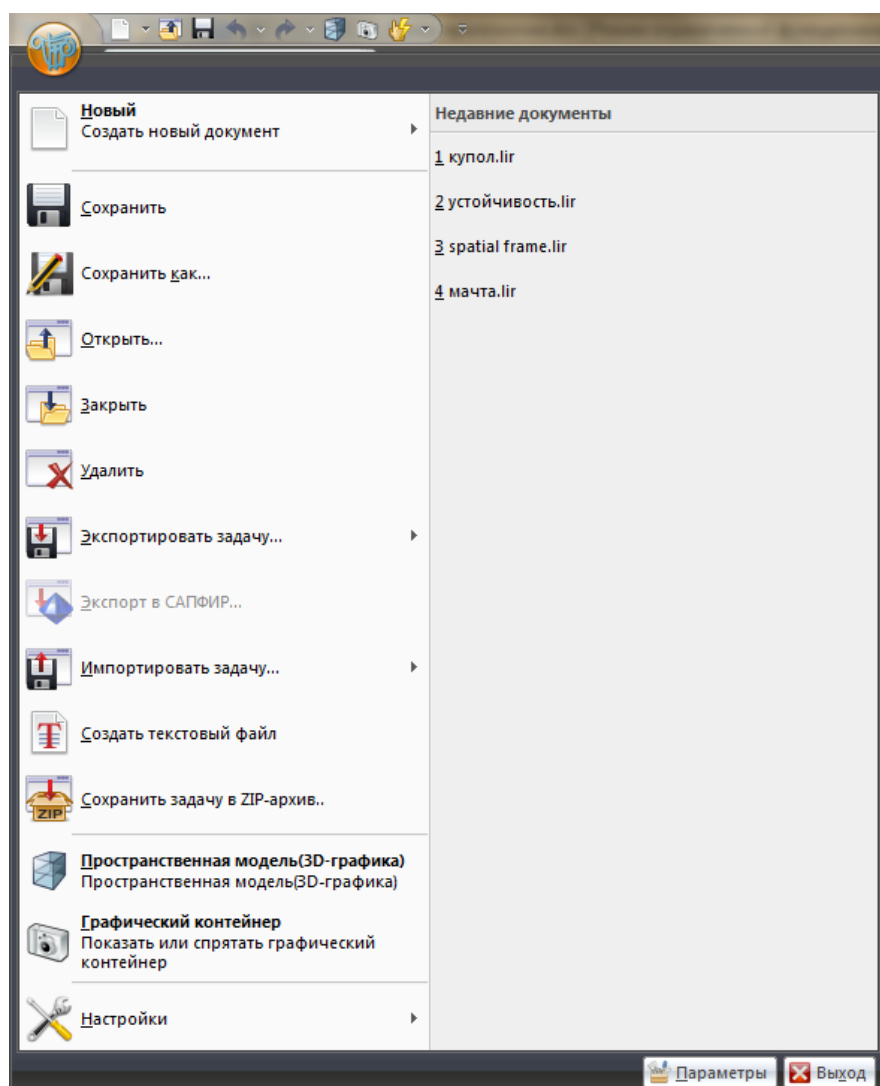


Рис.5. Развернутое Меню приложения

Строка состояния (рис.6) - это панель в нижней части окна, предназначенная для вывода подсказок к пунктам меню, индикации элементов, а также содержащая блоки по загрузкам расчетной схемы, загрузкам анализа (во вкладках анализа результатов) и блок по конструированию.

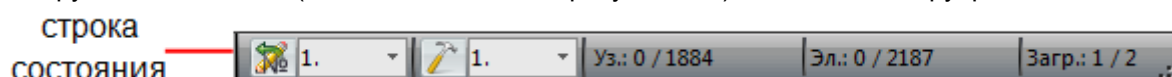


Рис.6. Строка состояния

Меню Приложения

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

Для управления задачами в целом применяются команды собранные в меню приложения. Меню состоит из двух панелей, в левой панели отображаются группы команд для работы с файлами, а в правой панели – список команд, содержащихся в выделенной группе команд. В нижней области меню расположена кнопка Параметры для настройки приложения и **Выход** из ПК ЛИРА-САПР® 2013.

Меню приложения содержит следующие группы команд:

Новый (рис.7) – группа команд для создания файла новой задачи

- Первый признак схемы - две степени свободы в узле (перемещения X, Z) XOZ;
- Второй признак схемы – три степени свободы в узле (перемещения X, Z, Uy) XOZ;

- Третий признак схемы – три степени свободы в узле (Z,Ux,Uy) XOY;
- Четвертый признак схемы – три степени свободы в узле (X,Y,Z);
- Пятый признак схемы – шесть степеней свободы в узле (X,Y,Z,Ux,Uy,Uz).

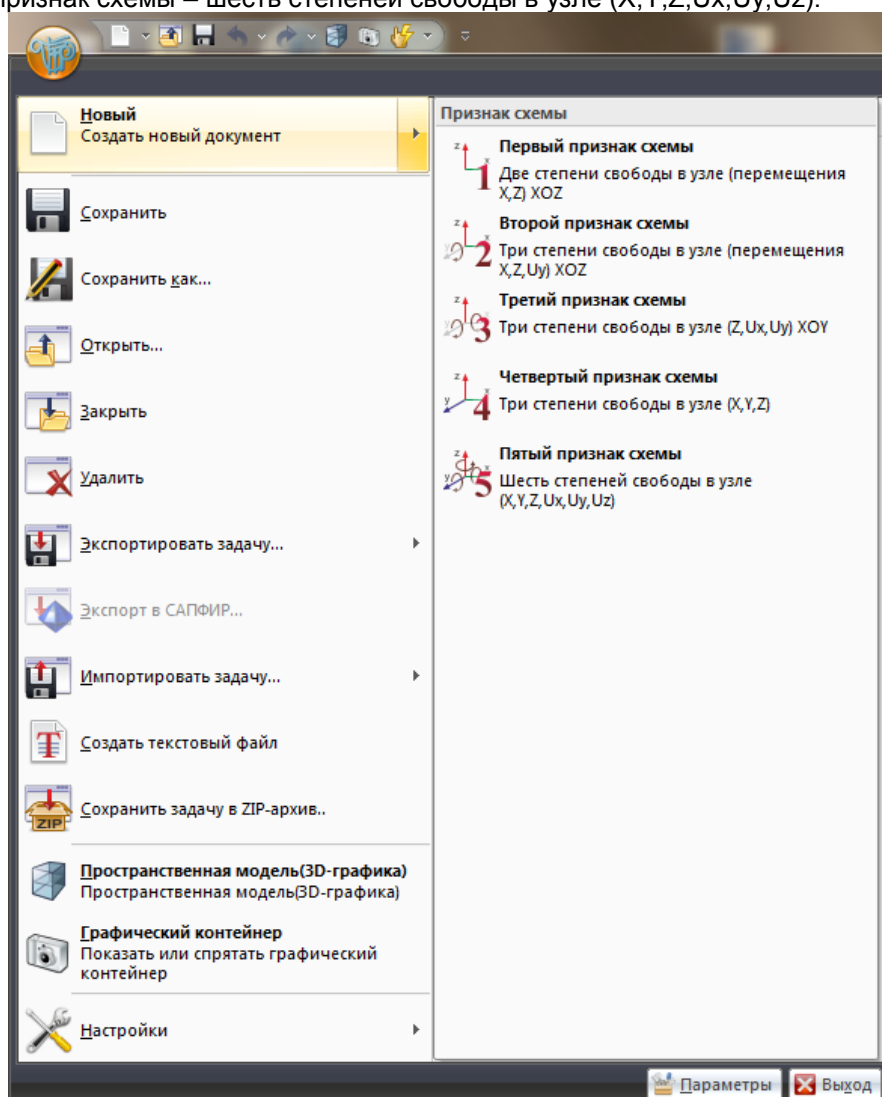


Рис.7. Группа команд Новый

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) – группа команд для экспорта расчетной схемы в другие программы.

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

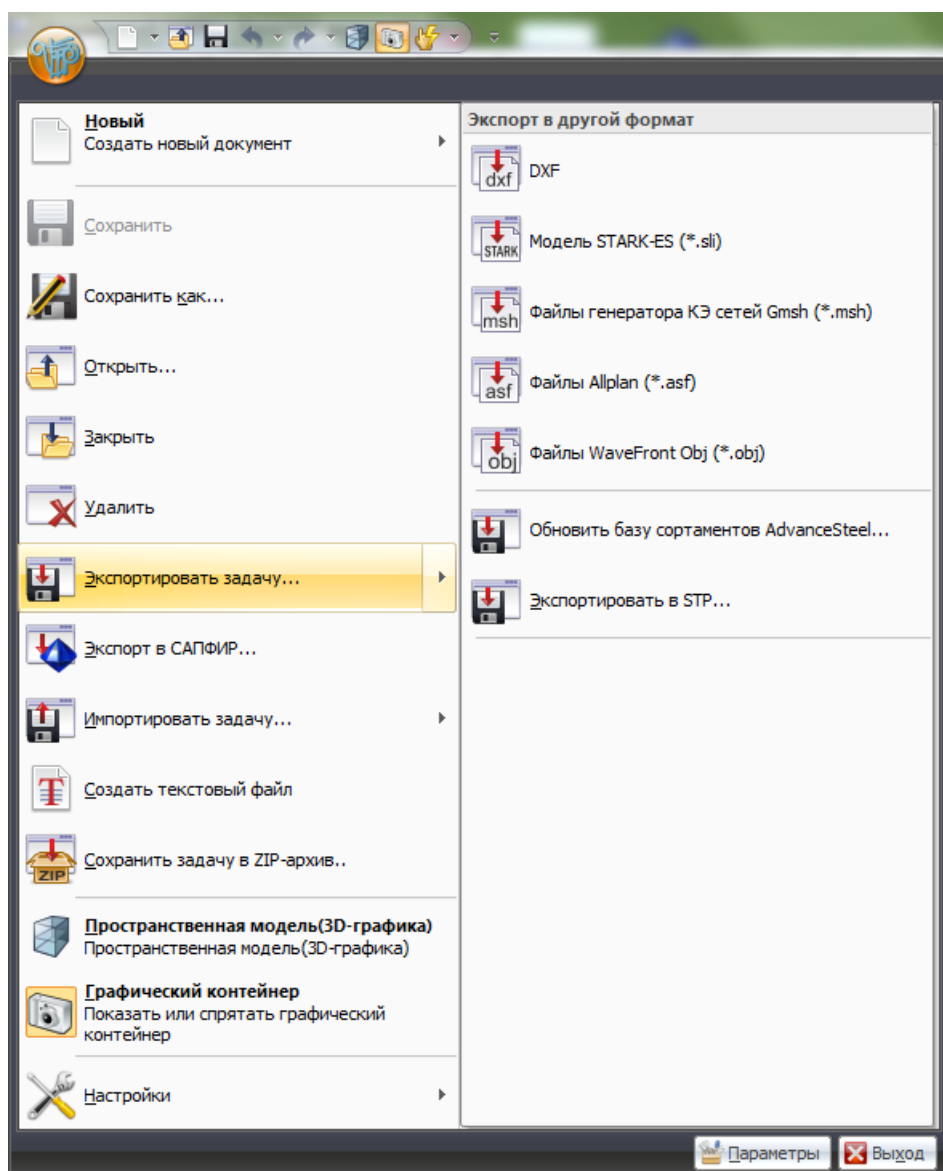


Рис.8. Группа команд Экспортировать задачу

Экспорт в САПФИР – экспорт результатов расчета армирования в ПК САПФИР.

Импортировать задачу (рис.9) – группа команд для импорта расчетных схем 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
- Файлы s2L (САПФИР) (*.s2l) - файлы для передачи аналитической модели из ПК САПФИР
- Модели ArchiCad (*.mdb) - файлы для передачи данных о конструкции из программы ArchiCAD
- Модели Hypersteel (*.stp) – файлы для передачи данных о конструкции из программы HyperSteel
- 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
- 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
- AdvanceSteel DStV PSS (*.stp) - файлы для передачи данных о конструкции из программы AdvanceSteel

- 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.

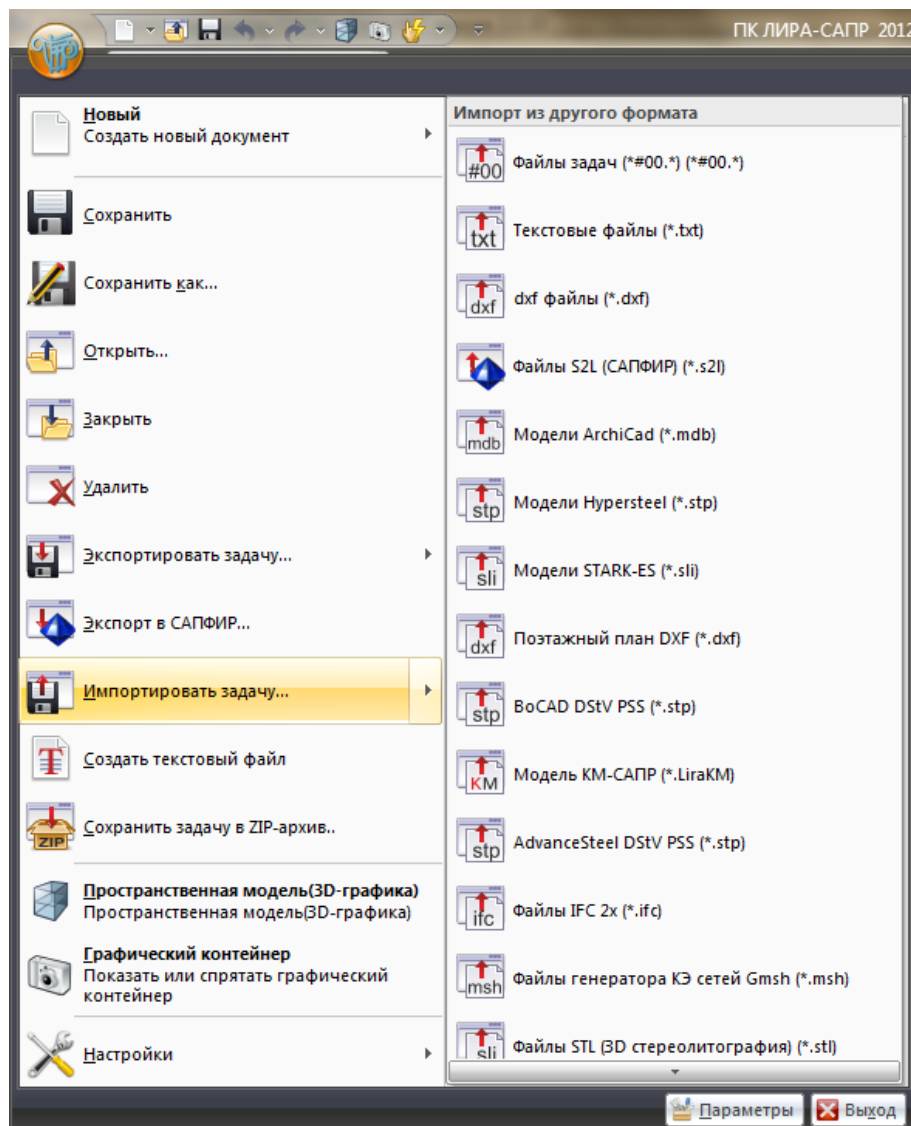


Рис.9. Группа команд **Импортировать задачу**

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.

Пространственная модель (3D графика) - пространственное отображение созданного объекта и предоставление аппарата для его детального исследования с различных точек зрения.

Графический контейнер - вызов на экран окна Графического контейнера для документирования видов расчетной схемы.

Настройки (рис.10)– группа команд для настройки ПК ЛИРА-САПР.

- каталоги;
- единицы измерения;

- параметры настройки;
- параметры шкалы;
- цвета;
- параметры расчета;
- форматы чисел и шрифты;
- языки.

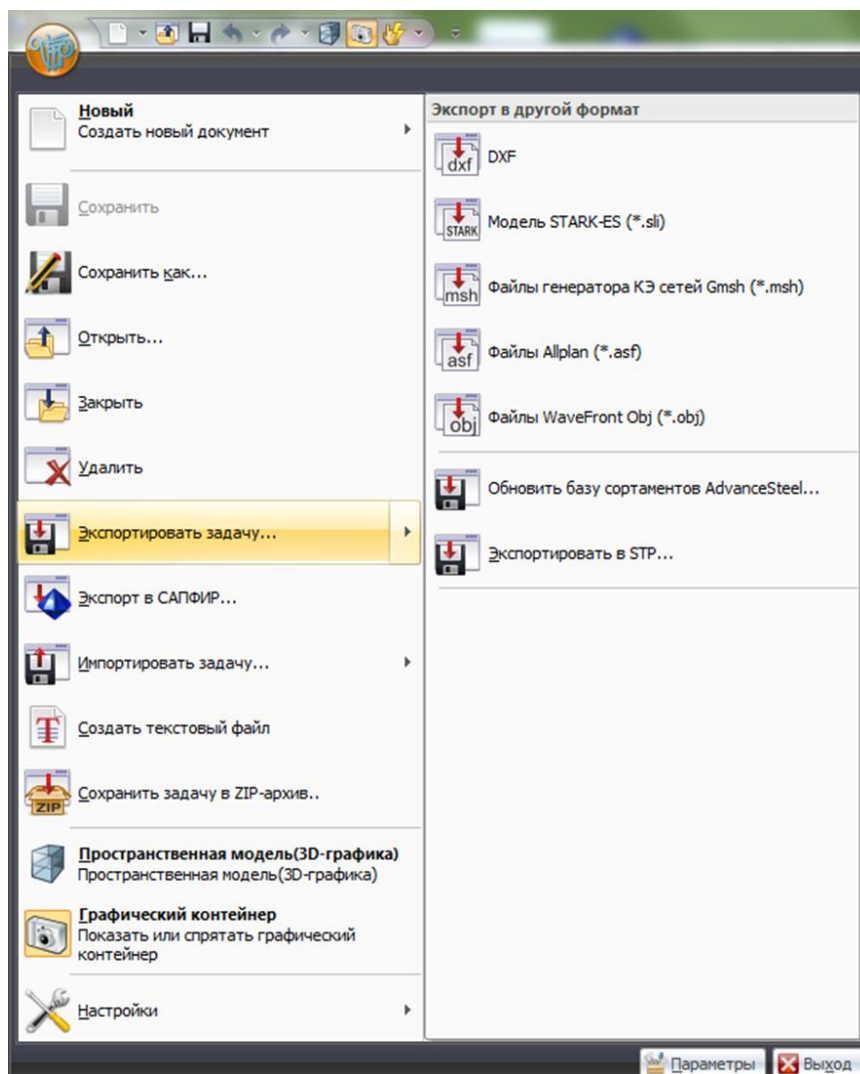


Рис.10. Группа команд Настройки ПК ЛИРА-САПР

Вкладка Создание и редактирование

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

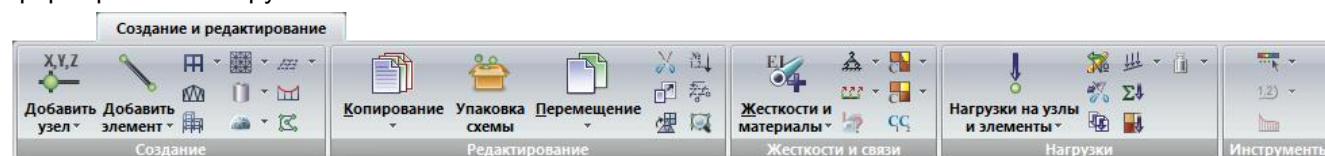


Рис.11. Вкладка Создание и редактирование

Вкладка **Создание и редактирование** (рис.11) содержит следующие панели:

- **Создание** (рис.12) – операции по созданию регулярных фрагментов и сетей, ферм, пространственных рам, генерации различных поверхностей, добавлению узлов и элементов, триангуляции контуров;

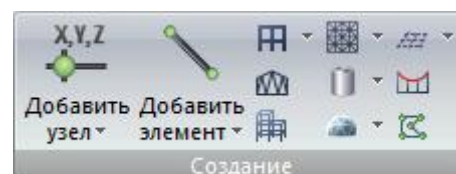


Рис.12. Панель Создание

- **Редактирование** (рис.13) - операции по базовому редактированию схемы (копирование, перемещение, масштабирование), упаковка схемы, редактирование триангуляционной сетки;

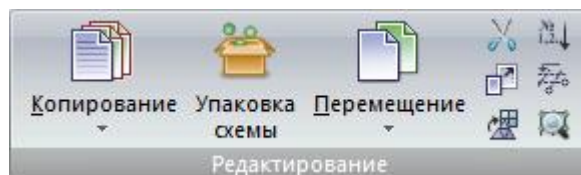


Рис.13. Панель Редактирование

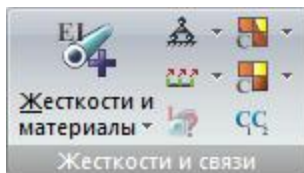


Рис.14. Панель Жесткости и связи

- **Жесткости и связи** (рис.14) - операции по назначению жесткостей и материалов элементам схемы, моделированию закреплений, задание коэффициентов постели, объединению перемещений и генерации АЖТ;

- **Нагрузки** (рис.15) - операции по формированию загружений и назначению нагрузок на узлы и элементы схемы;

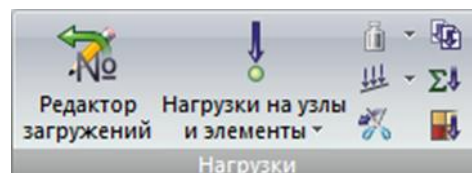


Рис.15. Панель Нагрузки



Рис.16. Панель Инструменты

- **Инструменты** (рис.16) - операции по настройке графического отображения результатов и исходных данных схемы.

Панель **Создание** (рис.12) содержит следующие команды:

Добавить узел (рис.17) – раскрывающийся список с заменой, содержащий операции для добавления узлов в расчетную схему:

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

Добавить элемент (рис.18) – 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;
- разбить стержень узлами;
- выпуклый контур;
- объемный КЭ по отмеченным узлам.

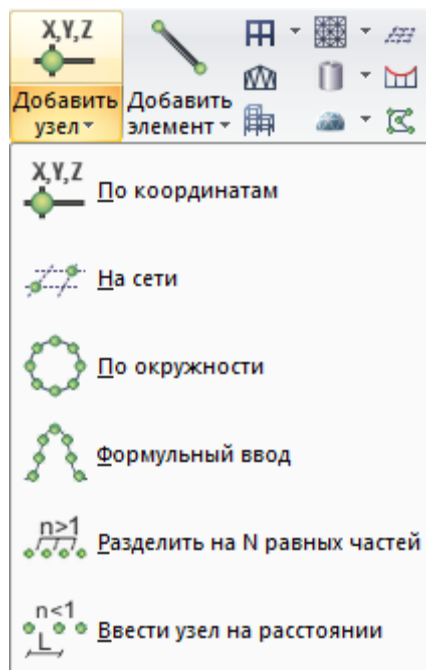
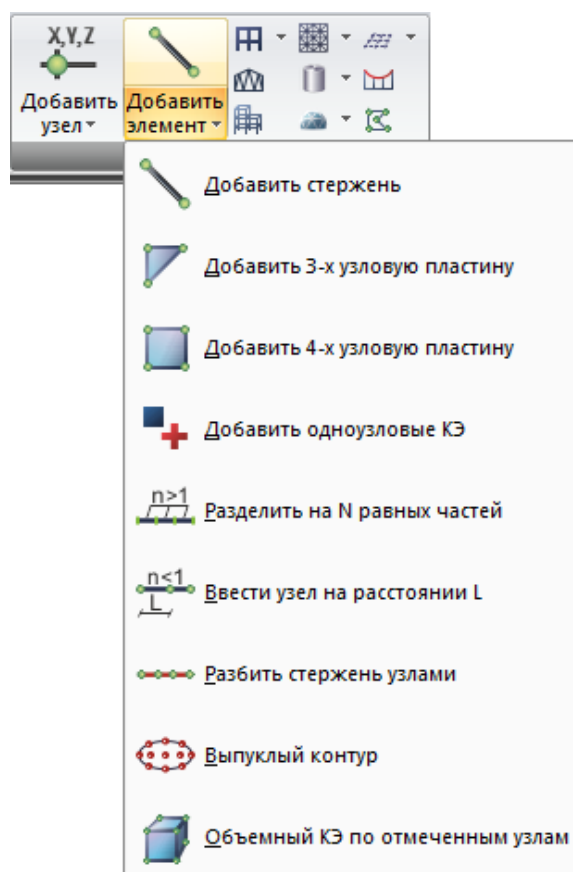


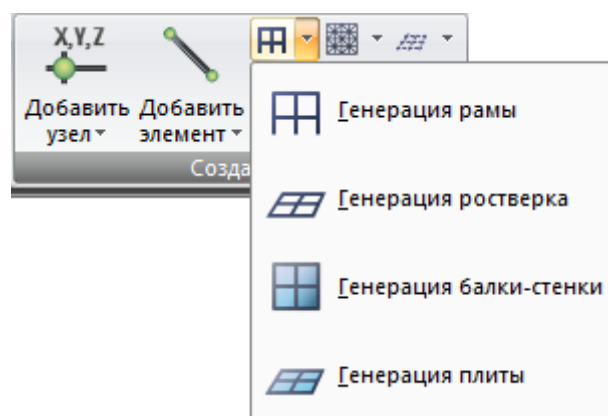
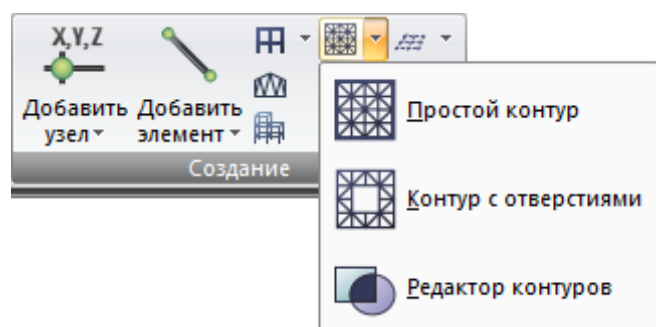
Рис.17. Раскрывающийся список Добавить узел

Рис.18. Раскрывающийся список **Добавить элемент**

Генерация регулярных фрагментов и сетей (рис.19) – раскрывающийся список с заменой, содержащий операции для задания регулярных фрагментов - рам, ростверков, балок-стенок, плит и плоских оболочек

- генерация рамы;
- генерация ростверка;
- генерация балки-стенки;
- генерация плиты.

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

Рис.19. Раскрывающийся список **Генерация регулярных фрагментов и сетей**Рис.20. Раскрывающийся список **Создание и триангуляция контуров**

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

Создание и триангуляция контуров (рис.20) – раскрывающийся список с заменой, содержащий операции по созданию плоских фрагментов схем и триангуляции этих фрагментов

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

Поверхности вращения (рис.21) – раскрывающийся список с заменой, содержащий операции для генерации стержневых или пластинчатых поверхностей вращения, а также операции по созданию объектов, заданных перемещением или вращением образующей.

- цилиндр;
- конус;
- сфера;
- тор;
- перемещение образующей;
- вращение образующей.

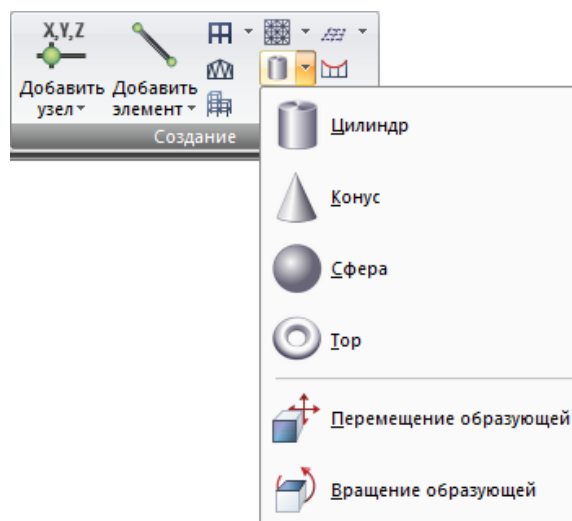


Рис.21. Раскрывающийся список **Поверхности вращения**

Геодезический купол (рис.22) – раскрывающийся список с заменой, содержащий операции для задания геодезических куполов и их элементов, поверхностей $z=f(x,y)$ и складчатых параболоидов вращения

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

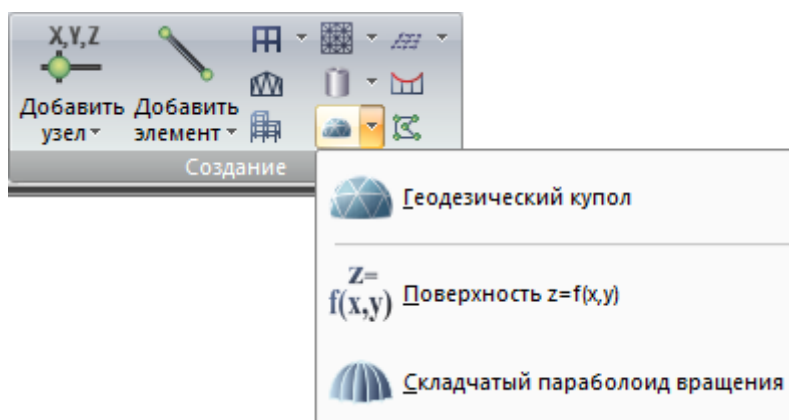


Рис.22. Раскрывающийся список **Геодезический купол**

Генерация прямоугольной сети (рис.23) – раскрывающийся список, содержащий операции по генерации прямоугольной сети и удалению прямоугольной сети

- генерация прямоугольной сети;
- удалить сеть.

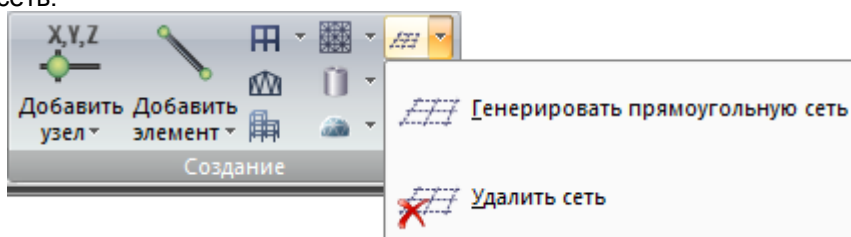


Рис.23. Раскрывающийся список **Генерация прямоугольной сети**

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

Добавить элемент, перечислив узлы – вызов диалогового окна для задания нового элемента при помощи перечисления номеров узлов, уже существующих на схеме.

Панель **Редактирование** (рис.13) содержит следующие команды:

Копирование (рис.24) – раскрывающийся список с заменой, содержащий операции копирования объектов:

- 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.

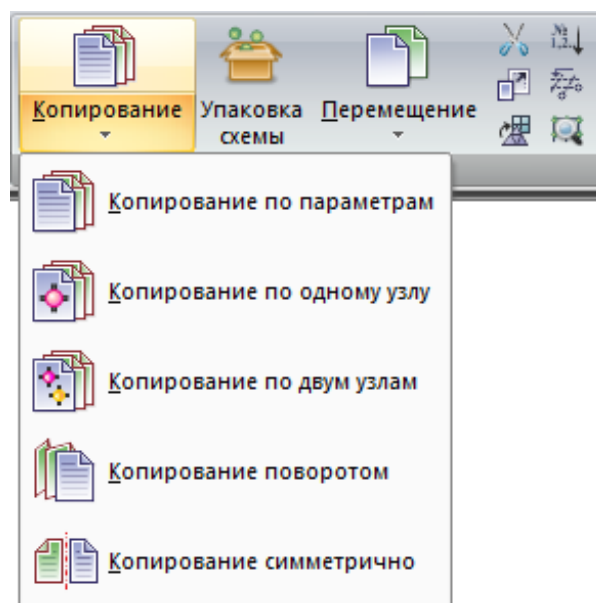


Рис.24. Раскрывающийся список **Копирование**

Перемещение (рис.25) – раскрывающийся список с заменой, содержащий операции перемещения объектов

- по параметрам;
- по одному узлу;
- по двум узлам;
- поворотом;
- симметрично;
- притянуть узлы к плоскости.

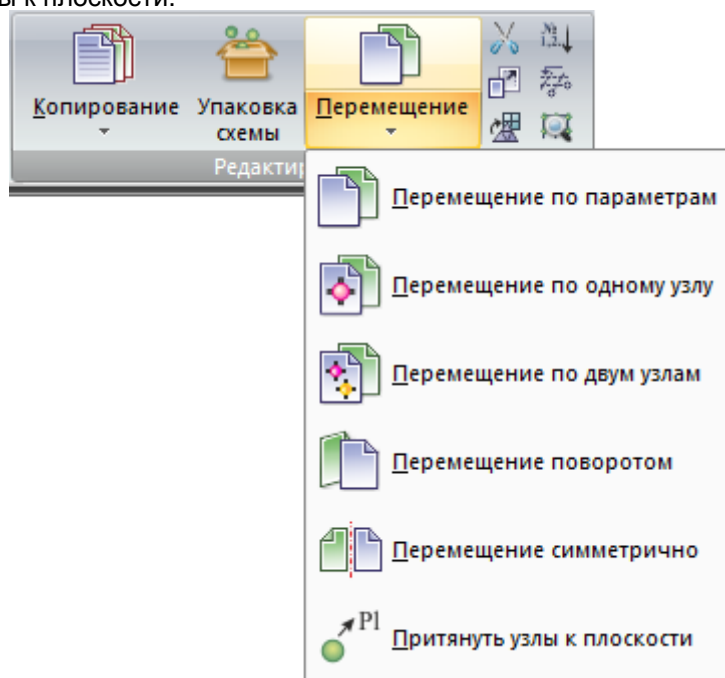


Рис.25. Раскрывающийся список **Перемещение**

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)

Преобразовать сеть пластинчатых КЭ – вызов диалогового окна для корректировки предварительно сформированной сети конечных элементов, моделирующей как плоские, так и пространственные поверхности

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

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.14) содержит следующие команды:

Жесткости и материалы (рис.26) – раскрывающийся список, содержащий операции по выбору требуемых типов (параметров) жесткости из библиотеки жесткостных характеристик, назначение расчетных и нормативных характеристик для материалов и присвоения их конечным элементам схемы. А также, вызов систем КС-САПР (Конструктор сечений) и КТС-САПР (Конструктор тонкостенных сечений) для формирования геометрии соответственно нестандартных сечений и нестандартных тонкостенных сечений элементов конструкции и расчета их жесткостных характеристик.

- жесткости;
- железобетон;
- сталь;
- КС-САПР (Конструктор Сечений);
- КТС-САПР (Конструктор Тонкостенных Сечений).

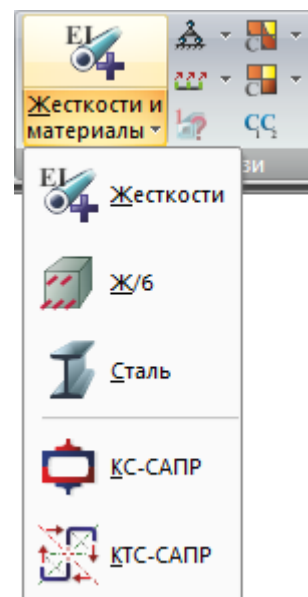


Рис.26. Раскрывающийся список **Жесткости и материалы**

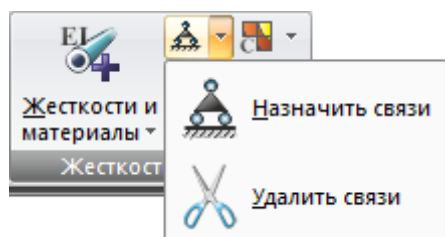


Рис.27. Раскрывающийся список **Связи**

Связи (рис.27) – раскрывающийся список, содержащий операции для указания направлений, по которым требуется запретить перемещения узлов - X, Y, Z, UX, UY, UZ или удаление закреплений.

- назначить связи;
- удалить связи.

Объединение перемещений (рис.28) – раскрывающийся список с заменой, содержащий операции по созданию групп объединения перемещений, моделирования шарнира в пластинах или генерации АЖТ

- объединение перемещений;
- создать шарнир с "расшивкой" узлов;
- абсолютно жесткое тело.

Расчетные жесткости – вызов диалогового окна для просмотра и анализа жесткостных характеристик, использованных при статическом/динамическом расчете и в режимах конструирования.

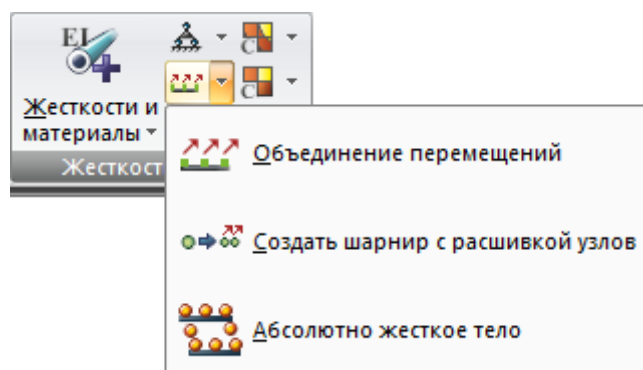


Рис.28. Раскрывающийся список **Объединение перемещений**

Изополя (C1z, C2z, C1y, C2y, Pz) (рис.29) – раскрывающийся список, содержащий операции для выбора направления отображения сглаженной раскраски пластин в соответствии со значениями в них коэффициентов постели, а также заданной вертикальной равномерно распределенной нагрузки.

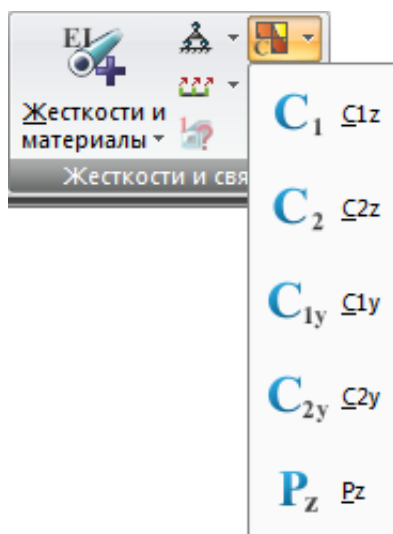


Рис.29. Раскрывающийся список Изополя (C1z, C2z, C1y, C2y, Pz)

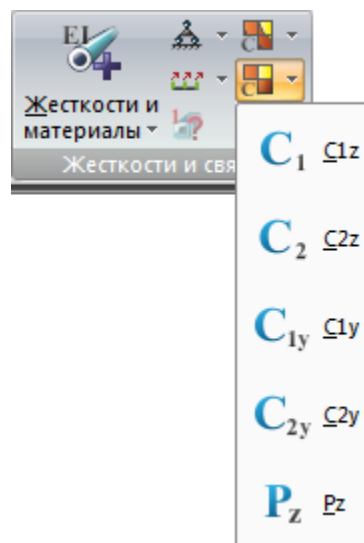


Рис.30. Раскрывающийся список Мозаика (C1z, C2z, C1y, C2y, Pz)

Мозаика (C1z, C2z, C1y, C2y, Pz) (рис.30) – раскрывающийся список, содержащий операции для выбора направления отображения поэлементной раскраски пластин в соответствии со значениями в них коэффициентов постели, а также заданной вертикальной равномерно распределенной нагрузки.

Коэффициенты постели C1, C2 – вызов диалогового окна для задания коэффициентов постели C1 и C2 на отмеченный элемент или группу элементов.

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

Редактор загрузений - задание расширенной информации о загрузениях, а именно: имени загрузения, которое будет отображаться на экране при работе с этим загрузением и вида загрузения в соответствии с терминологией нагрузок по СНиП 2.01.07-85*, ДБН В 1.2-2:2006, СП 20.13330.2011.

Нагрузки на узлы и элементы (рис.31) – 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.

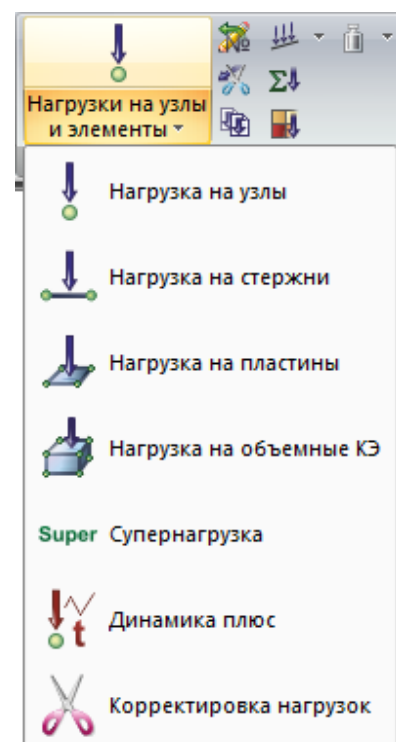


Рис.31 Раскрывающийся список Нагрузки на узлы и элементы

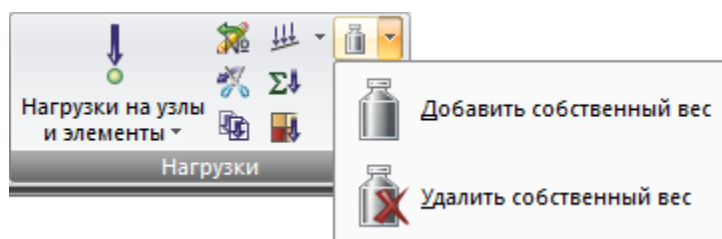


Рис.32. Раскрывающийся список **Собственный вес**

Собственный вес (рис.32) – раскрывающийся список, содержащий операции по заданию или удалению собственного веса

- добавить собственный вес;
- удалить собственный вес.

Нагрузка-штамп (рис.33) – 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.

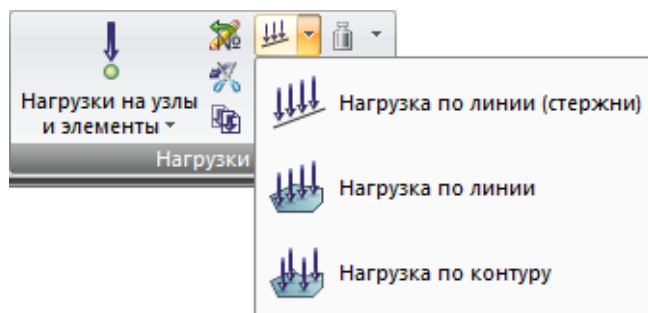


Рис.33. Раскрывающийся список **Нагрузка-штамп**

Удалить нагрузки – удаление всех ранее заданных нагрузок с отмеченных узлов и элементов. При выполнении этой операции с отмеченных узлов и элементов схемы удаляются все ранее заданные нагрузки

Копировать текущее загрузение – создание нового загрузения, полностью идентичного текущему

Просуммировать нагрузки – вызов диалогового окна для суммирования внешних нагрузок на отмеченные узлы и элементы расчетной схемы

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

Панель **Инструменты** (рис.16) содержит следующие команды:

Шкала (рис.34) – 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 также операции позволяющие настроить Обновление шкалы, Обновление шкалы в режиме «Увеличить» и Цвета графического отображения объектов схемы на экране:

- параметры шкалы;
- обновление шкалы в режиме фрагментации;
- обновление шкалы в режиме «Увеличить»;
- цвета.

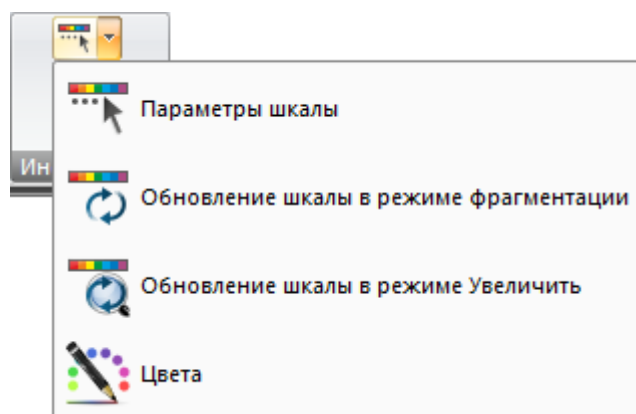


Рис.34. Раскрывающийся список **Шкала**

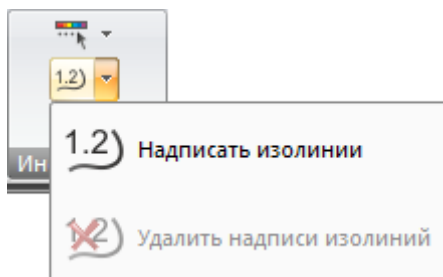


Рис.35. Раскрывающийся список **Изолинии**

Изолинии (рис.35) – раскрывающийся список, содержащий операции по отображению или удалению численного значения изолиний на схеме.

- надписать изолинии;
- удалить надписи изолиний.

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

Вкладка Расширенное редактирование

Операции по расширенному редактированию схемы, задание параметров для конструирования, сборка схем, работа с блоками и суперэлементами.

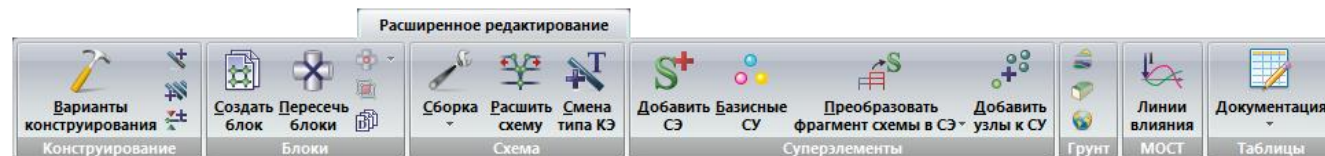


Рис.36. Вкладка **Расширенное редактирование**

Вкладка **Расширенное редактирование** (рис.36) содержит следующие панели:

- **Конструирование** (рис.37) – операции по созданию и назначению вариантов конструирования, работе с вариантами, создание конструктивных или унифицированных элементов для дальнейшего стального расчета или расчета армирования;

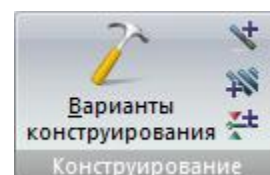


Рис.37. Панель **Конструирование**

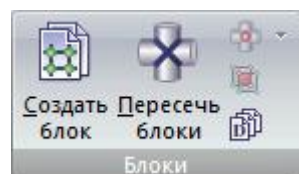


Рис.38. Панель **Блоки**

- **Блоки** (рис.38) – операции по созданию и работе с блоками, а также по выделению узлов и элементов пересечения блоков;

- **Схема** (рис.39) – операции по расширенному редактированию схемы;

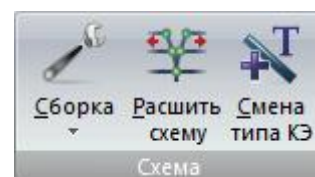


Рис.39. Панель **Схема**

- **Суперэлементы** (рис.40) – операции по созданию и работе с суперэлементами;

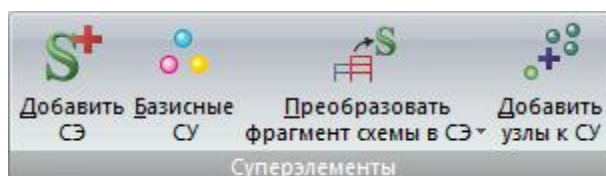


Рис.40. Панель **Суперэлементы**

- **Грунт** (рис.41) - операции для вызова и управления параметрами работы системы ГРУНТ, а также подключения грунтового основания;



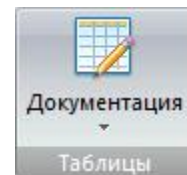
Рис.42. Панель **МОСТ**



Рис.41. Панель **Грунт**

- **МОСТ** (рис.42) - операции по работе с линиями влияний;

- **Таблицы** (рис.43) – операции позволяющие создавать, компоновать и выводить на печать таблицы, отчет или пояснительную записку, необходимые для документирования текущей задачи.



**Рис.43. Панель
Таблицы**

Панель **Конструирование** (рис.37) содержит следующие команды:

Варианты конструирования - вызов диалогового окна для создания варианта конструирования основной схемы, выбора варианта расчета сечений и норм для железобетонных и стальных конструкций.

Конструктивные элементы - вызов диалогового окна для объединения выделенных стержневых элементов в конструктивный элемент

Унификация элементов - вызов диалогового окна для объединения выделенных стержневых элементов в Унифицированные группы

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

Панель **Блоки** (рис.38) содержит следующие команды:

Создать блок - придать отмеченному фрагменту схемы статус блока

Пересечь блоки – команда, которая выполняет пересечение выбранных блоков

Отметить объекты пересечения (рис.44) – раскрывающийся список с заменой, содержащий операции по отметке узлов и элементов пересечения

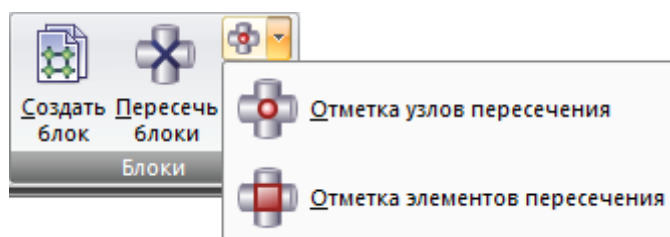


Рис.44. Раскрывающийся список Отметить объекты пересечения

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

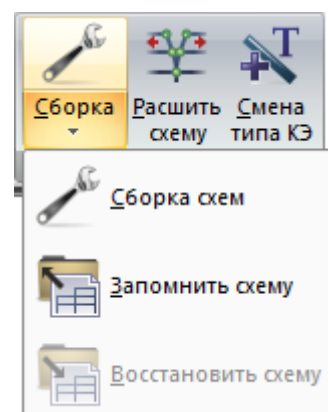
Панель **Схема** (рис.39) содержит следующие команды:

Сборка (рис.45) – раскрывающийся список, который содержит операции, позволяющие собирать расчетную схему в одном рабочем окне из двух ранее созданных в разных окнах схем.

- сборка схем;
- запомнить схему;
- восстановить схему.

Расшить схему - команда, предназначенная для расшивки схемы, то есть для нарушения 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.



**Рис.45. Раскрывающийся
список Сборка**

Панель **Суперэлементы** (рис.40) содержит следующие команды:

Добавить СЭ - вызов диалогового окна для выбора типа суперэлемента из каталога.

Базисные СУ - назначение трех базисных суперузлов схеме суперэлемента для ориентации в пространстве основной схемы.

Преобразовать фрагмент схемы в СЭ (рис.46) – раскрывающийся список, который содержит операции по преобразованию фрагмента схемы в суперэлемент и наоборот.

- преобразовать фрагмент схемы в СЭ;
- преобразовать СЭ во фрагмент схемы.

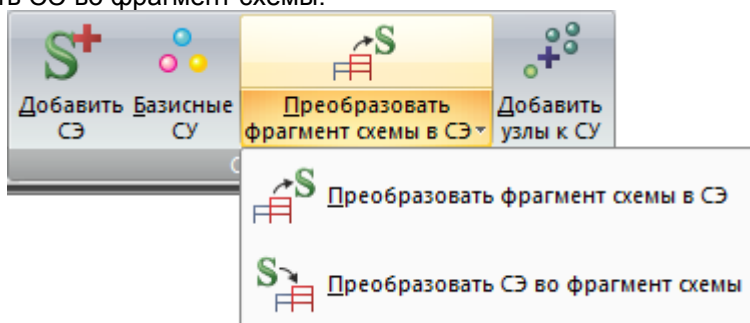


Рис.46. Раскрывающийся список **Преобразование фрагмента схемы**

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

Панель **Грунт** (рис.41) содержит следующие команды:

Плоский грунтовый массив – вызов системы ГРУНТ для создания плоского грунтового массива.

Трехмерный грунтовый массив - вызов системы ГРУНТ для 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.

Панель **МОСТ** (рис.42) 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 **Таблицы** (рис.43) содержит следующие команды:

Документация (рис.47) – 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.

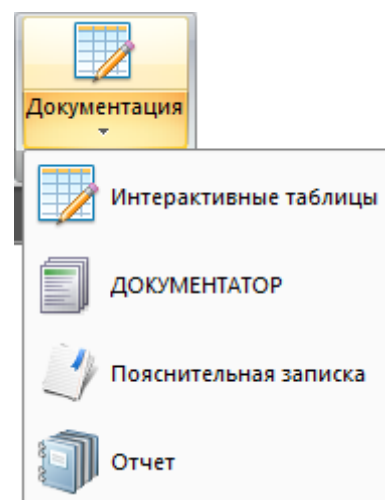


Рис.47. Раскрывающийся список **Документация**

Вкладка Расчет

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

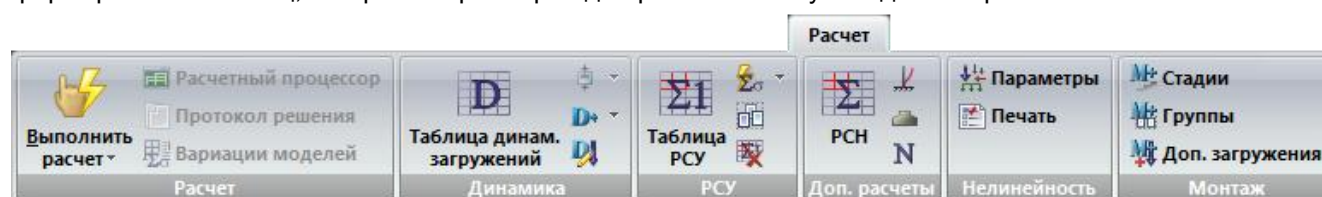


Рис.48. Вкладка **Расчет**

Вкладка **Расчет** (рис.48) содержит следующие панели:

- **Расчет** (рис.49) – изменение параметров расчета для текущей задачи, загрузка данных в расчетный процессор и выполнение расчета;

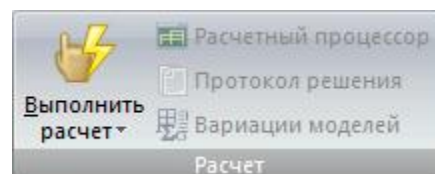


Рис.49. Панель Расчет

- **Динамика** (рис.50) – операции, позволяющие организовать расчет на динамические воздействия, задание характеристик каждого конкретного динамического воздействия;

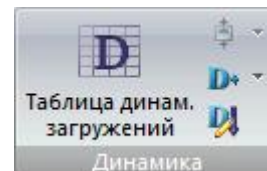
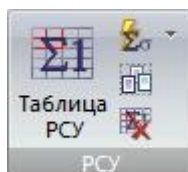


Рис.50. Панель Динамика



- **РСУ (расчетные сочетания усилий)** (рис.51) – операции, позволяющие производить формирование расчетных сочетаний усилий;

Рис.51. Панель РСУ

- **Доп. расчеты** (рис.52) – задание исходных данных для вычисления перемещений в узлах и усилий (напряжений) в элементах от стандартных и произвольных линейных комбинаций загружений, для расчета нагрузок на фрагмент, для вычисления главных и эквивалентных напряжений в конечных элементах, для расчета на устойчивость;

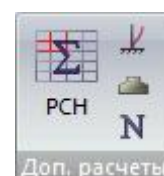


Рис.52. Панель Доп.расчеты

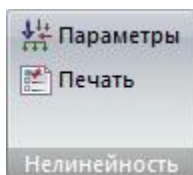


Рис.53. Панель Нелинейность

- **Нелинейность** (рис.53) – задание параметров, определяющих специфику и организацию шагового процесса для решения нелинейных задач;

- **Монтаж** (рис.54) – задание информации для компьютерного моделирования процесса возведения сооружений, которое предусматривает монтаж и демонтаж элементов, изменение условий закрепления конструкций или сопряжения элементов между собой.

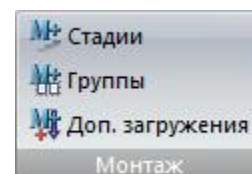


Рис.54. Панель Монтаж

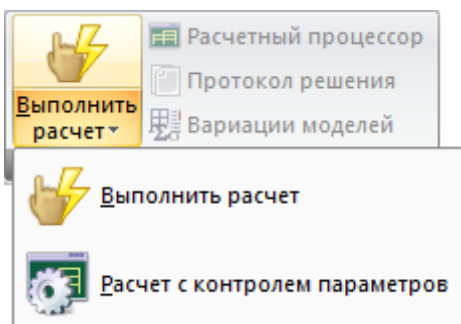


Рис.55. Раскрывающийся список
Выполнить расчет

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

Выполнить расчет (рис.55) – раскрывающийся список, который содержит операции по изменению параметров расчета для текущей задачи, предлагаемых по умолчанию, загрузка данных по текущей задаче в расчетный процессор и непосредственно само выполнение расчета.

- выполнить расчет;
- расчет с контролем параметров.

Расчетный процессор - вызов диалогового окна **Параметры расчетного процессора**, которое содержит закладки **Расчет**, **Этапы** и **параметры** для управления параметрами расчета, которыми допускается управлять.

Протокол решения - выбор и просмотр текстового файла формата имя Задачи_01.шифрЗадачи, содержащего протокол расчета задачи.

Вариации моделей – 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.50) содержит следующие команды:

Таблица динамических нагрузжений – задание характеристик для расчета на динамические воздействия

Предельная неупругая деформация (рис.56) – раскрывающийся список, который содержит операции по заданию исходных данных для каждого элемента по таблице 2.11 КМК 2.01.03-96 для Узбекистана и графического отображения величин коэффициентов неупругой деформации для элементов расчетной схемы.

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

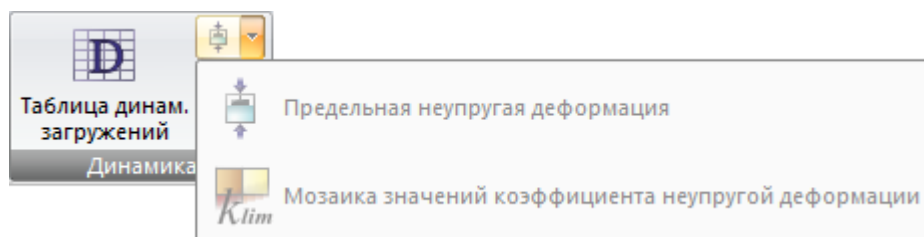


Рис.56. Раскрывающийся список **Предельная неупругая деформация**

Динамика плюс – раскрывающийся список, который содержит операции по заданию информации, необходимой для расчета динамики во времени и преобразования узловой статической нагрузки в узловую динамическую нагрузку для нагружения 3

Учет статических нагрузжений - задание информации о массе для расчета на динамические воздействия

Панель **PCY (расчетные сочетания усилий)** (рис.51) содержит следующие команды:

Таблица PCY – формирование или редактирование ранее сформированной таблицы PCY.

Расчет PCY (рис.57) – раскрывающийся список, который содержит операции по расчету PCY и унификаций PCY в том случае, если коррективы были внесены только в документ PCY, а остальные данные не изменились:

- выполнить расчет PCY;
- выполнить расчет унификаций PCY

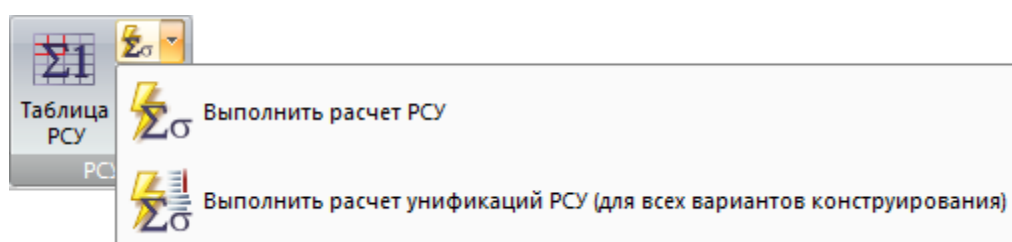


Рис.57. Раскрывающийся список **Выполнить расчет PCY**

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

Удаление таблицы PCY – удаление ранее сформированной таблицы PCY.

Панель **Доп. расчеты** (рис.52) содержит следующие команды:

РСН (расчетные сочетания нагрузок) – вызов диалогового окна для задания исходных данных по вычислению перемещений в узлах и усилий (напряжений) в элементах от стандартных (сочетания, которые установлены нормативными документами) и произвольных линейных комбинаций нагрузжений

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 загрузок, а также по РСН или РСУ.

Панель **Нелинейность** (рис.53) содержит следующие команды:

Шаговая – задание исходных параметров определяющих специфику и организацию шагового процесса для решения нелинейных задач.

Монтаж – задание исходных данных для моделирования процесса возведения сооружений, а именно монтажа и демонтажа элементов, изменение условий закрепления конструкций или сопряжения элементов между собой.

Инженерная – задание исходных данных для выполнения расчета железобетонной конструкции в физически нелинейной постановке с предварительным подбором арматуры и последующим вычислением интегральных жесткостных характеристик элементов при «определяющем нагружении».

Панель **Монтаж** (рис.54) содержит следующие команды:

Стадии – формирование стадий для компьютерного моделирования процесса возведения, внесение монтируемых или демонтируемых элементов.

Группы – задание информации о группах элементов, монтируемых на текущей стадии возведения.

Дополнительные загрузки – задание информации о нагрузках, которые могут быть приложены как при возведении, так и после возведения сооружения.

Вкладка Анализ

Наиболее употребляемые функции анализа результатов: вывод на экран численной и графической информации о перемещении любого узла и элемента, возникающих усилиях и напряжениях в любом элементе.

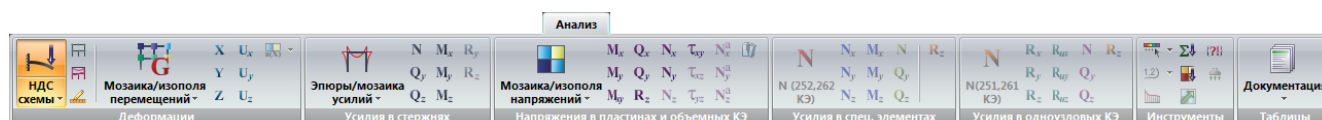


Рис.58. Вкладка Анализ

Вкладка **Анализ** (рис.58) содержит следующие панели:

- **Деформации** (рис.59) – операции, которые позволяют отображать деформации конструкции.



Рис.59. Панель Деформации

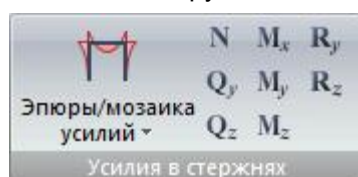


Рис.60. Панель
Усилия в стержнях

- **Напряжения в пластинах и объемных КЭ** (рис.61) – раскраска пластин и поверхностей объемных элементов в соответствии со значениями напряжений в них.

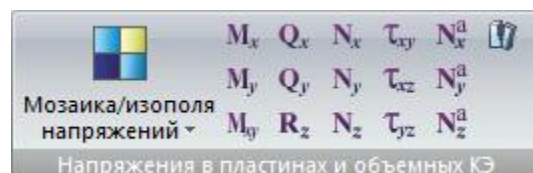


Рис.61. Панель Напряжения в пластинах и объемных КЭ

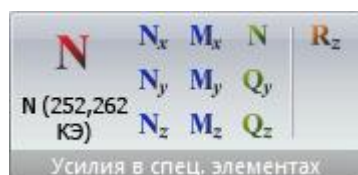


Рис.62. Панель Усилия
в спец. элементах

- **Усилия в спец элементах** (рис.62) – отображение на экране мозаик усилий в специальных элементах.

- **Усилия в одноузловых КЭ** (рис.63) – отображение усилий в одноузловых элементах расчетной схемы

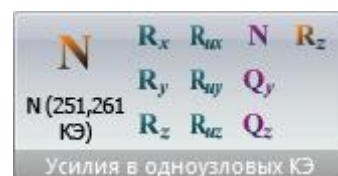


Рис.63. Панель Усилия в одноузловых КЭ

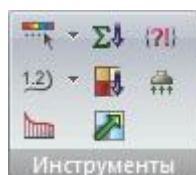


Рис.64. Панель Инструменты

- **Инструменты** (рис.64) – основные инструменты для настройки режима графического отображения схемы, а также функции по представлению результатов.

- **Таблицы** (рис.65) – вывод на экран численного представления результатов, а также запуск режимов для формирования отчета и пояснительной записки.

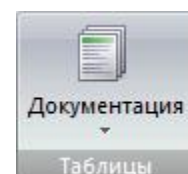


Рис.65. Панель Таблицы

Панель **Деформации** (рис.59) содержит следующие команды:

НДС схемы (рис.66)– раскрывающийся список с заменой, который содержит операции, позволяющие выбирать вид отображения схемы с учетом результатов расчета.

- усилия, перемещения, напряжения;
- формы колебаний;
- формы потери устойчивости.

Исходная схема - расчетная схема отображается без учета перемещений узлов.

Исходная + деформированная - наложение на экране расчетной и деформированной схем.

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

Мозаика/изополя перемещений (рис.67) – раскрывающийся список с заменой, который содержит команды по графическому отображению результатов по перемещениям в виде мозаики или изополей в глобальной или локальной системе координат

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

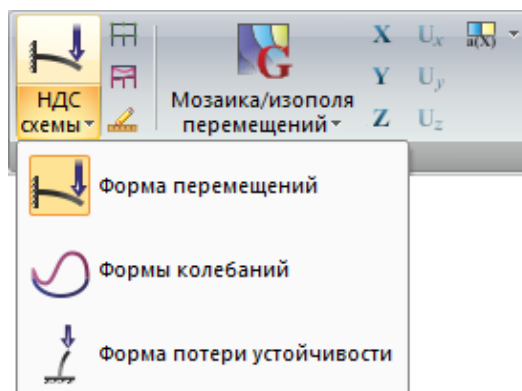


Рис.66. Раскрывающийся список НДС схемы

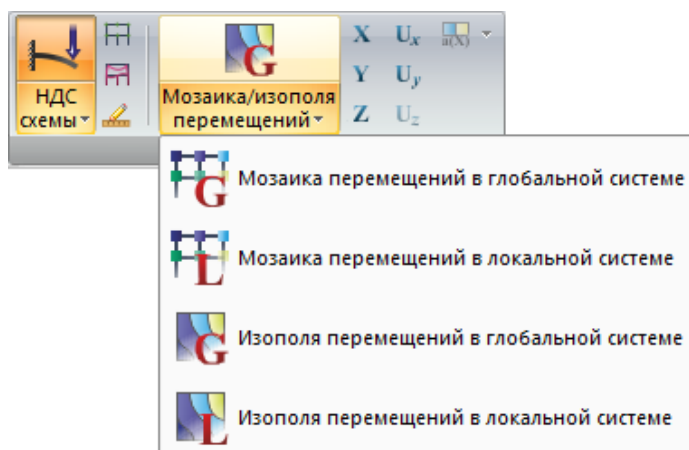


Рис.67. Раскрывающийся список Мозаика/изополя перемещений

X – мозаика/изополя перемещений по X
Y – мозаика/изополя перемещений по Y
Z – мозаика/изополя перемещений по Z
U_x – мозаика/изополя перемещений по U_x
U_y – мозаика/изополя перемещений по U_y
U_z – мозаика/изополя перемещений по U_z

Мозаика ускорений (рис.68) – 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**.

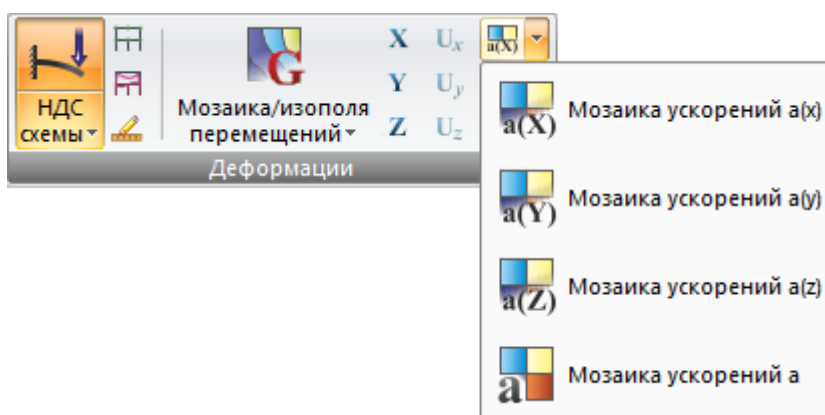


Рис.68. Раскрывающийся список **Мозаика ускорений**

Панель **Усилия в стержнях** (рис.60) содержит следующие команды:

Эпюры/мозаика усилий (рис.69)- раскрывающийся список с заменой, который содержит операции по отображению эпюр и мозаик усилий в стержнях.

- эпюры усилий;
- мозаика усилий.

N – эпюры продольных сил (N)
Q_y – эпюры поперечных сил (Q_y)
Q_z – эпюры поперечных сил (Q_z)
M_x – эпюры крутящих моментов (M_k)
M_y – эпюры изгибающих моментов (M_y)
M_z – эпюры изгибающих моментов (M_z)
R_y – эпюра отпора грунта (R_y)
R_z – эпюра отпора грунта (R_z)

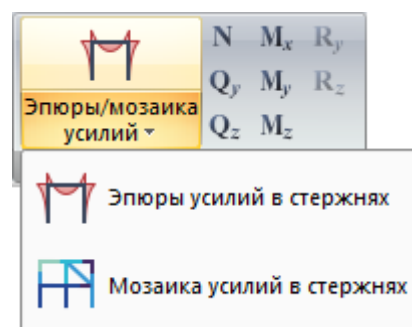


Рис.69. Раскрывающийся список **Эпюры/мозаика усилий в стержнях**

Панель **Напряжения в пластинах и объемных КЭ** (рис.61) содержит следующие команды:

Мозаика/изополя напряжений (рис.70) – 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)

- мозаика напряжений;
- изополя напряжений.

Mx – мозаика/изополя напряжений Mx

My – мозаика/изополя напряжений My

Mxy – мозаика/изополя напряжений Mxy

Qx – мозаика/изополя напряжений Qx

Qy – мозаика/изополя напряжений Qy

Rz – мозаика/изополя напряжений Rz

Nx – мозаика/изополя напряжений Nx

Ny – мозаика/изополя напряжений Ny

Nz – мозаика/изополя напряжений Nz

Txy – мозаика/изополя напряжений Txy

Txz – мозаика/изополя напряжений Txz

Tyz – мозаика/изополя напряжений Tyz

Nax – напряжение в арматуре вдоль оси X1

Nay – напряжение в арматуре вдоль оси Y1

Naz – напряжение в арматуре вдоль оси Z1

Разрушение - отображение направления развития трещин для каждого элемента в выбранном слое на фоне изополей или палитры напряжений в результате расчета физической нелинейности континуальных конструкций.

Панель **Усилия в спец. элементах** (рис.62) содержит следующие команды:

N (252, 262 КЭ) –отображение на экране мозаики усилия N для 252 и 262 КЭ

Nx (55, 255, 265 КЭ) - отображение на экране мозаики усилия Nx для 55, 255, 265 КЭ

Ny (55, 255, 265 КЭ) - отображение на экране мозаики усилия Ny для 55, 255, 265 КЭ

Nz (55, 255, 265 КЭ) - отображение на экране мозаики усилия Nz для 55, 255, 265 КЭ

Mx (55, 255, 265 КЭ) - отображение на экране мозаики усилия Mx для 55, 255, 265 КЭ

My (55, 255, 265 КЭ) - отображение на экране мозаики усилия My для 55, 255, 265 КЭ

Mz (55, 255, 265 КЭ) - отображение на экране мозаики усилия Mz для 55, 255, 265 КЭ

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

Qy (264 КЭ) – отображение на экране мозаики усилия Qy для 264 КЭ

Qz (264 КЭ) – отображение на экране мозаики усилия Qz для 264 КЭ

Rz (53 КЭ) – отображение на экране мозаики усилия Rz для 53 КЭ

Панель **Усилия в одноузловых КЭ** (рис.62) содержит следующие команды:

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

Rx (51, 56, 256, 266 КЭ) – усилия Rx в 51, 56, 256, 266 КЭ

Ry (51, 56, 256, 266 КЭ) - усилия Ry в 51, 56, 256, 266 КЭ

Rz (51, 56, 256, 266 КЭ) - усилия Rz в 51, 56, 256, 266 КЭ

Rux (51, 56, 256, 266 КЭ) - усилия Rux в 51, 56, 256, 266 КЭ

Ruy (51, 56, 256, 266 КЭ) - усилия Ruy в 51, 56, 256, 266 КЭ

Ruz (51, 56, 256, 266 КЭ) - усилия Ruz в 51, 56, 256, 266 КЭ

N (263 КЭ) - усилия N в 263 КЭ

Qy (263 КЭ) - усилия Qy в 263 КЭ

Qz (263 КЭ) - усилия Qz в 263 КЭ

Rz (54 КЭ) – отображение на экране мозаики усилия Rz для 54 КЭ

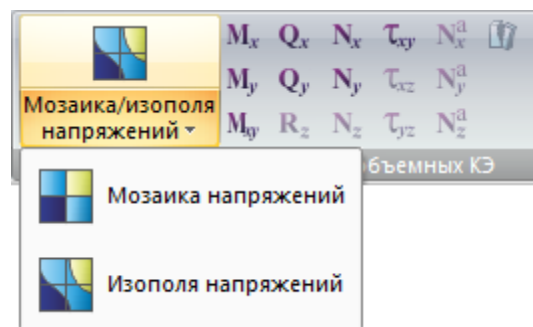


Рис.70. Раскрывающийся список **Мозаика/изополя напряжений**

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

Шкала (рис.34) – см. вкладку **Создание и редактирование**, панель **Инструменты**, стр.31.

Изолинии (рис.35) – см. вкладку **Создание и редактирование**, панель **Инструменты**, стр.31.

Эпюра по сечению пластин – см. вкладку **Создание и редактирование**, панель **Инструменты**, стр.31.

Просуммировать нагрузки - суммирование внешних нагрузок на отмеченные узлы и элементы расчетной схемы.

Мозаика нагрузок - вызов диалогового окна предназначенного для управления выводом мозаики нагрузок, приложенных к узлам и элементам схемы.

Изополе по сечению объемных КЭ - вызов диалогового окна для задания информации для создания изополей в плоском сечении схемы, состоящей из объемных КЭ.

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

Приложить отпор грунта – вызов диалогового окна для пересчета коэффициентов постели C1 и C2 для выбранных КЭ плит и оболочек.

Панель **Таблицы** (рис.65) содержит следующие команды:

Документация (рис.71) – 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.

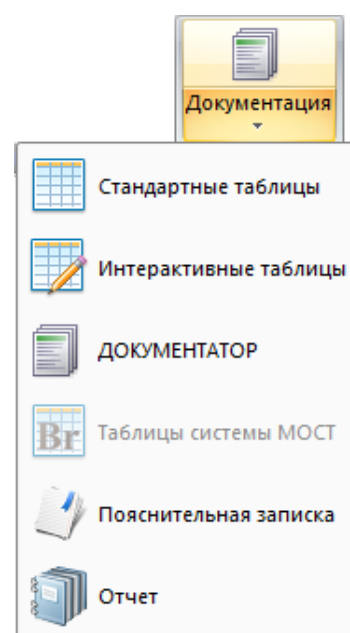


Рис.71. Раскрывающийся список **Документация**

Вкладка **Расширенный анализ**

Менее употребляемые функции анализа результатов расчета: задание исходных данных, расчет и получение графической информации о результатах расчета дополнительных систем, возникающих инерционных силах, раскраска элементов в соответствии со значениями коэффициентов постели.

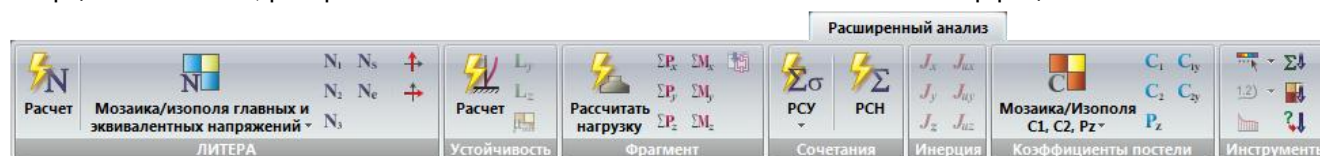


Рис.72. Вкладка **Расширенный анализ**

Вкладка **Расширенный анализ** (рис.72) содержит следующие панели:

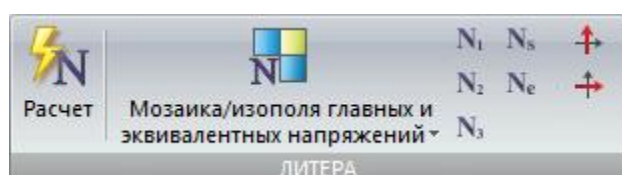


Рис.73. Панель **ЛИТЕРА**

- **ЛИТЕРА** (рис.73) – 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 РСН или РСУ.

- **Устойчивость** (рис.74) – задание дополнительных данных для расчета, расчет на устойчивость, анализ результатов расчета на устойчивость.



Рис.74. Панель Устойчивость

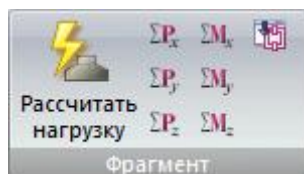


Рис.75. Панель Фрагмент

- **Фрагмент** (рис.75) – задание исходных данных. определение нагрузок на выделенные узлы расчетной схемы от оставшейся ее части, анализ результатов расчета.



Рис.76. Панель Сочетания

- **Сочетания** (рис.76) – расчет стандартных и произвольных линейных комбинаций загружений и расчетных сочетаний усилий.



Рис.77. Панель Инерция

- **Инерция** (рис.77) – инерционные силы и моменты в узлах, полученные в результате расчета на динамические воздействия по каждой форме колебаний.

- **Коэффициенты постели** (рис.78) – раскраска пластин в соответствии со значениями в них коэффициентов постели C1z, C2z, C1y, C2y, а также заданной вертикальной равномерно распределенной нагрузки Pz.

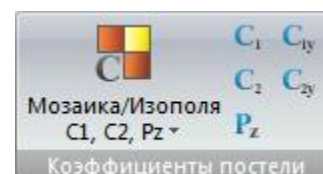


Рис.78. Панель Коэффициенты постели



Рис.79. Панель Инструменты

- **Инструменты** (рис.79) - основные инструменты для настройки режима графического отображения схемы, а также функции по дополнительному анализу результатов.

Панель **ЛИТЕРА** (рис.73) содержит следующие команды:

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

Мозаика/изополя главных и эквивалентных напряжений (рис.80) – раскрывающийся список с заменой, который содержит операции по отображению на экране одной из раскрасок пластин и объемных КЭ в соответствии со значениями главных и эквивалентных напряжений в конечных элементах

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

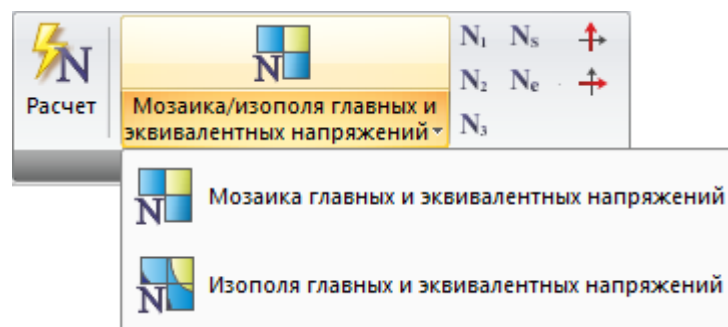


Рис.80. Раскрывающийся список **Мозаика/изополю главных и эквивалентных напряжений**

N1 – мозаика/изополю N1

N2 - мозаика/изополю N1

N3 - мозаика/изополю N1

Ns – мозаика/изополю Ns

Ne – мозаика/изополю Ne

Показать направления главных осей N1 - вывод на экран направления главных осей N1 на пластинах и объемных элементах после расчета по системе ЛИТЕРА.

Показать направления главных осей N3 - вывод на экран направления главных осей N3 на пластинах и объемных элементах после расчета по системе ЛИТЕРА.

Панель **Устойчивость** (рис.74) содержит следующие команды:

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

Коэффициенты по L_y - коэффициенты свободных длин, которые вычисляются системой УСТОЙЧИВОСТЬ для стержневых элементов в соответствии с коэффициентом запаса общей устойчивости.

Коэффициенты по L_z - коэффициенты свободных длин, которые вычисляются системой УСТОЙЧИВОСТЬ для стержневых элементов в соответствии с коэффициентом запаса общей устойчивости.

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

Панель **Фрагмент** (рис.75) 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:

Сила по X

Сила по Y

Сила по Z

Момент вокруг X

Момент вокруг Y

Момент вокруг Z

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

Панель **Сочетания** (рис.76) содержит следующие команды:

PCY (рис.81) – раскрывающийся список, который содержит команды для расчета сочетаний усилий и их унификаций:

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

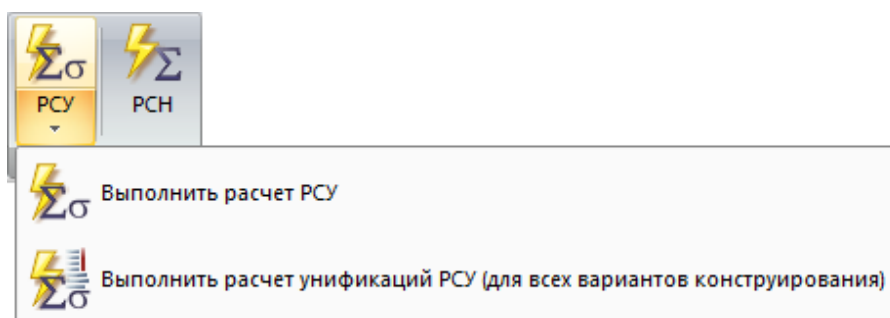


Рис.81. Раскрывающийся список PCY

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 загружений.

Панель **Инерция** (рис.77) содержит следующие команды:

- Jx** – инерционная сила по оси X
- Jy** – инерционная сила по оси Y
- Jz** – инерционная сила по оси Z
- Jux** – инерционный момент вокруг оси X
- Juy** – инерционный момент вокруг оси Y
- Juz** – инерционный момент вокруг оси Z

Панель **Коэффициенты постели** (рис.78) содержит следующие команды:

Мозаика/изополя C1, C2, Pz (рис.82) – раскрывающийся список с заменой для выбора способа графического отображения пластин в соответствии со значением в них коэффициентов постели и вертикальной равномерно-распределенной нагрузки:

- мозаика C1, C2, Pz;
- изополя C1, C2, Pz.

- C1** – раскраска пластин в соответствии со значением коэффициента C1
- C2** – раскраска пластин в соответствии со значением коэффициента C2
- C1y** – раскраска пластин в соответствии со значением коэффициента C1y
- C2y** – раскраска пластин в соответствии со значением коэффициента C2y
- Pz** – раскраска пластин в соответствии со значением коэффициента Pz

Панель **Инструменты** (рис.79) содержит следующие команды:

Шкала (рис.34) – см. вкладку **Создание и редактирование**, панель **Инструменты**, стр.31.

Изолинии (рис.35) – см. вкладку **Создание и редактирование**, панель **Инструменты**, стр.31.

Эпюра по сечению пластин – см. вкладку **Создание и редактирование**, панель **Инструменты**, стр.322.

Просуммировать нагрузки – см. вкладку **Анализ**, панель **Инструменты**, стр.41.

Мозаика нагрузок – см. вкладку **Анализ**, панель **Инструменты**, стр.41.

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

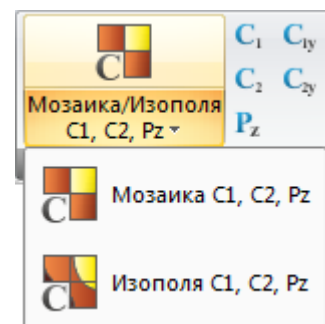


Рис.82. Раскрывающийся список Мозаика/изополя C1, C2, Pz

Вкладка Конструирование

Операции по заданию исходных данных для конструирования, расчет армирования, проверка и подбор стальных сечений, вывод на экран численной и графической информации о результатах расчета конструирующих систем, а также запуск локальных режимов.



Рис.83а. Вкладка Конструирование



Рис.83б. Вкладка Конструирование (продолжение)

Вкладка **Конструирование** (рис.83а,б) содержит следующие панели:

- **Расчет** (рис.84) – операции связанные с расчетом арматуры.

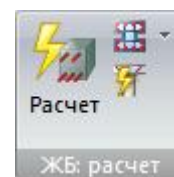


Рис.84. Панель Расчет

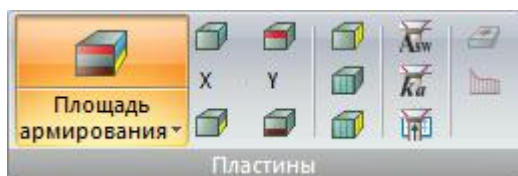


Рис.85. Панель Пластины

- **Пластины** (рис.85) – отображение результатов армирования в пластинчатых элементах одним из выбранных способов.

- **Стержни** (рис.86) – отображения результатов армирования в стержневых элементах одним из выбранных способов, а также конструирование балок и колонн.

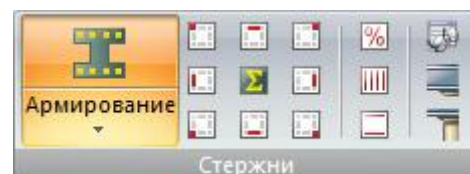


Рис.86. Панель Стержни

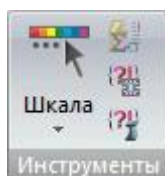


Рис.87. Панель Инструменты

- **Инструменты** (рис.87) - 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 также расчет унификаций РСУ и возможности связаться с результатами ж/б или стального расчета в случае какого-либо сбоя в программе или компьютере во время работы.

- **Конструирование** (рис.88) – операции по изменению жесткостей и заданию исходных данных для конструирования.

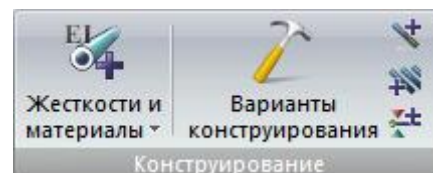


Рис.88. Панель Конструирование

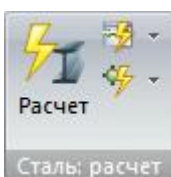


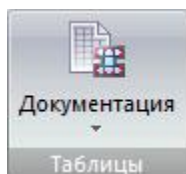
Рис.89. Панель Сталь: расчет

- **Сталь: расчет** (рис.89) – операции связанные с расчетом стальных элементов.

- **Сталь: проверка и подбор** (рис.90) – графическое отображение результатов проверки и подбора стальных сечений.



Рис.90. Панель Сталь: проверка и подбор

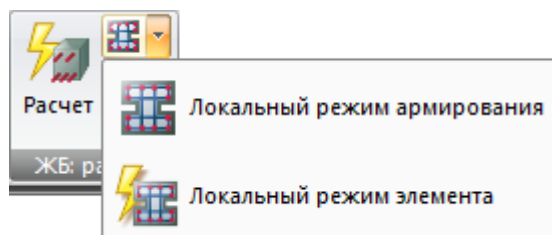
Рис.91. Панель
Таблицы

- **Таблицы** (рис.91) – вывод на экран численного представления результатов, а также запуск режимов для формирования отчета и пояснительной записки.

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

Локальный режим (рис.92) – раскрывающийся список, который содержит команды вызова локальных режимов армирования и элемента:

- локальный режим армирования;
- локальный режим элемента.

Рис.92. Раскрывающийся список
Локальный режим

Расчет продавливания - запуск процесса подбора арматуры продавливания в текущем варианте конструирования

Панель **Пластины** (рис.85) содержит следующие команды:

Площадь армирования (рис.93) – раскрывающийся список с заменой, который содержит команды для выбора способа отображения площадей продольной арматуры для пластинчатых элементов

- площадь армирования;
- арматура в виде отрезков.

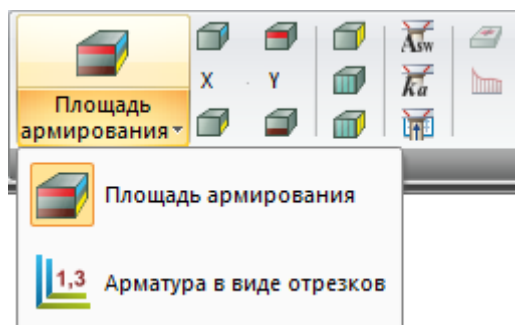


Рис.93. Раскрывающийся список Площадь армирования

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 на 1мм вдоль местной оси Y1 (с учетом заданного угла согласования осей)

Поперечная арматура на 1м² – подбор поперечной арматуры в расчете на 1м² при установленном флажке Подбирать поперечную арматуру на 1кв.м в диалоговом окне Общие характеристики при задании параметров для ж/б конструкций

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.

Эпюра по сечению пластин - вызов диалогового окна для задания информации для создания графика ординат (эпюр) на пластинах вдоль заданного отрезка

Панель **Стержни** (рис.86) содержит следующие команды:

Армирование (рис.94) – раскрывающийся список с заменой, который содержит операции по выбору графического представления на расчетной схеме результатов подбора симметричного, несимметричного армирования или армирования кольцевого сечения (процента армирования) в сечениях стержневых элементов

- симметрия;
- несимметрия;
- кольцо.

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.

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

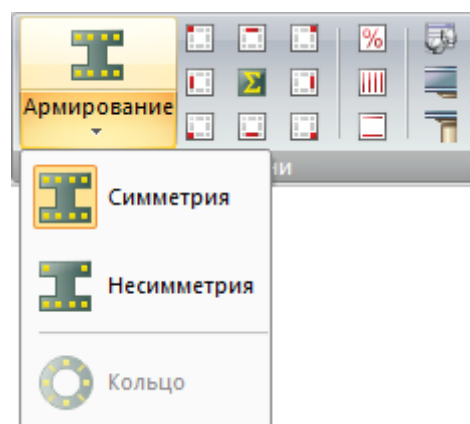


Рис.94. Раскрывающийся список **Армирование**

Конструирование балки - автоматизированного конструирования элементов расчетной схемы. Элементы должны входить в конструктивный элемент «балка» или им должен быть назначен вид «балка».

Конструирование колонны - автоматизированное конструирование элементов расчетной схемы. Элементы должны входить в конструктивный элемент «колонна» или им назначен вид «колонна».

Панель **Инструменты** (рис.87) содержит следующие команды:

Шкала (рис.95) - раскрывающийся список, который содержит 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 также операции по настройке обновления шкалы и цветового отображения объектов схемы на экране:

- параметры шкалы;
- цвета;
- начальная настройка шкалы;
- обновление шкалы в режиме фрагментации;
- обновление шкалы в режиме «Увеличить»;
- армирование пластин.

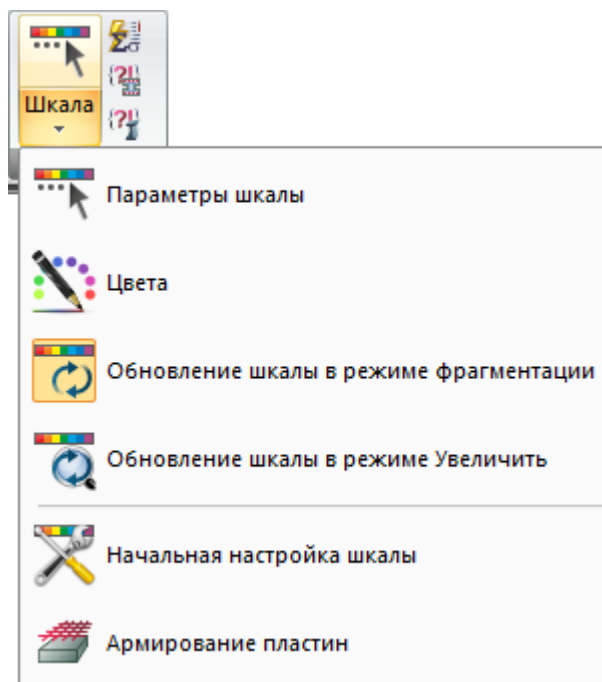


Рис.95. Раскрывающийся список Шкала

Выполнить расчет унификаций РСУ – запуск расчетного процессора, в результате работы которого формируются таблицы унификации для подбора арматуры в железобетонных элементах, а также подбора и проверки стальных сечений, входящих в унифицированные группы

Связаться с результатами ж/б расчета – восстановление связи графической среды ВИЗОР-САПР с результатами ж/б расчета в случае какого-либо сбоя в программе или в компьютере во время работы.

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

Панель **Конструирование** (рис.88) содержит следующие команды:

Жесткости и материалы (рис.96) – раскрывающийся список, содержащий 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;
- расчетные жесткости.

Варианты конструирования – см. вкладку **Расширенное редактирование**, панель **Конструирование**, стр.33.

Конструктивные элементы - см. вкладку **Расширенное редактирование**, панель **Конструирование**, стр.33.

Унификация элементов – см. **Расширенное редактирование**, панель **Конструирование**, стр.33.

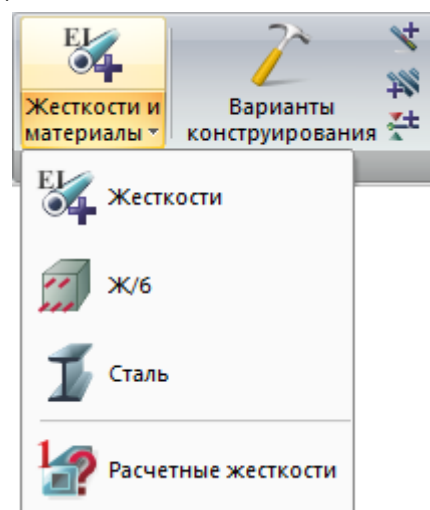
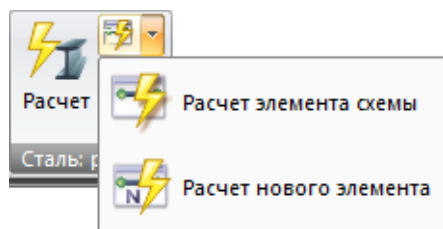


Рис.96. Раскрывающийся список Жесткости и материалы

Раскрепления для прогибов – см. вкладку **Расширенное редактирование**, панель **Конструирование**, стр. 33.

Панель **Сталь: расчет** (рис.89) содержит следующие команды:

Стальной расчет – стальной расчет схемы (проверка и подбор элементов) по расчетным сочетаниям усилий (PCY), расчетным сочетаниям нагрузжений (PCH) или усилиям от нагрузжений.



Расчет элемента схемы (рис.97) – раскрывающийся список с заменой, который содержит операции по расчету отдельных новых элементов или элементов схемы, т.е. фактически создание отдельной локальной задачи.

- расчет элемента схемы;
- расчет нового элемента.

Рис.97. Раскрывающийся список **Расчет элемента схемы**

Расчет узлов (рис.98) – раскрывающийся список с заменой, который содержит операции по расчету узлов схемы, новых и составных узлов

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

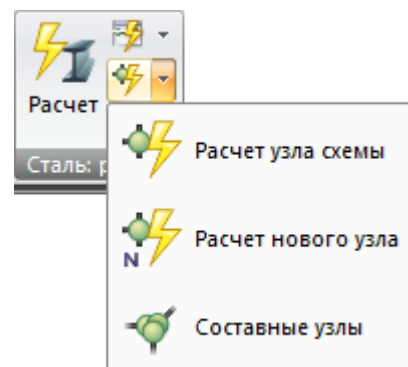


Рис.98. Раскрывающийся список **Расчет узлов**

Панель **Сталь: проверка и подбор** (рис.90) содержит следующие команды:

Проверка, 1ПС – раскраска стержней схемы цветами согласно проценту использования назначенных сечений по прочности и общей устойчивости.

Проверка, 2ПС – раскраска стержней схемы цветами согласно проценту использования назначенных сечений по прогибу и предельной гибкости.

Проверка, МУ – раскраска стержней схемы цветами согласно проценту использования назначенных сечений по местной устойчивости их полки и стенки.

Подбор, 1ПС – раскраска стержней схемы цветами согласно проценту использования подобранных сечений по прочности и общей устойчивости.

Подбор, 2ПС – раскраска стержней схемы цветами согласно проценту использования подобранных сечений по прогибу и предельной гибкости.

Подбор, МУ – раскраска стержней схемы цветами согласно проценту использования подобранных сечений по местной устойчивости их полки и стенки.

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

Панель **Таблицы** (рис.91) содержит следующие команды:

Документация (рис.100) – раскрывающийся список с заменой, который содержит операции для формирования документации по текущей задаче, таблиц по результатам статического/динамического расчета и расчета конструирования, создание и компоновка чертежей с различными зафиксированными вариантами расчетной схемы и результатов расчета, формирование отчета или пояснительной записки.

- таблицы результатов для ж/б;
- таблицы результатов для стали;
- стандартные таблицы;
- интерактивные таблицы;

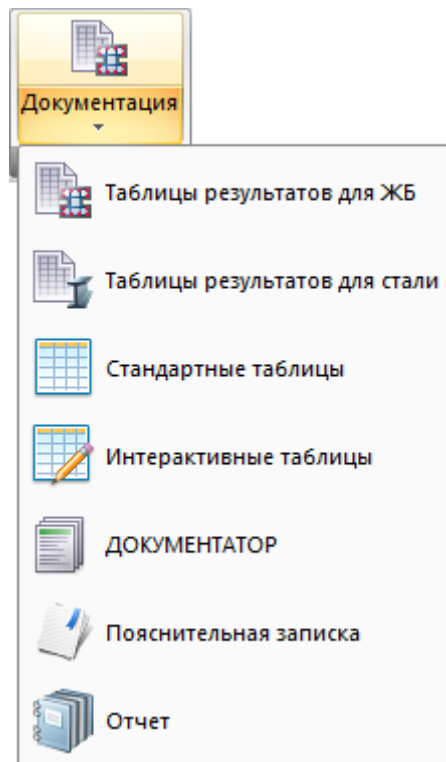


Рис.100. Раскрывающийся список **Документация**

- документатор;
- пояснительная записка;
- отчет.

Контекстная вкладка Работа с узлами

Операции, применимые к узлам схемы, активируется при отметке узлов.

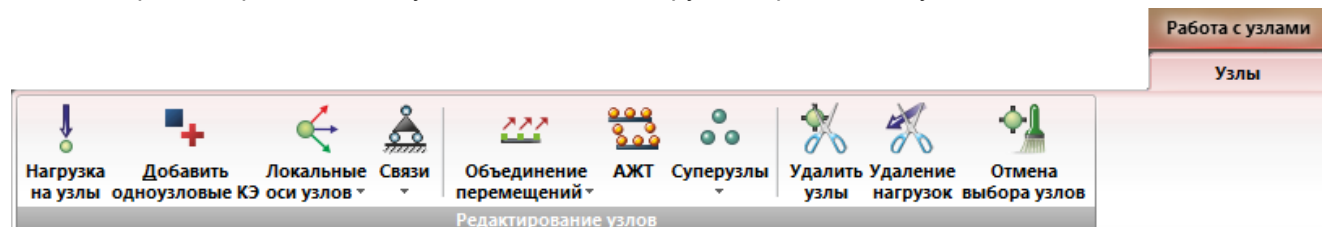


Рис.101. Контекстная вкладка **Работа с узлами**

Контекстная вкладка **Работа с узлами** (рис.101) содержит следующую панель:

- **Редактирование узлов** (рис.102) – операции по назначению и редактированию свойств узлов схемы.

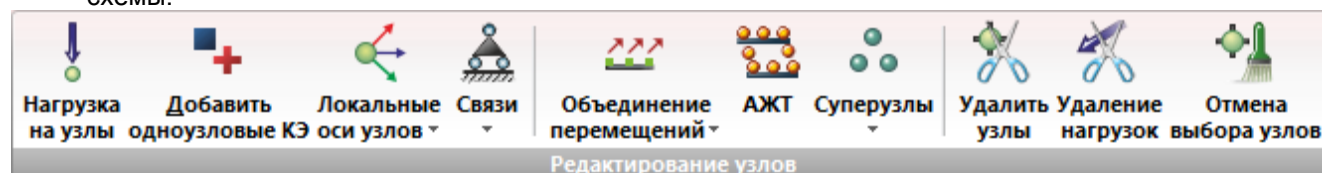


Рис.102. Панель **Редактирование узлов**

Панель **Редактирование узлов** (рис.102) содержит следующие команды:

Нагрузка на узлы – назначение нагрузки на отмеченные узлы схемы.

Добавить одноузловые КЭ – вызов диалогового окна **Добавить узел** на закладке добавления одноузловых КЭ.

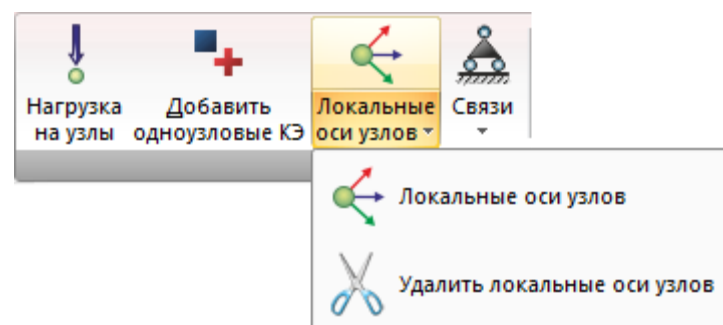


Рис.103. Раскрывающийся список **Локальные оси узлов**

Локальные оси узлов (рис.103) – раскрывающийся список, который содержит операции по формированию локальной системы координат узла.

- локальные оси узлов;
- удалить локальные оси узлов

Связи (рис.104) – раскрывающийся список, который содержит команды по назначению или удалению направлений, по которым требуется запретить перемещения узлов - X, Y, Z, UX, UY, UZ.

- назначить связи;
- удалить связи.

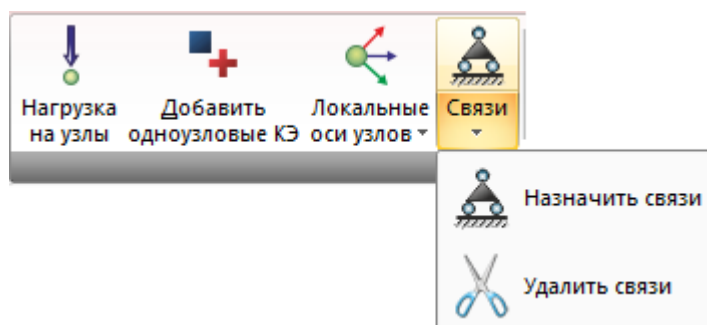


Рис.104. Раскрывающийся список **Связи**

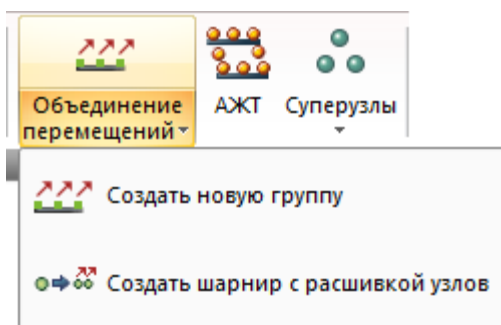


Рис.105. Раскрывающийся список **Объединение перемещений**

АЖТ – вызов диалогового окна для моделирования работы фрагментов расчетной схемы как абсолютно жестких тел (АЖТ).

Суперузлы (рис.106) – раскрывающийся список, который содержит команды по назначению узлам схемы или отмене статуса суперузлов.

- суперузлы;
- отменить суперузлы.

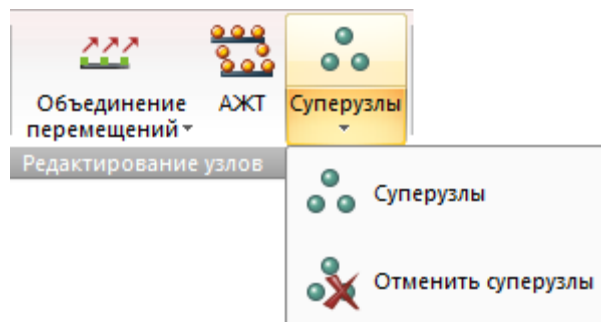


Рис.106. Раскрывающийся список **Суперузлы**

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.

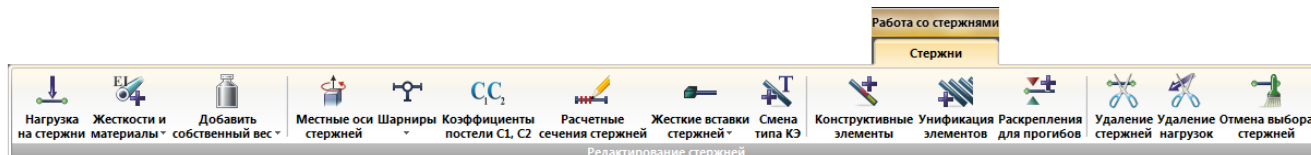


Рис.107. Контекстная вкладка **Работа со стержнями**

Контекстная вкладка **Работа со стержнями** (рис.107) содержит следующую панель:

- **Редактирование стержней** (рис.108а, б) – операции по назначению и редактированию свойств стержневых элементов схемы.

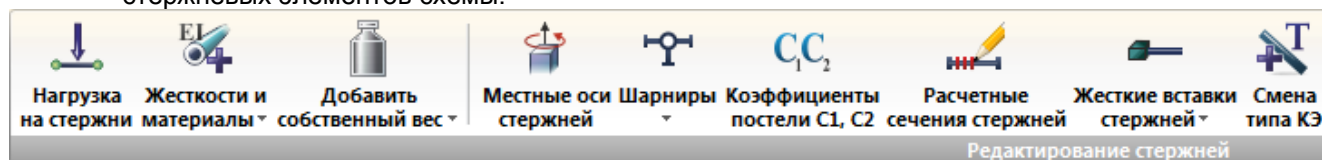


Рис.108а. Панель Редактирование стержней

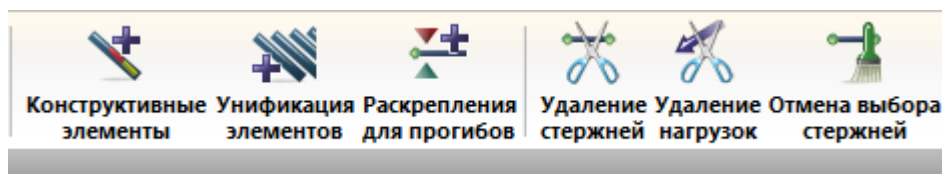


Рис.108 б. Панель Редактирование стержней (продолжение)

Панель **Редактирование стержней** (рис.108а,б) содержит следующие команды:

Нагрузка на стержни – назначение нагрузки на отмеченные стержневые элементы схемы.

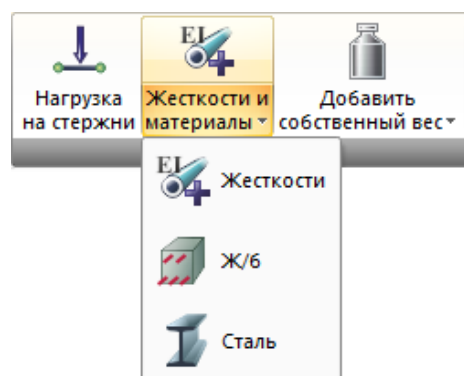


Рис.109. Раскрывающийся список **Жесткости и материалы**

Добавить собственный вес (рис.110) – раскрывающийся список, который содержит операции по заданию или удалению собственного веса с выделенных или всех элементов схемы.

- добавить собственный вес;
- удалить собственный вес.

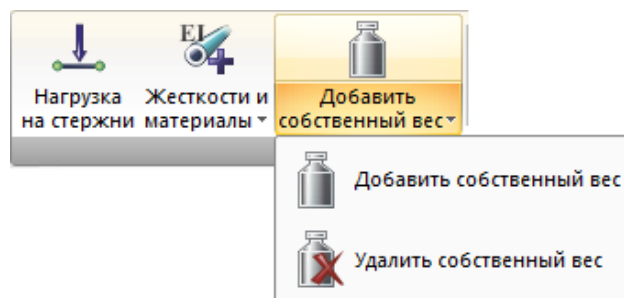


Рис.110. Раскрывающийся список **Добавить собственный вес**

Местные оси стержней – вызов диалогового окна для задания угла чистого вращения стержней.

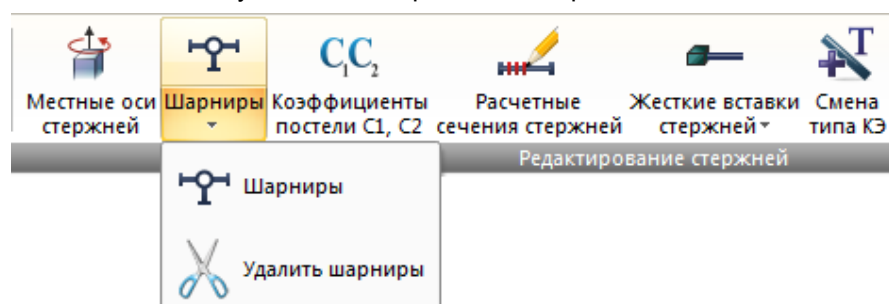


Рис.111. Раскрывающийся список **Шарниры**

Шарниры (рис.111) – раскрывающийся список, который содержит операции по заданию или удалению шарниров в начале или в конце стержня.

- задать шарниры;
- удалить шарниры.

Коэффициенты постели C1, C2 – вызов диалогового окна для задания коэффициентов постели C1 и C2 на отмеченный элемент или группу элементов.

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 (рис.112) – раскрывающийся список, который содержит операции по заданию и удалению жестких вставок в начале (1-й узел) и/или в конце (2-ой узел) стержня.

- жесткие вставки стержней;
- удалить жесткие вставки стержней.

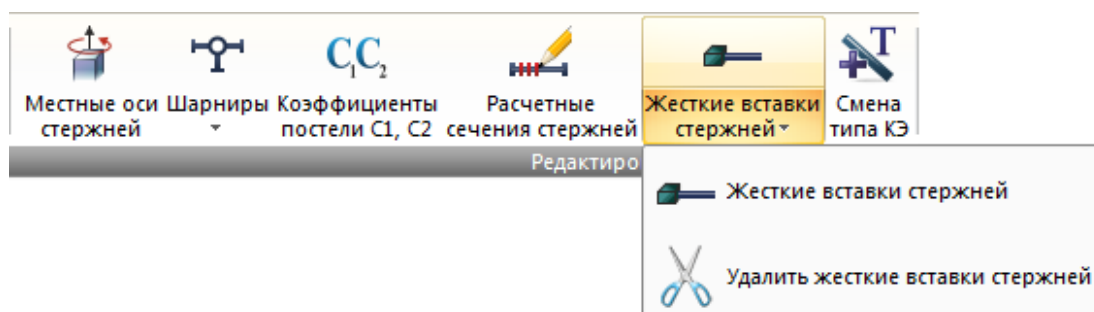


Рис.112. Раскрывающийся список **Жесткие вставки стержней**

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

Конструктивные элементы – вызов диалогового окна для объединения выделенных стержневых элементов в конструктивный элемент.

Унификация элементов – вызов диалогового окна для объединения выделенных стержневых элементов в Унифицированные группы.

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

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.

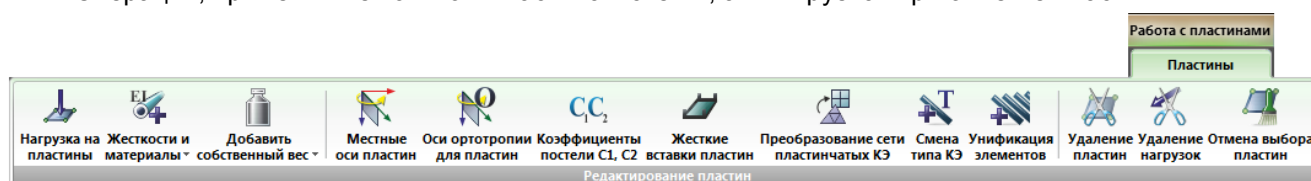


Рис.113. Контекстная вкладка Работа с пластинами

Контекстная вкладка **Работа с пластинами** (рис.113) содержит следующую панель:

- **Редактирование пластин** (рис.114а,б) – операции по назначению и редактированию свойств пластинчатых элементов схемы.

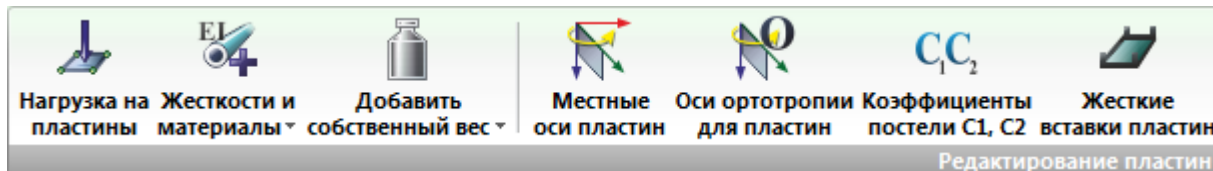


Рис.114 а. Панель Редактирование пластин

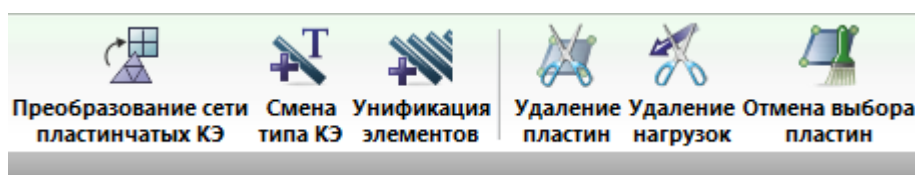


Рис.114 б. Панель Редактирование пластин (продолжение)

Панель **Редактирование пластин** (рис.114а,б) содержит следующие команды:

Нагрузка на пластины - назначение нагрузки на отмеченные пластинчатые элементы схемы.

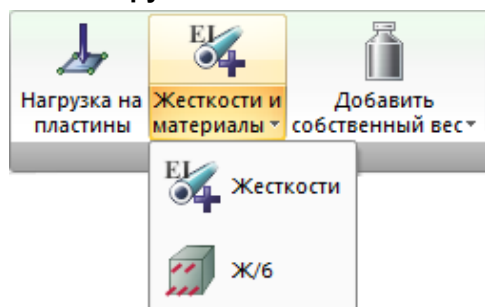


Рис.115. Раскрывающийся список Жесткости и материалы

Жесткости и материалы (рис.115) - 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.

Добавить собственный вес (рис.116) - раскрывающийся список, который содержит операции по заданию или удалению собственного веса с выделенных или всех элементов схемы.

- добавить собственный вес;
- удалить собственный вес.

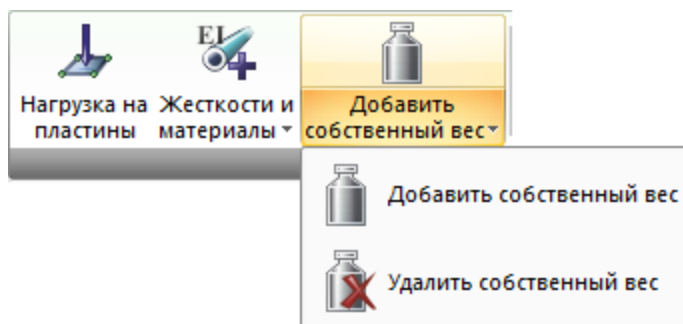


Рис.116. Раскрывающийся список
Добавить собственный вес

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 – вызов диалогового окна для задания коэффициентов постели C1 и C2 на отмеченный элемент или группу элементов.

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 - вызов диалогового окна для корректировки предварительно сформированной сети конечных элементов, моделирующей как плоские, так и пространственные поверхности.

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

Унификация элементов – вызов диалогового окна для объединения выделенных элементов в Унифицированные группы.

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 увеличения ее.



Рис.121. Панель инструментов **Выбор**

Панель инструментов **Выбор** (рис.121) 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.122) – раскрывающийся список с заменой, который содержит операции по отметке узлов расчетной схемы одним из способов

- отметка узлов;
- отметить совпадающие узлы.

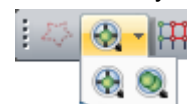


Рис.122. Раскрывающийся список **Отметка узлов**

Отметить узлы, принадлежащие отмеченным элементам; - автоматическая отметка узлов, принадлежащих ранее отмеченным элементам.



Отметка элементов (рис.123) – раскрывающийся список с заменой, который содержит операции по отметке элементов расчетной схемы одним из способов.

Рис.123. Раскрывающийся список **Отметка элементов**

- отметка элементов;
- отметить совпадающие элементы.

Отметка вертикальных стержней - отметка вертикальных стержней на схеме одиночным указанием курсора или растягиванием вокруг нужных стержней «резинового окна».

Отметка горизонтальных стержней - отметка горизонтальных стержней на схеме одиночным указанием курсора или растягиванием вокруг нужных стержней «резинового окна».

Отметить элементы, примыкающие к отмеченным узлам - отметка элементов, примыкающих к отмеченным узлам.

Отметка блока (124) – раскрывающийся список с заменой, который содержит операции по отметке блоков расчетной схемы одним из способов.

- отметка блока
- отметить блок №



Рис.124. Раскрывающийся список
Отметка блока

Отметка конструктивного элемента (рис.125) – 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.125. Раскрывающийся список
Отметка конструктивного элемента

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.

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 (посредством операций, содержащихся в меню ВЫБОР).

Инверсная фрагментация - отображение на экране только неотмеченных узлов и 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 - более детальное изображение фрагмента 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.126) – раскрывающийся список с заменой, который содержит операции для вычисления геометрических параметров схемы – расстояний между двумя узлами, углов, площадей плоских фигур.



Рис. 126. Раскрывающийся список
Информация о размерах

- информация о длинах – вычисление расстояния между двумя узлами схемы;
- информация об углах – вычисление угла путем указания трех узлов схемы;
- информация о площадях – вычисление площади фигуры путем последовательного указания узлов, являющихся ее вершинами.

Перерисовать - перерисовка схемы в случае необходимости.

Флаги рисования - установка флагов рисования, то есть информации, изображаемой непосредственно на схеме, а также установки опций отображения схемы.

Панель инструментов Вращение

Операции, позволяющие представлять расчетную схему на экране различными способами.



Рис.127. Панель инструментов Вращение

Панель инструментов **Вращение** (рис.127) может видоизменяться в зависимости от добавляемых или удаляемых пользователем команд. По умолчанию, данная панель инструментов содержит следующие команды:

Диметрическая фронтальная проекция - представление расчетной схемы в изометрической проекции.

Изометрическая проекция – представление расчетной схемы в изометрической проекции, где оси образуют между собой углы в 120° , пользователь смотрит на схему как-бы из начала системы координат.

Проекция XOZ (рис.128)– раскрывающийся список с заменой, который содержит команды по представлению расчетной схемы в проекции на плоскость XOZ.

- проекция XOZ (+);
- проекция XOZ (-).



Рис.128. Раскрывающийся список Проекция на плоскость XOZ

Проекция XOY (рис.129) – раскрывающийся список с заменой, который содержит команды по представлению расчетной схемы в проекции на плоскость XOY.

- проекция XOY (+);
- проекция XOY (-).



Рис.129. Раскрывающийся список Проекция на плоскость XOY

Проекция YOZ (рис.130) - раскрывающийся список с заменой, который содержит команды по представлению расчетной схемы в проекции на плоскость YOZ.

- проекция YOZ (+);
- проекция YOZ (-).



Рис.130. Раскрывающийся список Проекция на плоскость YOZ

Проекция на произвольную плоскость - представление расчетной схемы в проекции на произвольную плоскость.

Вращение (рис.131) – раскрывающийся список с заменой, который содержит команды для поворота расчетной схемы вокруг осей.

- 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

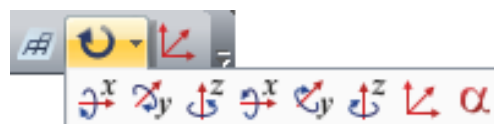


Рис.131. Раскрывающийся список Вращение

Начальное положение – восстановление начального положения схемы после выполнения операций поворота.

Пример 1. Расчет плоской рамы

Цели и задачи:

- составить расчетную схему плоской рамы;
- показать процедуру использования вариантов конструирования;
- заполнить таблицу 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.

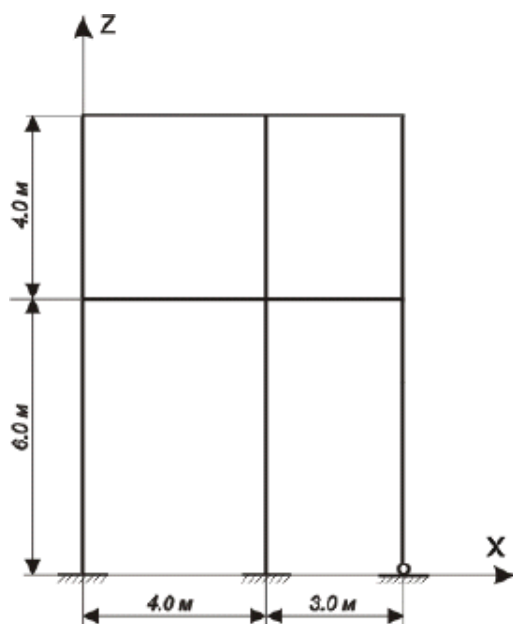


Рис.1.1. Схема рамы

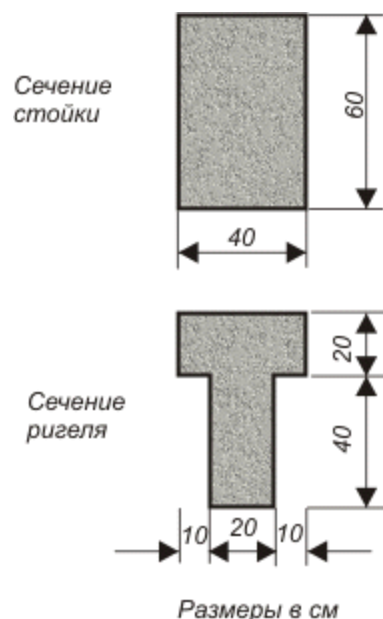


Рис.1.2. Сечения элементов рамы

Расчет произвести в четырех загрузках, показанных на рис.1.3.

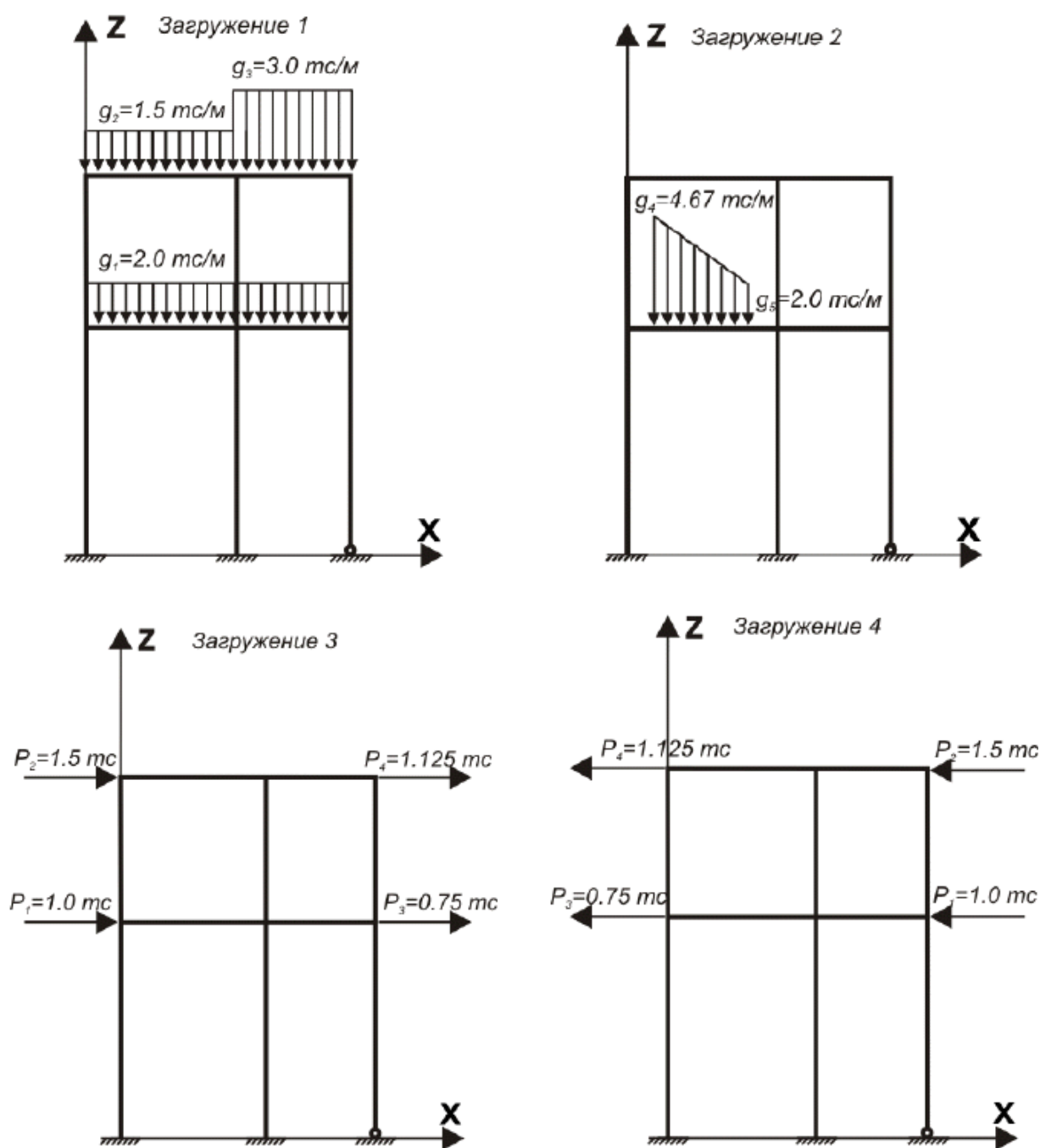




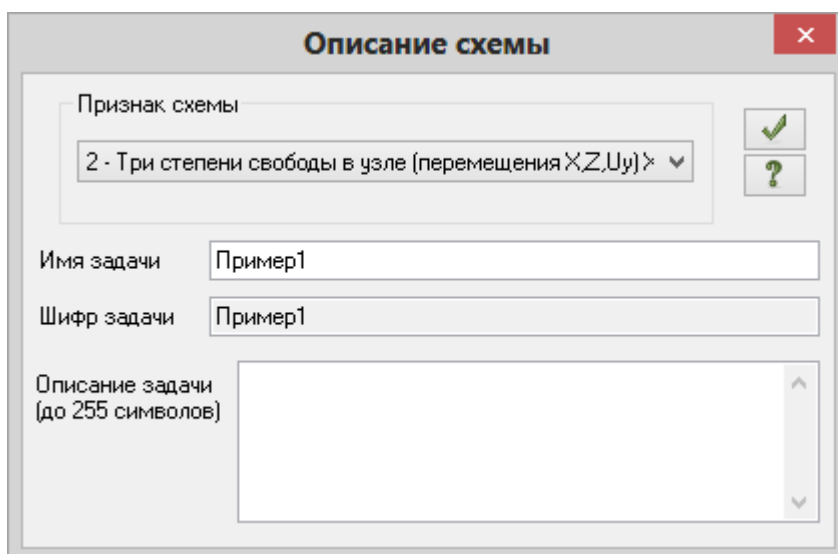
Рис.1.3. Схемы загрузок рамы

Для того чтобы начать работу с ПК ЛИРА-САПР®, выполните следующую команду Windows:
Пуск ⇒ Программы (Все программы) ⇒ LIRA SAPR ⇒ ЛИРА-САПР 2013 ⇒ ЛИРА-САПР 2013.

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** (шифр задачи по умолчанию совпадает с именем задачи);
 - 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




– Второй признак схемы (Три степени свободы в узле) или на панели быстрого

доступа в раскрывающемся списке **Новый** выберите команду  **– Второй признак схемы (Три степени свободы в узле)**. После этого нужно задать только имя задачи.

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**.

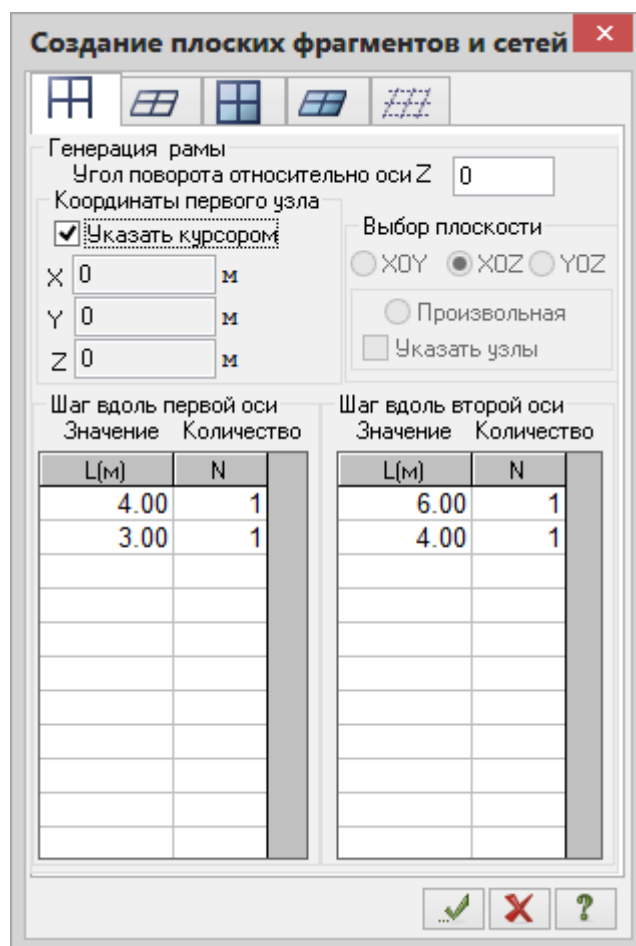






Рис.1.5. Диалоговое окно Создание плоских фрагментов и сетей

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.

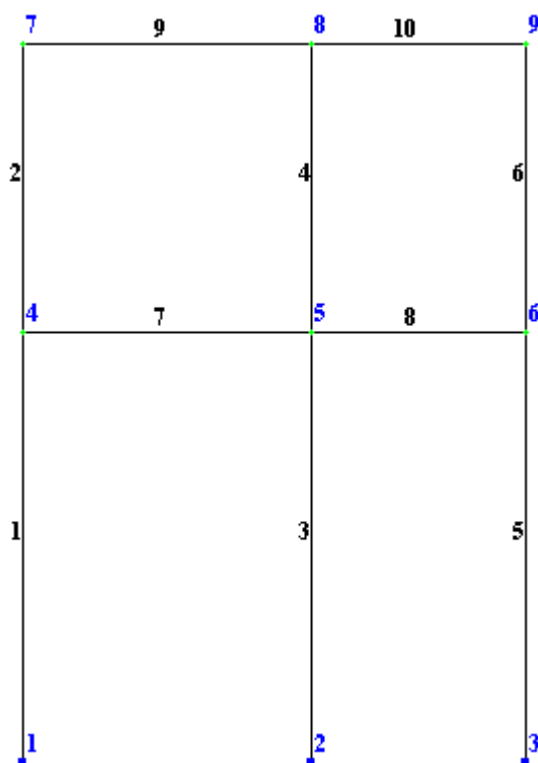



Рис.1.6. Нумерация узлов и элементов расчетной схемы



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).




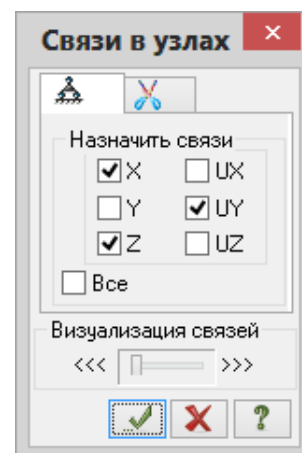
Отметка узлов выполняется с помощью одиночного указания курсором или растягиванием вокруг нужных узлов «резинового окна».


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  – **Применить** (узлы окрашиваются в синий цвет).



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  – **Применить**.

Рис.1.7. 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.1.8) щелчком по кнопке  – **Варианты конструирования** (панель **Конструирование** на вкладке **Расширенное редактирование**).
- В этом диалоговом окне задайте параметры для первого варианта конструирования:
 - в раскрывающемся списке **Расчет сечений по:** выберите строку **РСУ**;
 - остальные параметры принимаются по умолчанию.
- После этого щелкните по кнопке  – **Применить**.

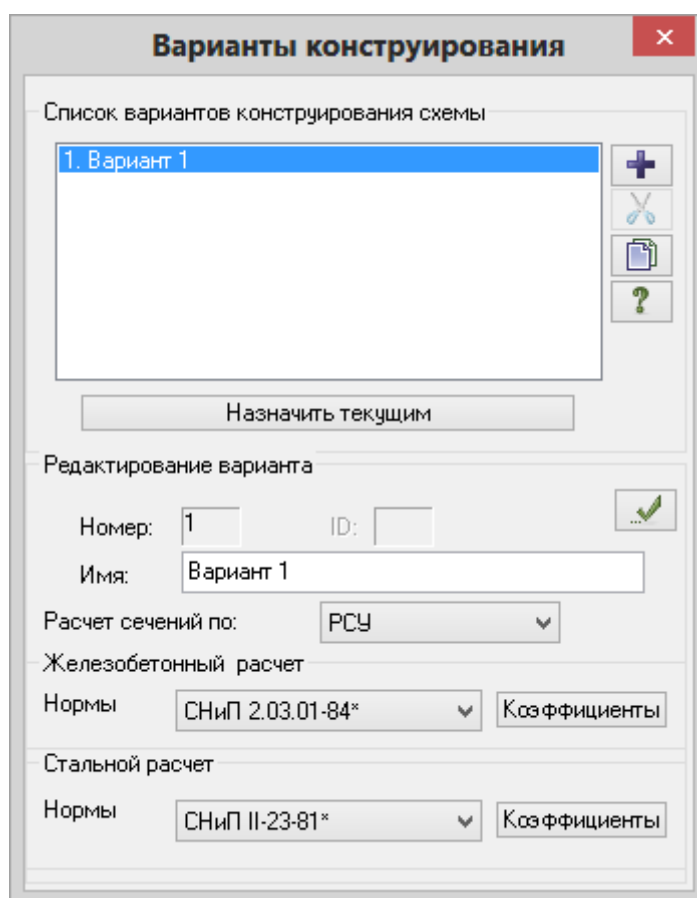


Рис.1.8. Диалоговое окно **Варианты конструирования**

- 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, коэффициенты постели упругого основания.

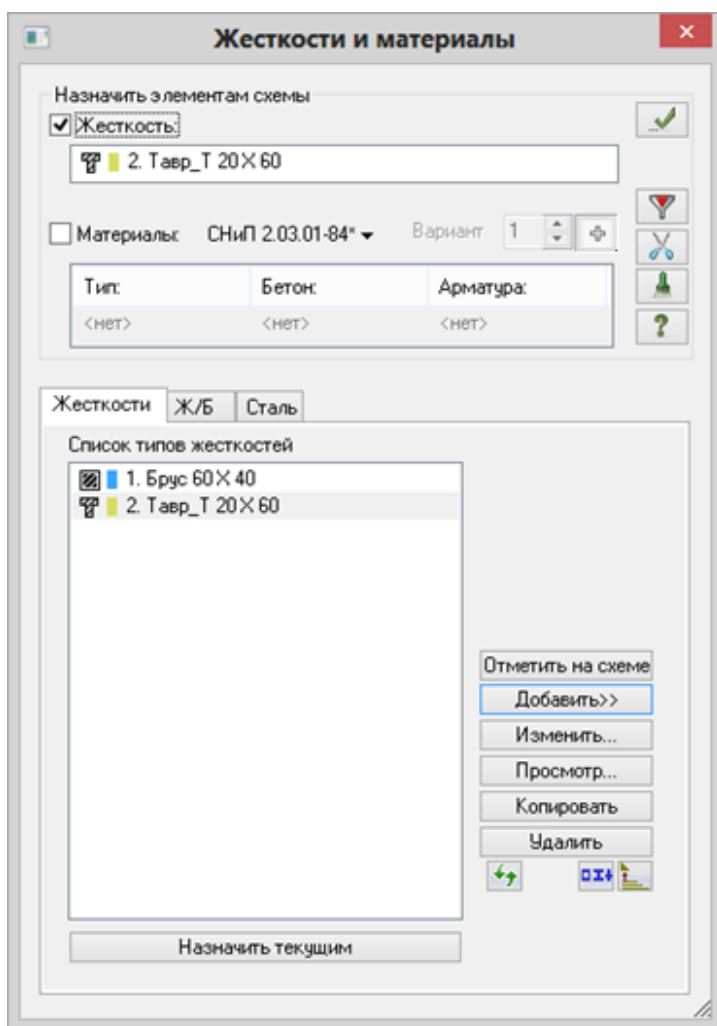
Общая схема задания жесткостных характеристик такова:

- 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;

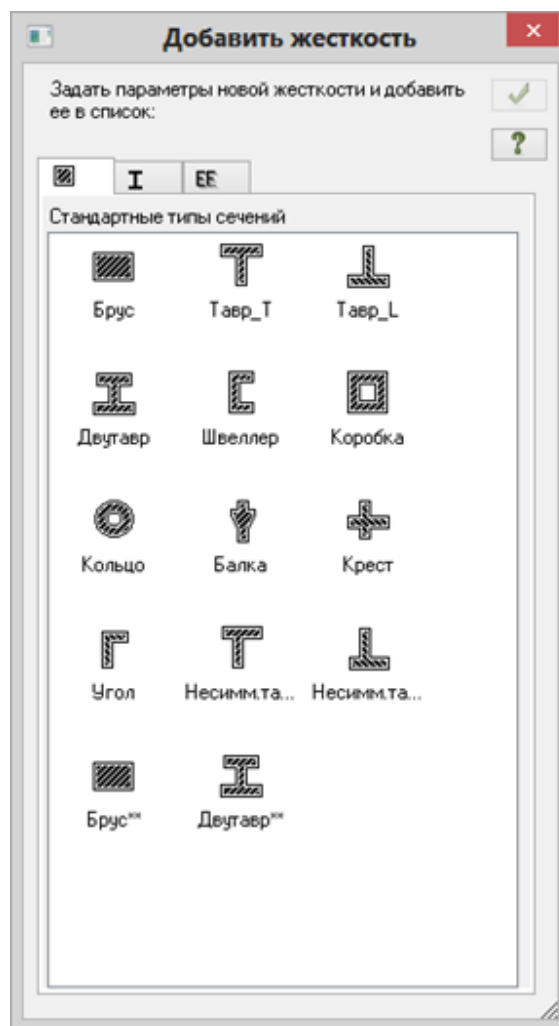
- кнопкой  – **Применить** всем выделенным элементам присваиваются жесткостные характеристики, содержащиеся в текущем типе жесткости.

Диалоговое окно **Добавить жесткость**, которое вызывается щелчком по кнопке **Добавить** диалогового окна **Жесткости и материалы** при активной закладке **Жесткости**, имеет три закладки графического меню, и предоставляет доступ к библиотеке жесткостных характеристик. По умолчанию открывается закладка **Стандартные типы сечений**. Две других закладки содержат: диалоговые окна для задания характеристик из базы типовых сечений стального проката 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 **нестандартного** и **тонкостенного сечений**.

- Щелчком по кнопке  – **Жесткости и материалы** (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).




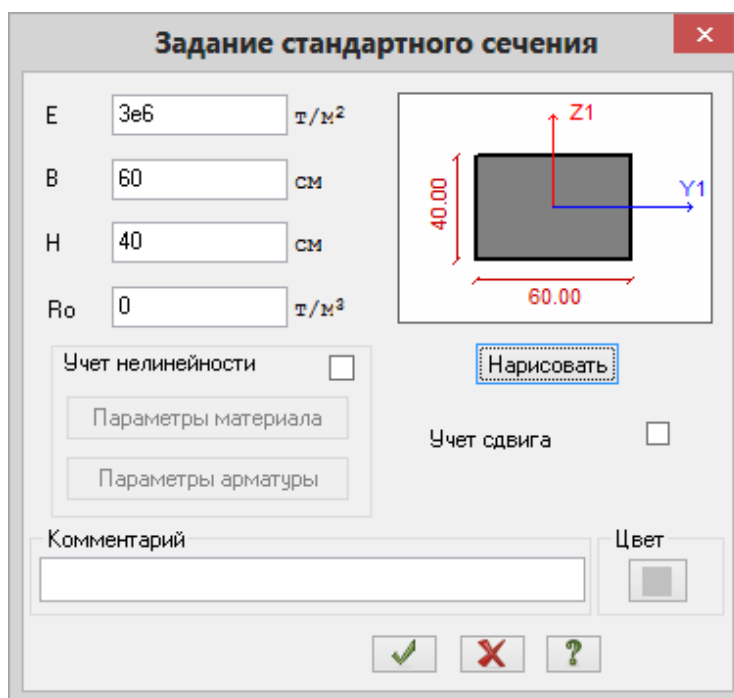
а




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 – $E = 3e6 \text{ т/м}^2$ (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**.

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**:
 - модуль упругости – $E = 3e6 \text{ т/м}^2$;
 - геометрические размеры – $B = 20 \text{ см}$; $H = 60 \text{ см}$; $B1 = 40 \text{ см}$; $H1 = 20 \text{ см}$.
- 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

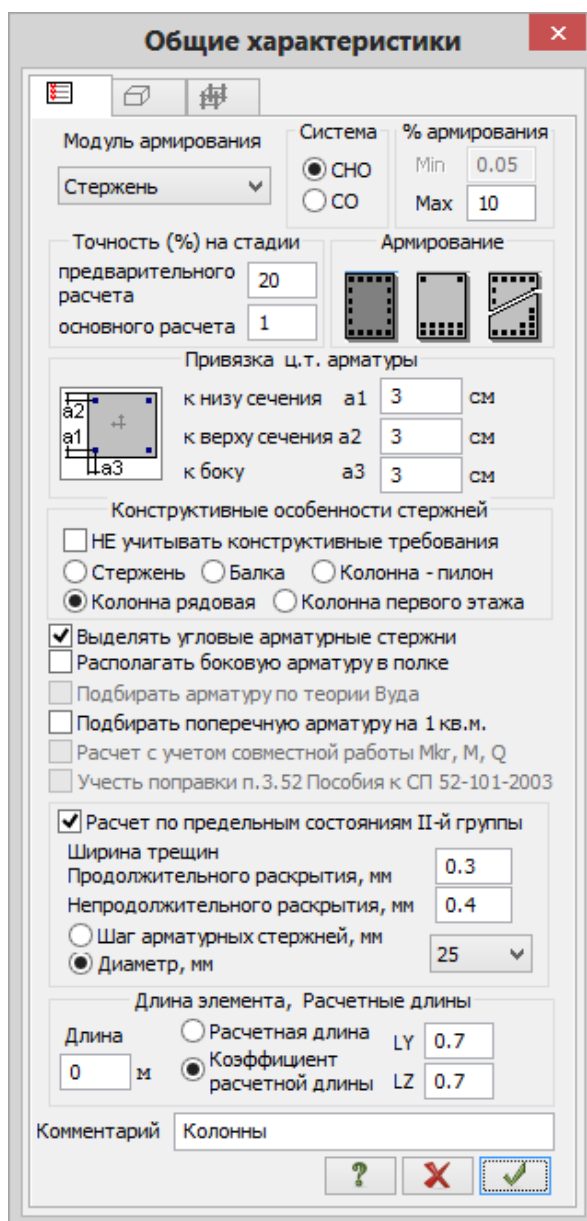



Режим **Железобетонные конструкции** предназначен для подбора арматуры и конструирования железобетонных стержневых и пластинчатых элементов. Проверка и конструирование сечений выполняется в соответствии с требованиями норм СНиП 2.03.01-84, ТСН102-00, ДСТУ 3760-98, СП 63.13330.2012, ДБН В.2.6-98:2009 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 диалоговых окон.


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).
- После этого включите радио-кнопку **Тип** и щелкните по кнопке **Добавить**.
- На экран выводится диалоговое окно **Общие характеристики** (рис.1.11), в котором задайте следующие параметры для колонн:
 - в раскрывающемся списке **Модуль армирования** выберите строку **Стержень**;
 - в поле **Армирование** выберите тип армирования **Симметричное**;
 - в поле Конструктивные особенности стержней включите радио-кнопку Колонна рядовая и снимите флажок Не учитывать конструктивные требования;
 - в поле Расчет по предельным состояниям II-й группы включите радио-кнопку Диаметр;
 - в раскрывающемся списке выберите строку соответствующую диаметру арматуры **25 мм**;
 - в поле Длина элемента, Расчетные длины включите радио-кнопку Коэффициент расчетной длины;
 - задайте параметры **LY = 0.7, LZ = 0.7**;
 - в строке **Комментарий** задайте **Колонны**;
 - все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.
- После этого щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.


Рис.1.11. Диалоговое окно **Общие характеристики**

- Система возвращается к диалоговому окну **Жесткости и материалы**, в котором снова щелкните по кнопке **Добавить**.
- В новом окне **Общие характеристики** задайте параметры для балок:
 - в поле **Армирование** выберите тип армирования **Несимметричное**;
 - в поле Конструктивные особенности стержней включите радио-кнопку Балка и снимите флажок Не учитывать конструктивные требования;
 - в поле Расчет по предельным состояниям II-й группы включите радио-кнопку Диаметр;
 - в раскрывающемся списке выберите строку соответствующую диаметру арматуры **25 мм**;
 - в строке **Комментарий** задайте **Балки**;
 - все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.
- После этого щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.
- В диалоговом окне **Жесткости и материалы** включите радио-кнопку **Бетон**.
- Щелкните по кнопке **По умолчанию** (этой операцией по умолчанию принимается бетон класса В25).
- В этом же окне включите радио-кнопку **Арматура**.
- Щелкните по кнопке **По умолчанию** (этой операцией по умолчанию принимается арматура класса А-III).


Назначение жесткостей и материалов элементам рамы


- Щелкните по кнопке  – **Отметка горизонтальных стержней** на панели инструментов **Панель выбора** (при этом 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.стержень**, класс бетона – **1.В25** и класс арматуры – **1.А-III**).
- 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** (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** включите радио-кнопку **Тип** и в списке типов общих свойств материалов для железобетонных конструкций выделите курсором строку **1.стержень 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).
- 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** панели инструментов **Панель выбора**, чтобы снять активность с операции выделения вертикальных стержневых элементов.

Этап 6. Задание нагрузок

**Выбор загрузки**

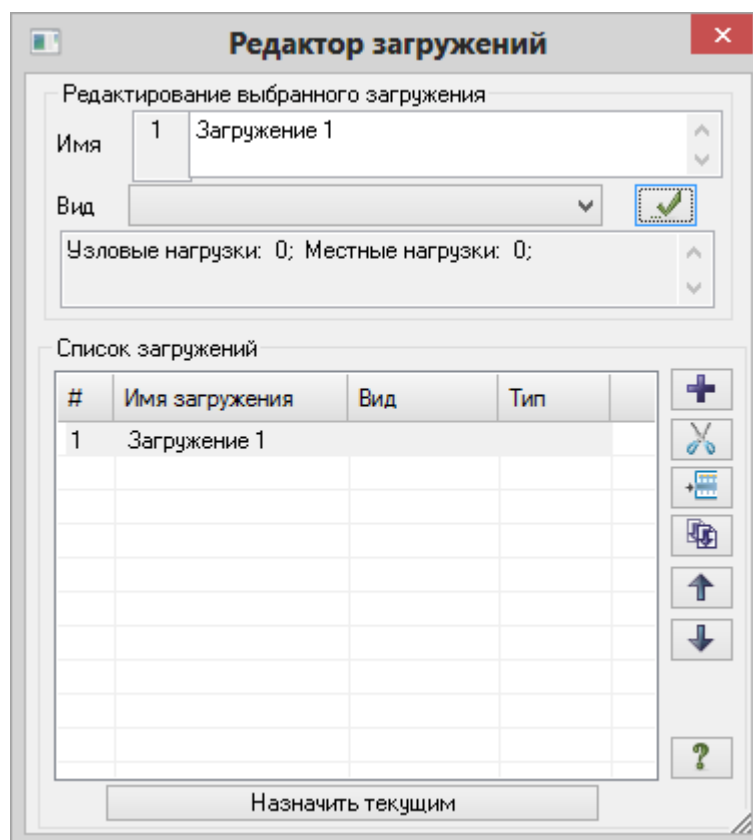
Допускается задание до 300 загрузок. Каждому загрузке присваивается номер, произвольное имя и вид. Загрузка может содержать любое количество нагрузок. Номер, имя и вид загрузки присваиваются с помощью диалогового окна **Редактор загрузок**

(рис.1.12), которое вызывается щелчком по кнопке  – **Редактор загрузок** (панель **Нагрузки** на вкладке **Создание и редактирование**). По умолчанию, в начале работы программы, принято имя **Загрузка 1**. Вид загрузки позволяет автоматически формировать таблицу РСУ с параметрами, принятыми по умолчанию. Взаимосвязь между загрузками 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 загрузке**, номер которого был задан заранее. Окно содержит также закладку для **корректировки или удаления нагрузок текущего загрузки**.

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 нагрузок. Приложенные нагрузки и воздействия заносятся в поле списка нагрузок – **Текущая нагрузка**.

Рис.1.12. Диалоговое окно **Редактор загрузок**



Задание расширенной информации о загрузках

- Вызовите диалоговое окно **Редактор загрузок** (рис.1.12) щелчком по кнопке  – **Редактор загрузок** (панель **Нагрузки** на вкладке **Создание и редактирование**).
- Для Загрузки 1 в поле **Редактирование выбранного загрузки** выберите в раскрывающемся списке **Вид** строку **Постоянное** и щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Чтобы добавить второе загрузку, в поле **Список загрузок** щелкните по кнопке  – **Добавить загрузку (в конец)**.
- Для Загрузки 2 в поле **Редактирование выбранного загрузки** 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 загрузки** 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 загрузки** выберите в раскрывающемся списке **Вид** строку **Мгновенное** и щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Чтобы перейти к формированию первого загрузки, в поле **Список загрузок** выделите первую строку **1. Загрузка 1** и щелкните по кнопке **Назначить текущим** (можно назначить текущее загрузку двойным щелчком по строке списка).



Задание расширенной информации о загрузках можно также после формирования загрузок. В этом случае нужно задать только вид загрузки.

Формирование загрузки № 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**.

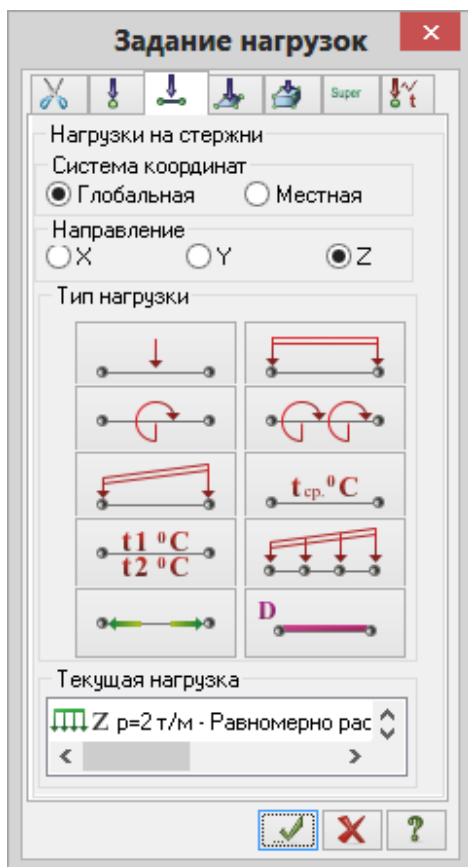


Рис.1.13. Диалоговое окно Задание нагрузок

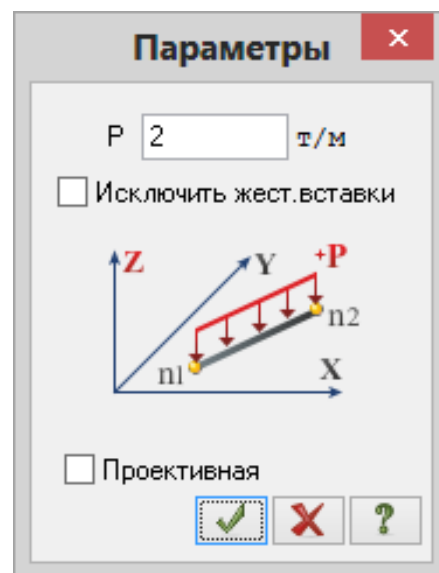
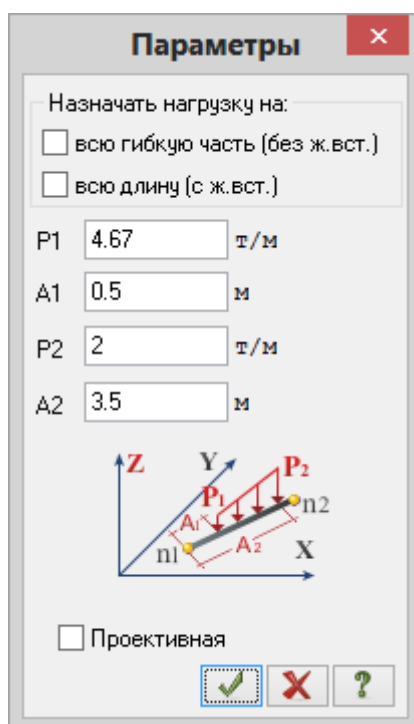


Рис.1.14. Диалоговое окно Параметры





- 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).
- 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 нагружения щелчком по кнопке – **Следующее нагружение** в строке состояния (находится в нижней области рабочего окна) или с помощью диалогового окна **Редактор нагружений**.
- 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**.



Рис.1.15. Диалоговое окно **Параметры** (трапециевидная нагрузка)

Формирование загрузки № 3

- Смените номер текущего загрузки щелчком по кнопке  – **Следующее загрузка** в строке состояния (находится в нижней области рабочего окна) 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 – $P_1 = 1 \text{ т}$;
 - в узле № 9 – $P_2 = 1.5 \text{ т}$;
 - в узле № 7 – $P_4 = 1.125 \text{ т}$.
- 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 и стальные 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 РСУ 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) таблица РСУ сформировалась автоматически с параметрами, принятыми по умолчанию для каждого загрузения. Далее нужно только изменить параметры для третьего и четвертого загрузений. В этом окне при выбранных строительных нормах **СНиП 2.01.07-85** задайте следующие данные:

- В этом окне при выбранных строительных нормах **СНиП 2.01.07-85** 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

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 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	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 РСЧ:

№.	Имя загрузки...	Вид	Параметры РСЧ	Коэффициенты РСЧ
1	Загрузка 1	Постоянное ...	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 0 0 1 0 0 1.40 0.00	1.00 0.90 0.50 0.80
4	Загрузка 4	Мгновенное ...	7 0 0 1 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 вкладки **Анализ**, **Расширенный анализ**, **Конструирование**.

- 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** (чтобы выполнить конструирование изгибаемого элемента, требуется вычислить усилия в трех или более сечениях).

Расчетные сечения

Кол-во сечений


N 5

☒ ☐ ☐

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 **Расширенное редактирование**).
- В появившемся диалоговом окне в поле **Редактирование констр. элементов** щелкните по кнопке **Создать** (конструктивный элемент БАЛКА назначается для того, чтобы учесть, что это именно неразрезная балка).

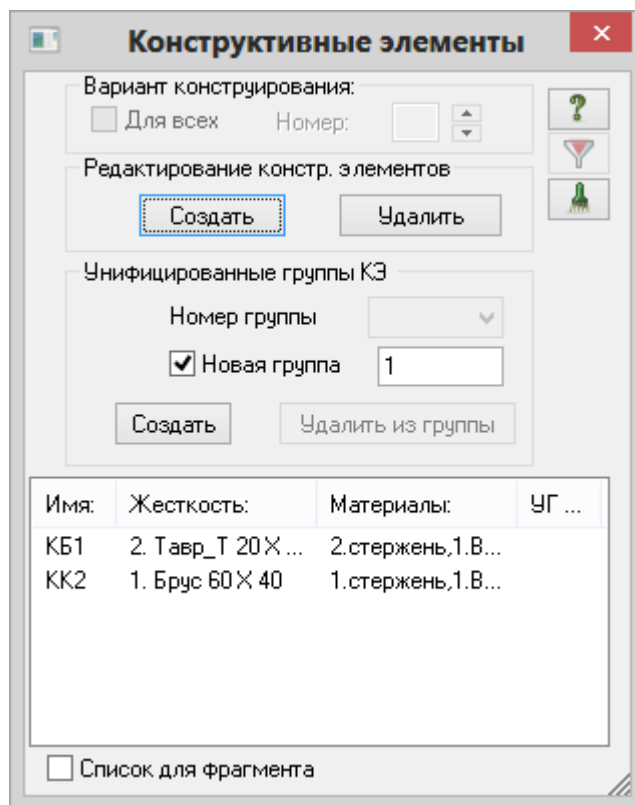




Рис.1.18. Диалоговое окно **Конструктивные элементы**

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 констр. элементов** щелкните по кнопке **Создать** (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 расчет** (панель **Расчет** на вкладке **Расчет**).

Этап 11. Просмотр и анализ результатов статического расчета



После расчета задачи, просмотр и анализ результатов статического расчета осуществляется на вкладке **Анализ**.

- 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**).

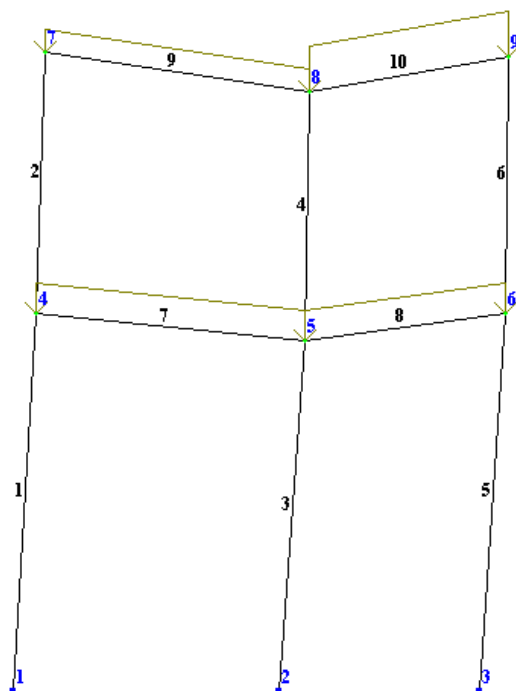
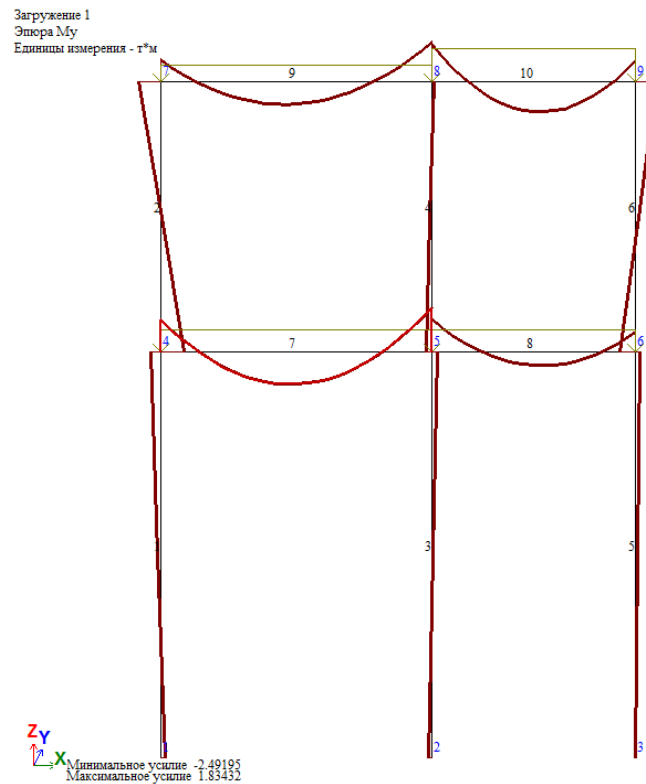




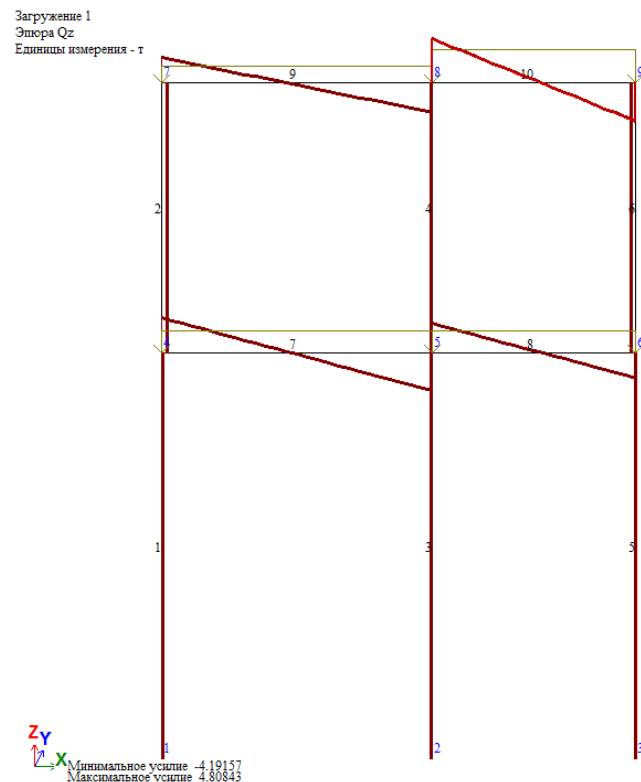
Рис.1.19. Расчетная схема с учетом перемещений узлов

Вывод на экран эпюр внутренних усилий

- Выведите на экран эпюру **М_y** (рис.1.20) щелчком по кнопке **М_y** – **Эпюры М_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 усилия Q_z , выберите команду  – Мозаика усилий в стержнях в раскрывающемся списке **Эпюры/мозаика усилий** (панель **Усилия в стержнях** на вкладке **Анализ**).

Рис.1.21. Эпюры поперечных сил Q_z



Смена номера текущего загрузки

- В строке состояния (находится в нижней области рабочего окна) в раскрывающемся списке **Сменить номер загрузки** выберите строку соответствующую второму загрузению и щелкните 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 **Стандартные таблицы** (рис.1.22) выделите строку **PCY расчетные**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить** (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**).

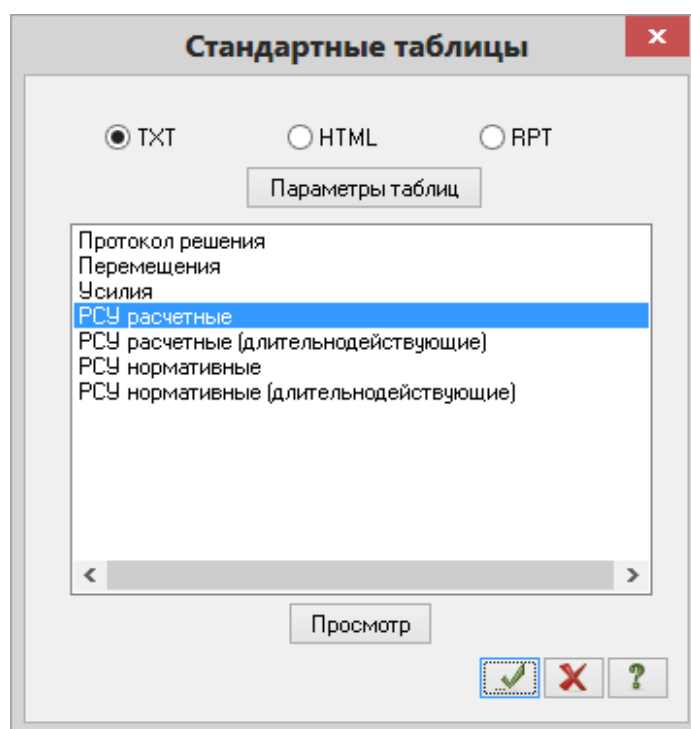


Рис.1.22. Диалоговое окно **Стандартные таблицы**

- Для того чтобы закрыть таблицу, выполните пункт меню **Файл ⇒ Заккрыть**.

Этап 12. Просмотр и анализ результатов армирования



После расчета задачи, просмотр и анализ результатов армирования осуществляется на вкладке **Конструирование**.

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 **Арматура продольная** (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 **Стержни** на вкладке **Конструирование**).

- Чтобы посмотреть мозаику отображения площади продольной арматуры в нижнем левом угле сечения стержня AU1, щелкните по кнопке  – **Угловая арматура AU1** (панель **Стержни** на вкладке **Конструирование**).

- Чтобы посмотреть мозаику отображения площади продольной арматуры в нижнем правом угле сечения стержня AU2, щелкните по кнопке  – **Угловая арматура AU2** (панель **Стержни** на вкладке **Конструирование**).

- Для установки режима отображения несимметричного армирования в сечениях стержней, выберите команду  – **Несимметричное армирование** в раскрывающемся списке **Армирование** (панель **Стержни** на вкладке **Конструирование**).

Формирование и просмотр таблиц результатов подбора арматуры

- Вызовите диалоговое окно **Таблицы результатов** (рис.1.23), выбрав команду  – **Таблицы результатов для ЖБ** в раскрывающемся списке **Документация** (панель **Таблицы** на вкладке **Конструирование**).
- В этом окне по умолчанию в поле **Элементы** включена кнопка **Стержни**, в поле **Создать таблицу** включена радио-кнопка **для всех элементов**, а в поле **Формат таблиц** включена радио-кнопка **Текстовые**.
- Щелкните по кнопке **Таблицу на экран** (для создания таблиц результатов подбора арматуры в формате HTML нужно включить радио-кнопку **HTML**. Для создания таблиц в других форматах нужно включить соответствующую радио-кнопку).

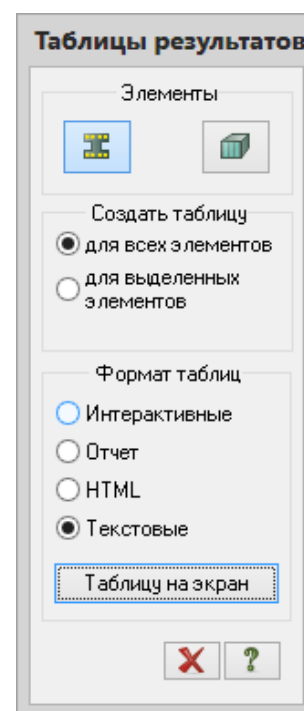






Рис.1.23. Диалоговое окно **Таблицы результатов**

Конструирование ригеля железобетонной рамы





Этап 13. Вызов чертежа балки

- Для того чтобы получить автоматизированное конструирование балок, щелкните по кнопке  – **Конструирование балки** (панель **Стержни** на вкладке **Конструирование**).
- Укажите курсором на элемент № 7 (загружается модуль **БАЛКА**).
- Выполните полный расчет балки с помощью меню **Расчет** (кнопка  на панели инструментов).

- Выведите эпюру материалов, воспользовавшись пунктом меню **Результаты** ⇒ **Эпюра материалов** (кнопка  на панели инструментов).
- Чтобы посмотреть чертеж балки, выполните пункт меню **Результаты** ⇒ **Чертеж** (кнопка  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 **Стержни** на вкладке **Конструирование**). 
- 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 загрузений задачи;
- каждое PCY относится к одному из предусмотренных нормативными документами видов сочетаний;
- реализовано 9 видов загрузений, с помощью которых программно обеспечивается их корректная логическая взаимосвязь. При этом существует возможность учета знакопеременности, взаимоисключения и сопутствия загрузений. Каждому из видов загрузений 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 РСУ выполняются с помощью диалогового окна **Расчетные сочетания усилий** (рис.1.16);
- данные для формирования РСУ могут быть введены до расчета, в режиме формирования расчетной схемы, или после расчета, в режиме визуализации результатов расчета.



Внимание. Термин **нагружение** используется в следующих случаях:

Номер нагружения – уникальный номер, заданный пользователем для определенной группы нагрузок, действующих на схему одновременно;

Вид нагружения – наименование вида нагружения, установленное в ПК ЛИРА-САПР.

Параметры РСУ

Таблица РСУ должна быть составлена для всех нагружений, принятых в задаче. Поэтому первым параметром РСУ в верхней части диалогового окна помещен счетчик. Порядок следования номеров нагружений может быть произвольным.

Каждое нагружение может иметь название.

Номер нагружения 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 γ_f .** Коэффициенты, формируемые по умолчанию, имеют такие значения:
 - постоянные нагружения $\gamma_f = 1.1$;
 - временные длительные $\gamma_f = 1.2$;
 - кратковременные $\gamma_f = 1.2$;
 - - мгновенные $\gamma_f = 1.4$;
 - - особые $\gamma_f = 1.0$.
- **Доля длительности ψ_g .** Коэффициент, показывающий, какая часть нагрузки в рассматриваемом нагружении принимается как длительно действующая. По умолчанию генерируются такие значения:
 - постоянное и длительно действующие нагружения $\psi_g = 1.0$;
 - кратковременные $\psi_g = 0.35$;
 - крановые нагружения $\psi_g = 0.6$;
 - прочие нагружения $\psi_g = 0.0$;
- **Сопутствующие нагружения.** Имеются в виду нагружения (не более двух), которые могут рассматриваться совместно с основным нагружением. Например, если основным является нагружение вертикальными крановыми нагрузками, то сопутствующим является нагружение горизонтальным тормозным воздействием.

Этот параметр РСУ, равно как и последующие два, введены для учета логических связей между нагружениями.

- **№ 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) загрузка вида **4** (тормозное) может сопутствовать только загрузке вида **3** (крановое);
- г) загрузки видов **1, 2, 5, 6, 7** могут быть объявлены сопутствующими для загрузок **1, 2, 5, 6, 7** в любой комбинации;
- д) двойное сопутствие (сопутствие одного и того же загрузки двум другим и более) допускается;
- е) никакое сопутствующее загрузка не может быть включено в группы объединения и взаимоисключения;
- ж) допускается вводить до 9 групп объединения или взаимоисключения;
- з) динамическое загрузка не может быть сопутствующим.

Коэффициенты РСУ

Для каждого РСУ рассматривается четыре сочетания: два основных, особое при наличии сейсмического загрузка и особое при наличии особого (не сейсмического) загрузка (см. рис.1.16). В каждую строку соответственно рассматриваемому РСУ заносятся коэффициенты усилий в сочетаниях ψ_i , $i = 1, 2, 3$.

В зависимости от вида загрузка значения коэффициентов генерируются по умолчанию (см. табл.1.1).

Таблица 1.1. Значения коэффициентов РСУ, принимаемых по умолчанию

Вид загрузки	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 загрузка все коэффициенты по умолчанию равны нулю. Это связано со спецификой формирования загрузка 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 загруже- ния	Параметры РСУ									Коэффициенты РСУ			
	Вид загрузки	№ группы объединяемых временных нагрузений	Знакопеременные	№ группы взаимоисключающих нагрузений		№ сопутствующих нагрузений	№ сопутствующих нагрузений	Коэффициент надежности	Доля длительности	1-е основное	2-е основное	Особое при наличии сейсмич	Особое без наличия сейсмич
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.

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 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.

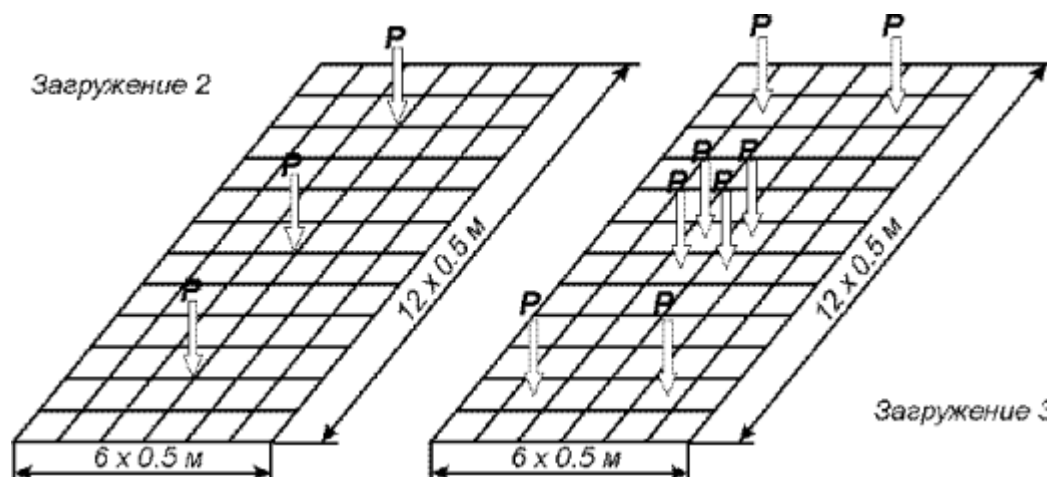




Рис.2.1. Расчетная схема плиты

Для того чтобы начать работу с **ЛИРА-САПР®**, выполните следующую команду Windows:

Пуск ⇒ **Программы** ⇒ **LIRA SAPR** ⇒ **ЛИРА-САПР 2013** ⇒ **ЛИРА-САПР**.

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** (шифр задачи по умолчанию совпадает с именем задачи);
 - в раскрывающемся списке Признак схемы выберите строку 3 – Три степени свободы в узле (перемещения Z,Ux,Uy) X0Y.
- После этого щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

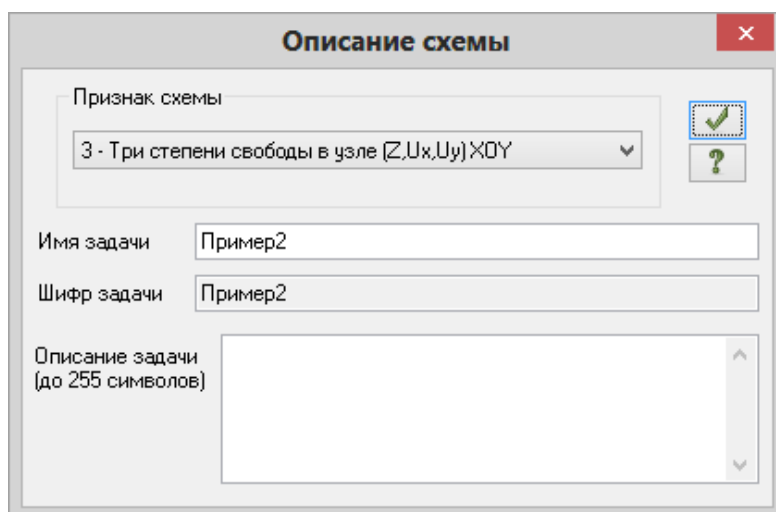



Рис.2.2. Диалоговое окно Описание схемы



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.

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**.

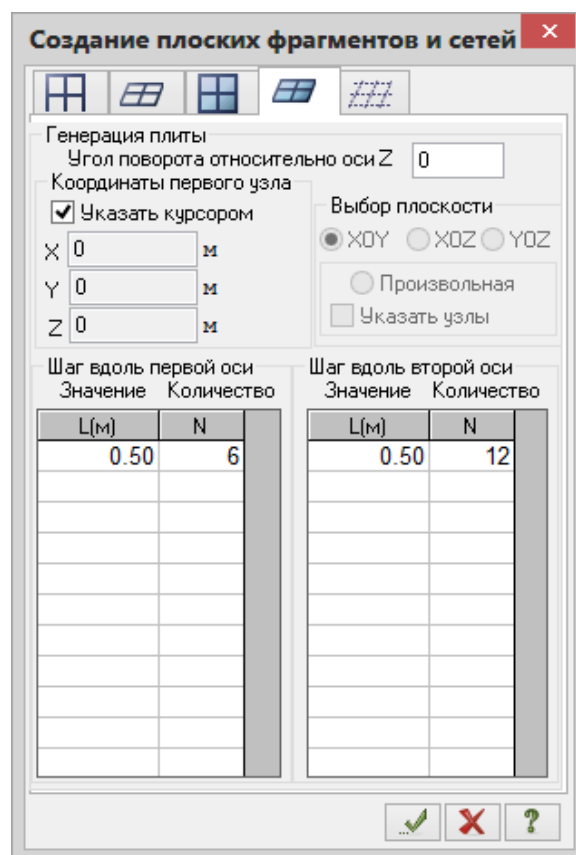





Рис.2.3. Диалоговое окно Создание плоских фрагментов и сетей

Сохранение информации о расчетной схеме

- Для сохранения информации о расчетной схеме откройте меню **Приложения** и выберите пункт **Сохранить** (кнопка  на панели быстрого запуска).
- В появившемся диалоговом окне **Сохранить как** задайте:
 - имя задачи – **Пример2**;
 - 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

- 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**.

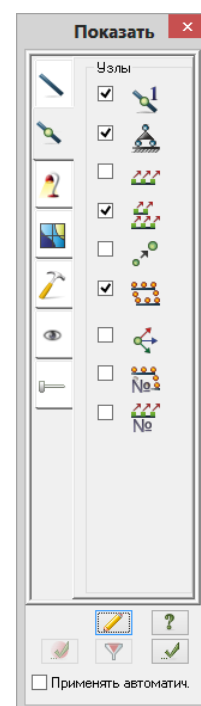


Рис.2.4.
Диалоговое окно
Показать

Полученная схема представлена на рис.2.5.

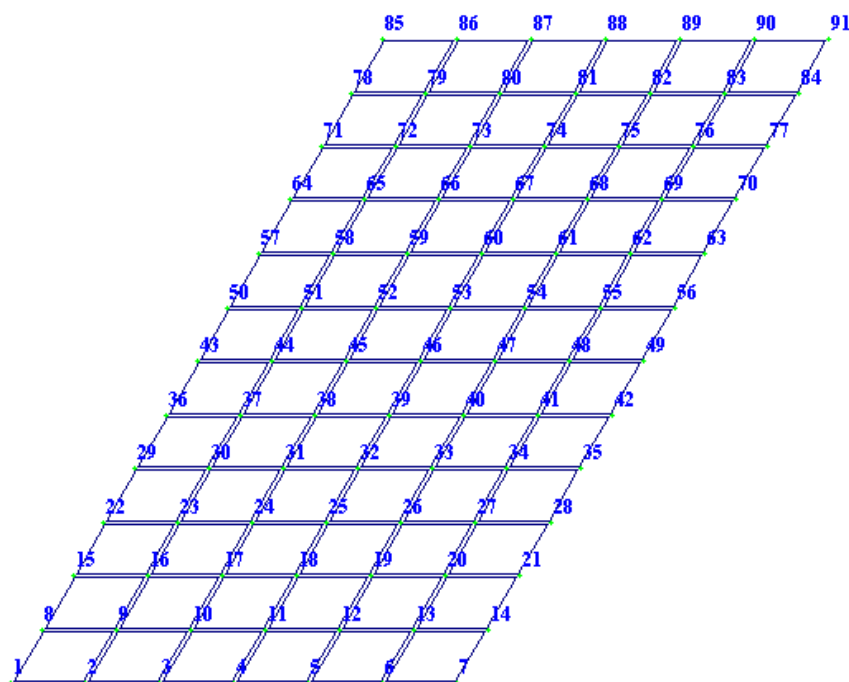



Рис.2.5. Нумерация узлов расчетной схемы плиты




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 с помощью одиночного указания курсором или растягиванием «резинового окна» вокруг группы узлов.

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  – **Применить** (узлы окрашиваются в синий цвет).
- Щелкните по кнопке  – **Отметка узлов** в раскрывающемся списке **Отметка узлов** на панели инструментов **Панель выбора**, чтобы снять активность с операции выделения узлов.

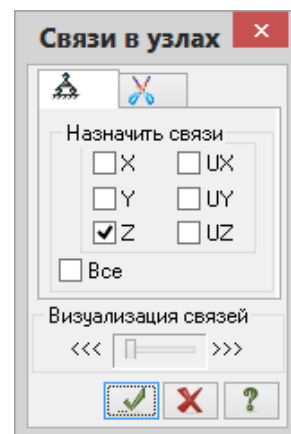


Рис.2.6. Диалоговое окно **Связи в узлах**

Этап 4. Задание вариантов конструирования

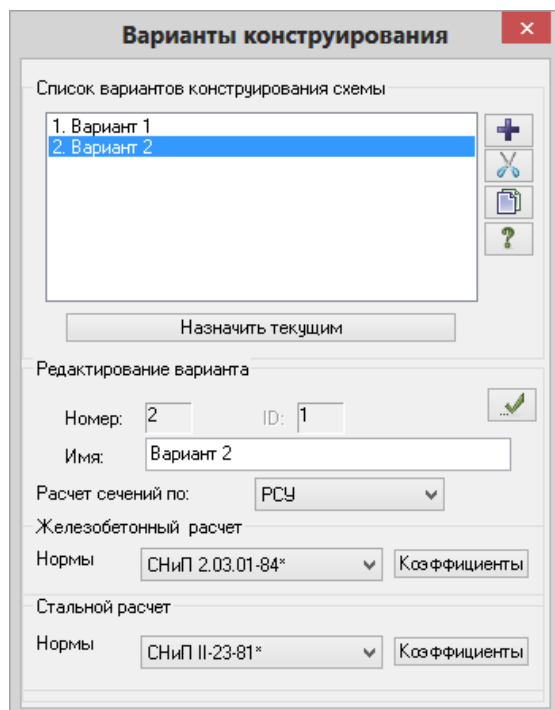





Рис.2.7. Диалоговое окно **Варианты конструирования**

- Вызовите диалоговое окно **Варианты конструирования** (рис.2.7) щелчком по кнопке  – **Варианты конструирования** (панель **Конструирование** на вкладке **Расширенное редактирование**).
- В этом диалоговом окне задайте параметры для первого варианта конструирования (подбор арматуры по теории Карпенко):
 - в раскрывающемся списке **Расчет сечений по:** выберите строку **РСУ**;
 - остальные параметры принимаются по умолчанию.
- После этого щелкните по кнопке  – **Применить**.



*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 раскрывающемся **списке Расчет сечений** по: выберите строку **PCY**;
 - остальные параметры 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 третьей 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).

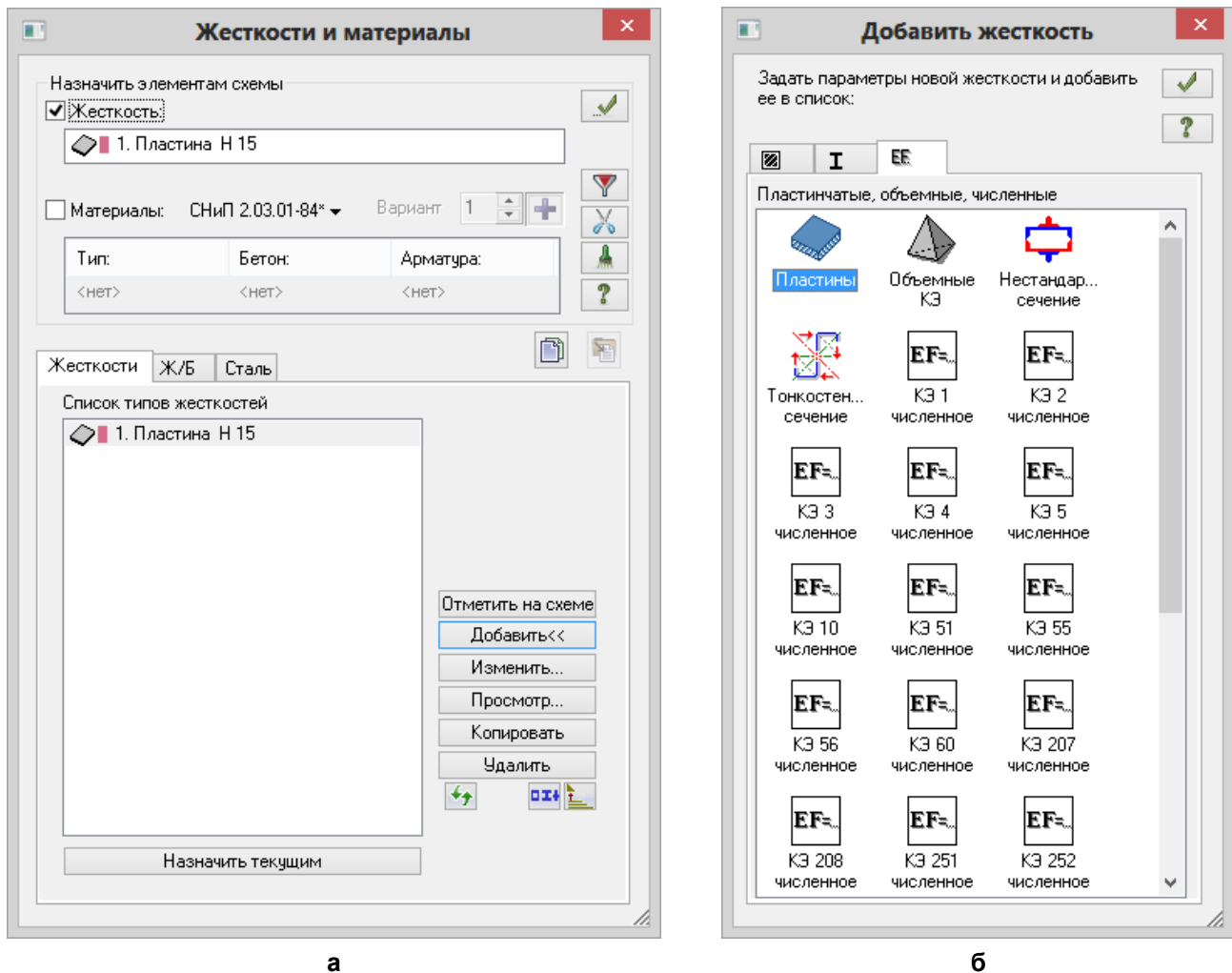



Рис.2.8. Диалоговые окна: а – Жесткости и материалы, б – Добавить жесткость

- В диалоговом окне **Задание жесткости для пластин** задайте параметры сечения **Пластины** (рис.2.9):
 - модуль упругости – $E = 3 \times 10^6 \text{ т/м}^2$ (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**.

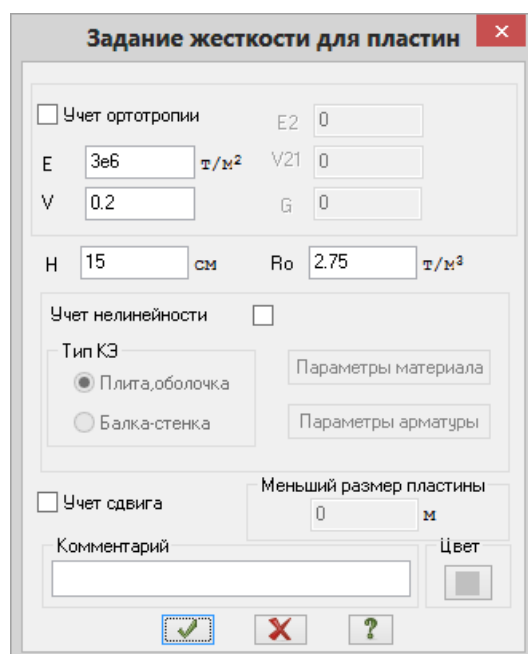


Рис.2.9. Диалоговое окно **Задание жесткости для пластин**

- Чтобы скрыть библиотеку жесткостных характеристик, в диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке **Добавить**.

Задание материалов для железобетонных конструкций

- В диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по второй закладке **Ж/Б (Задание параметров для железобетонных конструкций)**.
- После этого включите радио-кнопку **Тип** и щелкните по кнопке **Добавить** (рис.2.10).

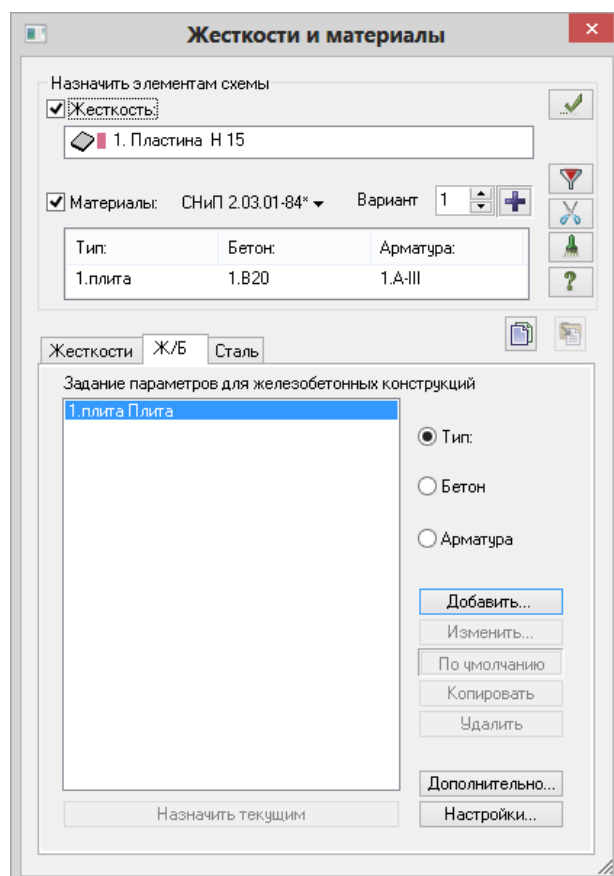

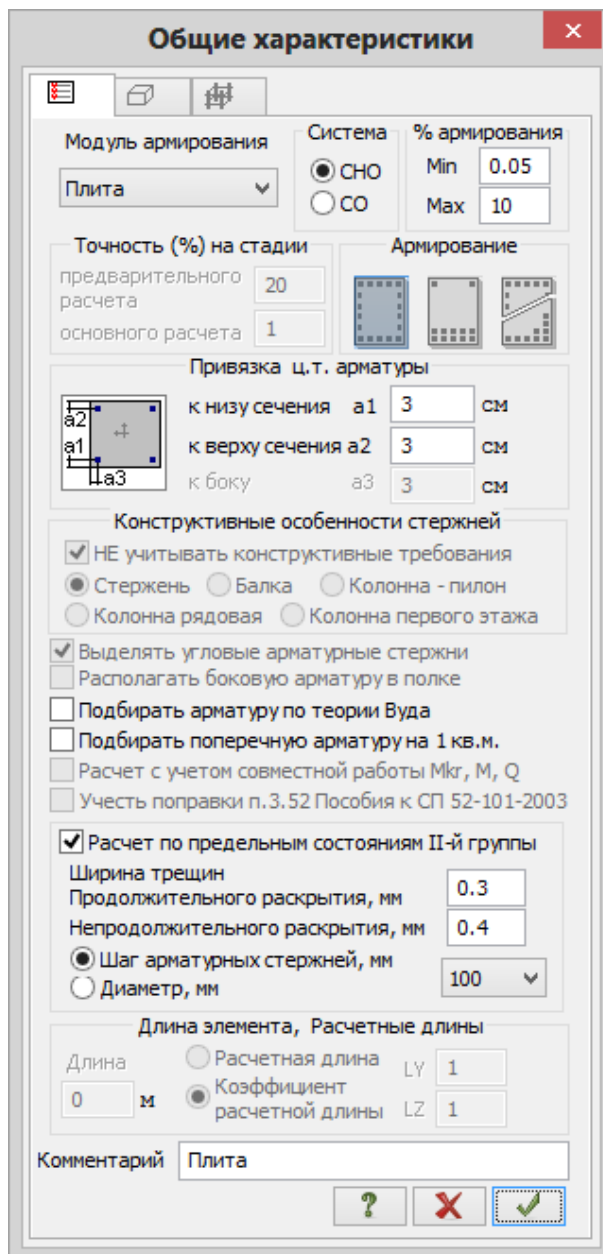



Рис.2.10. Диалоговое окно **Жесткости и материалы**

- На экран выводится диалоговое окно **Общие характеристики** (рис.2.11), в котором задайте следующие параметры для пластинчатых элементов:
 - в раскрывающемся списке **Модуль армирования** выберите строку **Плита**;
 - в строке **Комментарий** задайте **Плита**;
 - все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.
- После этого щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.


Рис.2.11. Диалоговое окно **Общие характеристики**

- В диалоговом окне **Жесткости и материалы** включите радио-кнопку **Бетон** и щелкните по кнопке **Добавить**.
- На экран выводится диалоговое окно **Характеристики бетона** (рис.2.12), в котором задайте следующие параметры:
 - в раскрывающемся списке **Класс бетона** выберите строку **B20**;
 - все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.
- После этого щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

Характеристики бетона

Класс бетона: B20

Вид бетона: тяжелый

Марка легкого бетона по средней плотности D: 800

Случайные эксцентриситеты

По высоте сечения EY: 0 см

По ширине сечения EZ: 0 см

Условия твердения

☒ естественное твердение ☐ тепловая обработка ☐ автоклавная обработка

Условия эксплуатации конструкции

☒ обычные условия ☐ благоприятные для нарастания прочности бетона

Коэффициенты условий работы

Произведение коэффициентов из т. 15 СНиП 2.03.01-84* (кроме Yb2 и Yb4): 1


Значения

	Значение
Class	B20
Rb	1170.00 т/м**2
Rbt	91.80 т/м**2
Rbn	1530.00 т/м**2
Rbtn	143.00 т/м**2
Eb	2750000.00 т/м**2

Комментарий: Характеристики бетона

Принять по умолчанию ? X ✓

Рис.2.12. Диалоговое окно Характеристики бетона

- Далее в диалоговом окне **Жесткости и материалы** включите радио-кнопку **Арматура** и щелкните по кнопке **Добавить**.
- На экран выводится диалоговое окно **Характеристики арматуры** (рис.2.13), в котором для ввода данных щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

Характеристики арматуры

Класс продольной арматуры Вдоль X: A-III d=10...40

Класс продольной арматуры Вдоль Y: A-III d=10...40

Класс поперечной арматуры: A-I d=6...40

Максимальный диаметр арматурных стержней, мм: 40

Количество арматурных стержней в углах сечения: 1

Учет сейсмического воздействия

Коэффициент из т. 7 СНиП II-7-81: 1

Коэффициент условий работы при расчете наклонных сечений (т. 7 СНиП II-7-81): 1

Коэффициент условий работы арматуры (произвед. из т. 24 СНиП 2.03.01-84*): 1

Значения


Значение	X Продо...	Y Продо...	Попере...
Класс	A-III	A-III	A-I
Диаметры	10...40	10...40	6...40
$R_s \text{ т/м}^{**2}$	37500.0	37500.0	23000.0
$R_{sw} \text{ т/м}^{**2}$	30000.0	30000.0	18000.0
$R_{sc} \text{ т/м}^{**2}$	37500.0	37500.0	23000.0
$R_{s,ser} \text{ т/...}$	40000.0	40000.0	24000.0
$E_s \text{ т/м}^{**2}$	200000...	200000...	210000...

Комментарий: Характеристики арматуры


Принять по умолчанию ? X ✓

Рис.2.13. Диалоговое окно Характеристики арматуры

Задание материалов для второго варианта конструирования стальных конструкций



- Для переключения на второй вариант конструирования, в диалоговом окне **Жесткости и материалы** с помощью счетчика **Номер текущего варианта конструирования схемы** переключитесь на номер варианта конструирования **2**.
- После этого включите радио-кнопку **Тип** и щелкните по кнопке **Добавить**.
- На экран выводится диалоговое окно **Общие характеристики** (рис.2.11), в котором задайте следующие параметры для пластинчатых элементов:
 - в раскрывающемся списке **Модуль армирования** выберите строку **Плита**;
 - установите флажок **Подбирать арматуру по теории Вуда**;
 - в строке **Комментарий** задайте **Плита Вуд**;
 - все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.
- После этого 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** (при этом 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.В20** и класс арматуры – **1.А-III**).
- С помощью курсора выделите все элементы схемы (выделенные элементы окрашиваются в красный цвет).





Отметка элементов выполняется с помощью одиночного указания курсором или растягиванием «резинового окна» вокруг группы элементов.

- В диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке  – **Применить** (с элементов снимается выделение. Это свидетельство того, что выделенным элементам присвоена текущая жесткость).
- 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**.
- В диалоговом окне **Жесткости и материалы** в списке общих свойств материалов для железобетонных элементов выделите курсором строку **1.плита 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.2.14).
- В этом окне, при включенной радио-кнопке **все элементы** и заданном коэф. надежности по нагрузке равному 1, щелкните по кнопке  – **Применить** (в соответствии с заданным объемным весом R_0 элементы загружаются нагрузкой от собственного веса).

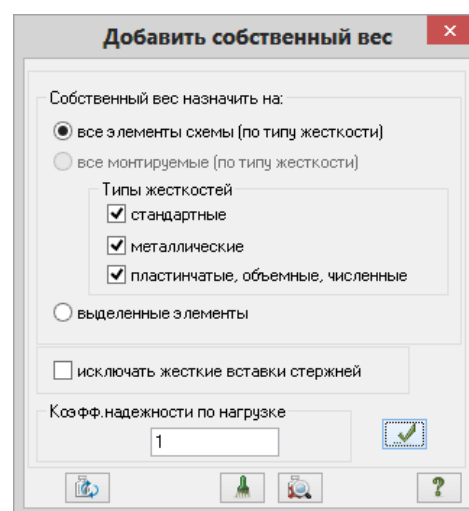




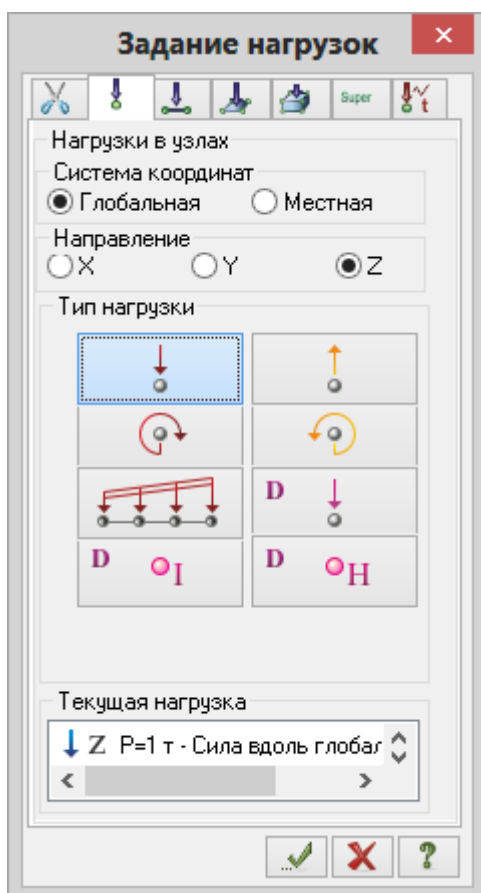
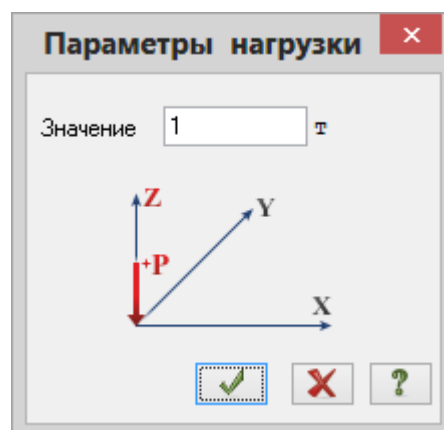


Рис.2.14. Диалоговое окно **Добавить собственный вес**



Формирование загрузки № 2

- Смените номер текущего нагружения щелчком по кнопке  – **Следующее нагружение** 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.
- Вызовите диалоговое окно **Задание нагрузок** на закладке **Нагрузки в узлах** (рис.2.15) 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**.
- Щелчком по кнопке сосредоточенной силы вызовите диалоговое окно **Параметры нагрузки**.
- В появившемся окне введите значение **P = 1 т** (рис.2.16).
- Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

Рис.2.15. Диалоговое окно **Задание нагрузок**Рис.2.16. Диалоговое окно **Параметры нагрузки**





Формирование загрузки № 3

- Смените номер текущего нагружения щелчком по кнопке  – **Следующее нагружение** в строке состояния (находится в нижней области рабочего окна).
- 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 диалоговом окне **Задание нагрузок** (рис.2.15) 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 параметры:

- $P = 1 \text{ т}$;
- $A = 0.25 \text{ м}$;
- $B = 0.25 \text{ м}$.

➤ Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

Задание расширенной информации о загрузках

- Вызовите диалоговое окно **Редактор загрузок** (рис.2.17) 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**.

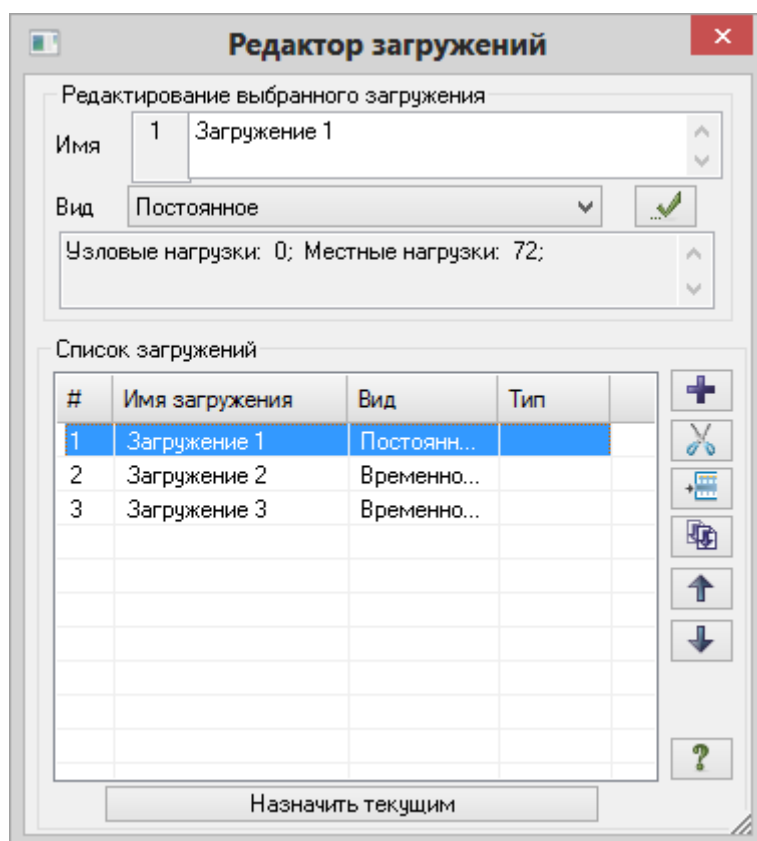



Рис.2.17. Диалоговое окно Редактор загрузок

Этап 7. Генерация таблицы РСУ

- Щелчком по кнопке  – **Таблица РСУ** (панель **РСУ** на вкладке **Расчет**) вызовите диалоговое окно **Расчетные сочетания усилий** (рис.2.18).



Так как вид загрузений задавался в диалоговом окне **Редактор загрузений** (рис.2.17) таблица РСУ сформировалась автоматически с параметрами, принятыми по умолчанию для каждого загрузения. Для данной задачи нужно только подтвердить назначенные параметры.

- В этом окне, для подтверждения назначения параметров, принятых по умолчанию для каждого загрузения, щелкните по кнопке – **Подтвердить**.

Расчетные сочетания усилий

Строительные нормы: СНиП 2.01.07-85*

Номер загрузения: 1 Загрузка 1

Вид загрузения: Постоянное (0) ☒ По умолчанию

N группы объединяемых временных загрузений: 0

Учитывать знакопеременность: ☐

N 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
3	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 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.2.18. Диалоговое окно **Расчетные сочетания усилий**

Этап 8. Полный расчет плиты

- Запустите задачу на расчет щелчком по кнопке – **Выполнить расчет** (панель **Расчет** на вкладке **Расчет**).

Этап 9. Просмотр и анализ результатов статического расчета



После расчета задачи, просмотр и анализ результатов статического расчета осуществляется на вкладке **Анализ**.

- В режиме просмотра результатов расчета по умолчанию расчетная схема отображается с учетом перемещений узлов (рис.2.19). Для отображения схемы без учета перемещений узлов щелкните по



кнопке – **Исходная схема** (панель **Деформации** на вкладке **Анализ**).

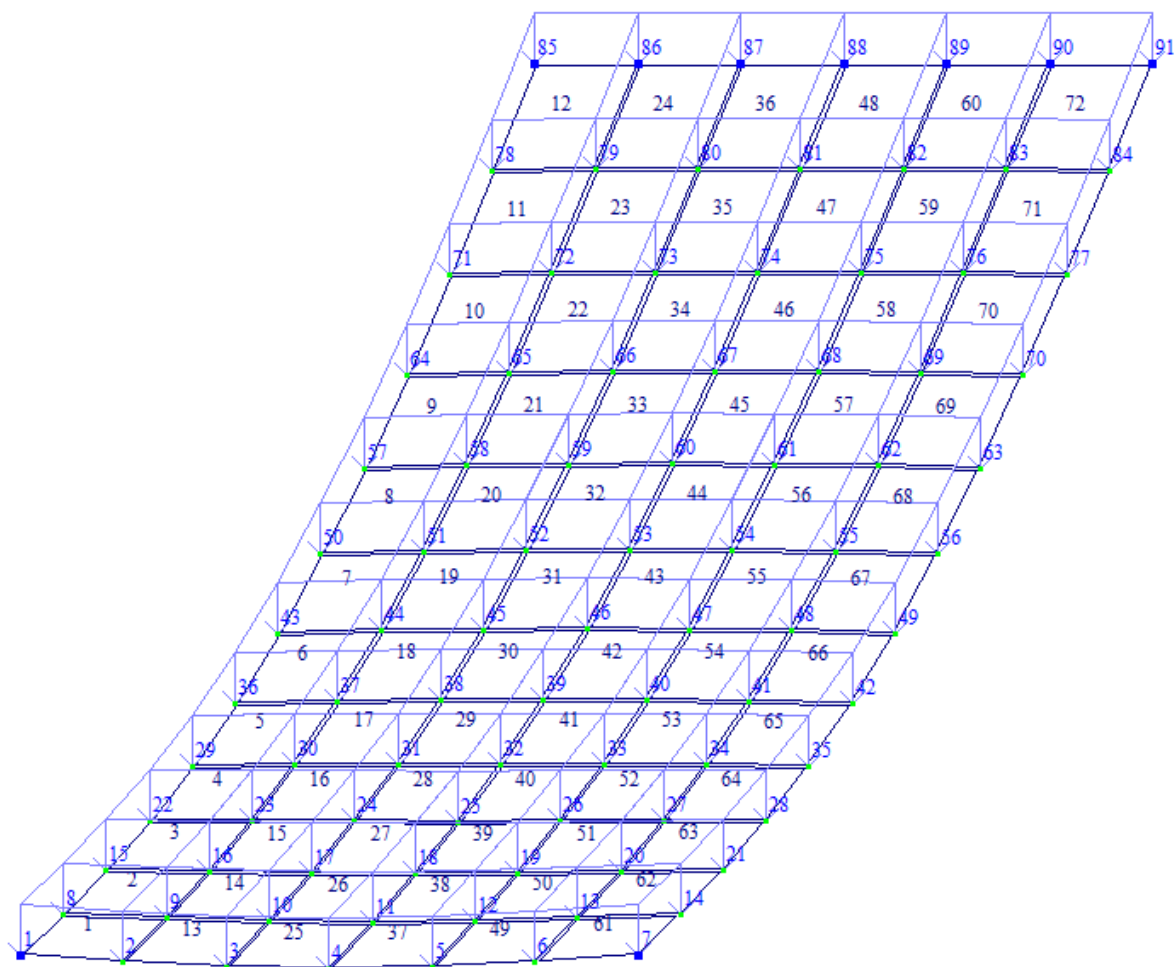




Рис.2.19. Расчетная схема с учетом перемещений узлов




- 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**

перемещений 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_x , выберите команду  – **Мозаика напряжений** в раскрывающемся списке **Мозаика/изополя напряжений** 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 M_y , щелкните по кнопке  – **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 и щелкните 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 **Стандартные таблицы** (рис.2.20) выделите строку **PCY расчетные**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить** (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**).

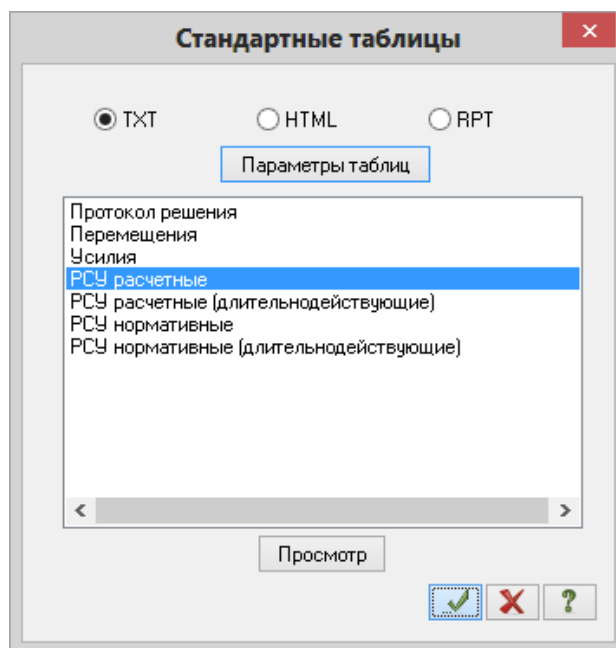


Рис.2.20. Диалоговое окно **Стандартные таблицы**

- Для того чтобы закрыть таблицу, выполните пункт меню **Файл** ⇒ **Заккрыть**.

Этап 10. Просмотр и анализ результатов армирования

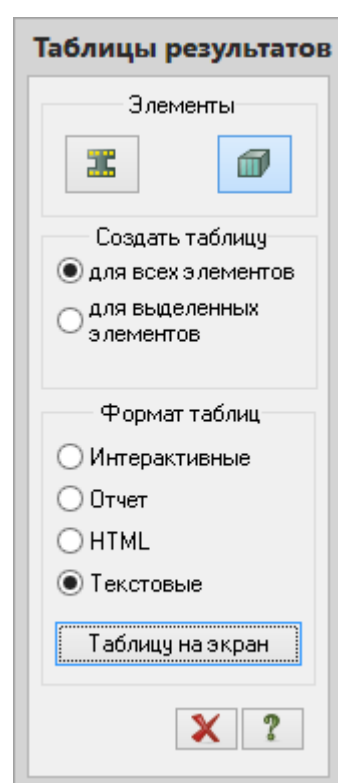


После расчета задачи, просмотр и анализ результатов армирования осуществляется на вкладке **Конструирование**.

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 **Пластины** на вкладке **Конструирование**).
- Чтобы посмотреть мозаику отображения площади нижней арматуры в пластинах по направлению оси Y1, щелкните по кнопке – **Нижняя арматура в пластинах по оси Y1** (панель **Пластины** на вкладке **Конструирование**).

Формирование и просмотр таблиц результатов подбора арматуры



- Вызовите диалоговое окно **Таблицы результатов** (рис.2.21), выбрав команду – **Таблицы результатов для ЖБ** в раскрывающемся списке **Документация** (панель **Таблицы** на вкладке **Конструирование**).
- В этом окне в поле **Элементы** включите кнопку **Пластины** (по умолчанию в поле **Создать таблицу** включена радио-кнопка **для всех элементов**, а в поле **Формат таблиц** включена радио-кнопка **Текстовые**).
- Щелкните по кнопке **Таблицу на экран** (для создания таблиц результатов подбора арматуры в формате HTML нужно включить радио-кнопку **HTML**. Для создания таблиц в других форматах нужно включить соответствующую радио-кнопку).

Рис.2.21. Диалоговое окно
Таблицы результатов

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 х 120 х 10;
- нижний пояс фермы – два уголка 100 х 100 х 10;
- стойки и раскосы фермы – два уголка 75 х 75 х 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.

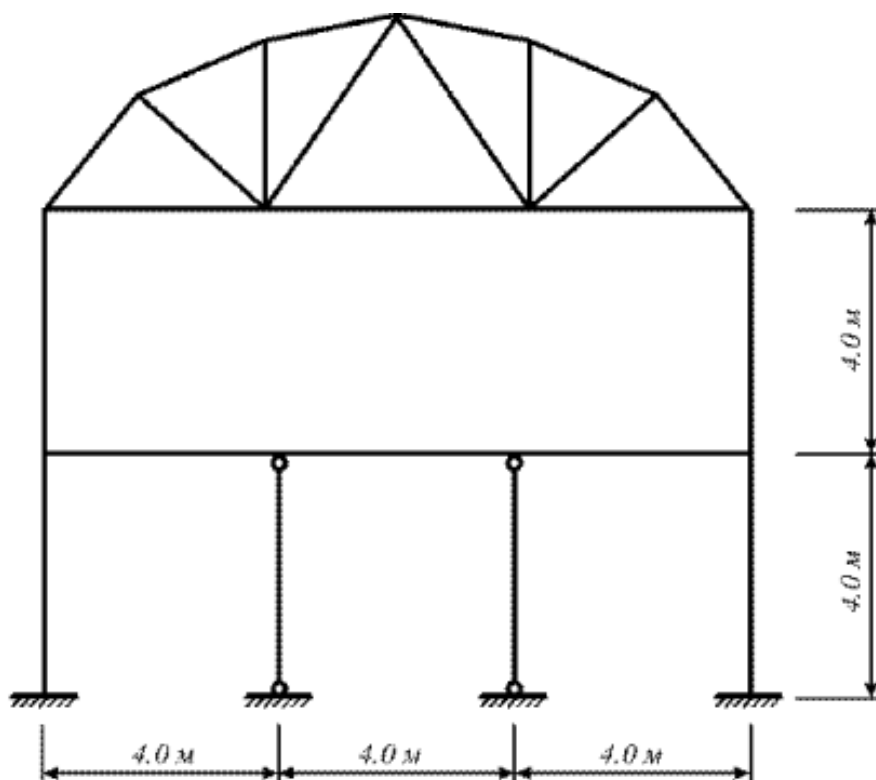




Рис.3.1. Расчетная схема поперечника здания

Для того чтобы начать работу с ПК **ЛИРА-САПР®**, выполните следующую команду Windows:
Пуск ⇒ **Программы** ⇒ **LIRA SAPR** ⇒ **ЛИРА-САПР 2013** ⇒ **ЛИРА-САПР 2013**.

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** (шифр задачи по умолчанию совпадает с именем задачи);
 - в раскрывающемся списке **Признак схемы** выберите строку **2 – Три степени свободы в узле** (перемещения X,Z,Uy) X0Z.
- После этого щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

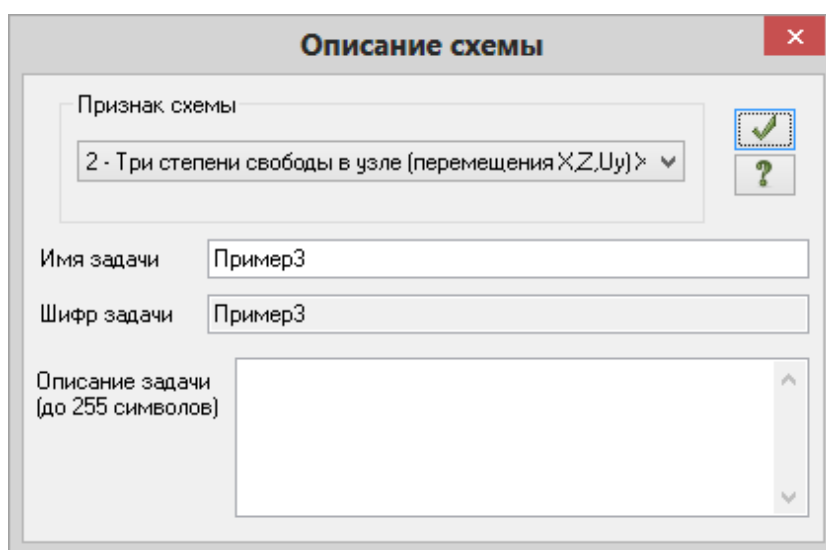



Рис.3.2. Диалоговое окно **Описание схемы**



Диалоговое окно **Описание схемы** также можно открыть с уже выбранным признаком схемы. Для этого в меню **Приложения** в раскрывающемся списке пункта **Новый** выберите команду





Второй признак схемы (Три степени свободы в узле) или на панели быстрого

доступа в раскрывающемся списке **Новый** выберите команду  **Второй признак схемы (Три степени свободы в узле)**. После этого нужно задать только имя задачи.

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:
 - | L(м) | N | L(м) | N |
|------|---|------|----|
| 4 | 3 | 4 | 2. |
 - Остальные параметры принимаются по умолчанию (рис.3.3).

- После этого щелкните по кнопке  – **Применить**.

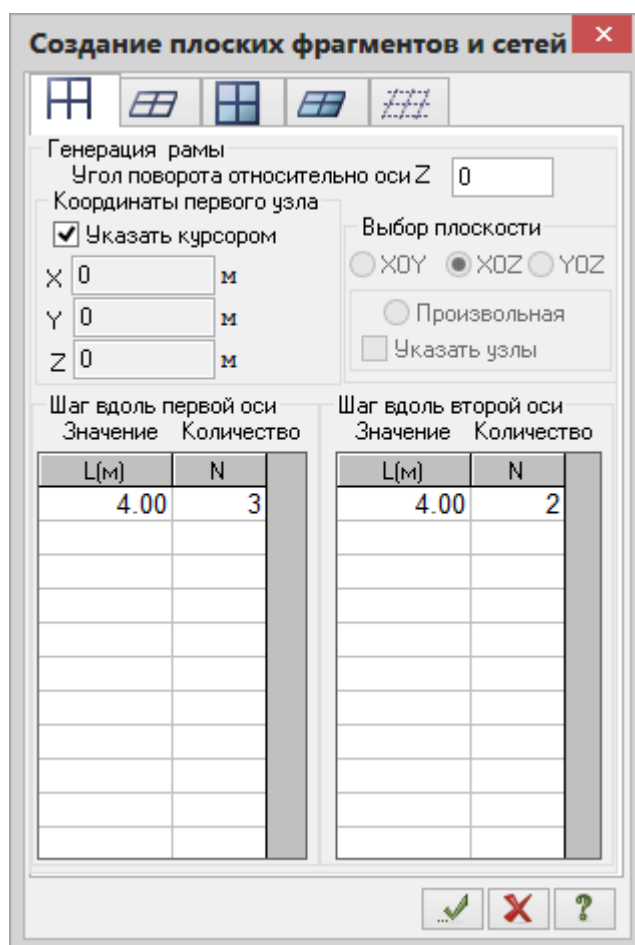






Рис.3.3. Диалоговое окно **Создание плоских фрагментов и сетей**

Сохранение информации о расчетной схеме


- Для сохранения информации о расчетной схеме откройте меню **Приложения** и выберите пункт  **Сохранить** (кнопка  на панели быстрого доступа).
- В появившемся диалоговом окне **Сохранить как** задайте:
- имя задачи – **Пример3**;
 - папку, в которую будет сохранена эта задача (по умолчанию выбирается папка – **Data**).
- Щелкните по кнопке **Сохранить**.

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).




Отметка узлов выполняется с помощью одиночного указания курсором или растягиванием вокруг нужных узлов "резинового окна".



- 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**.

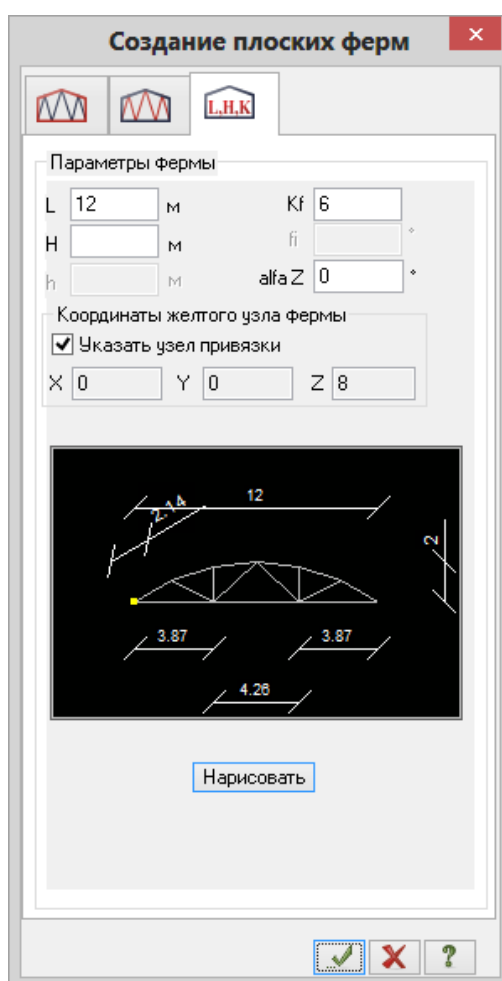




- Щелкните по кнопке  – **Применить**.

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).

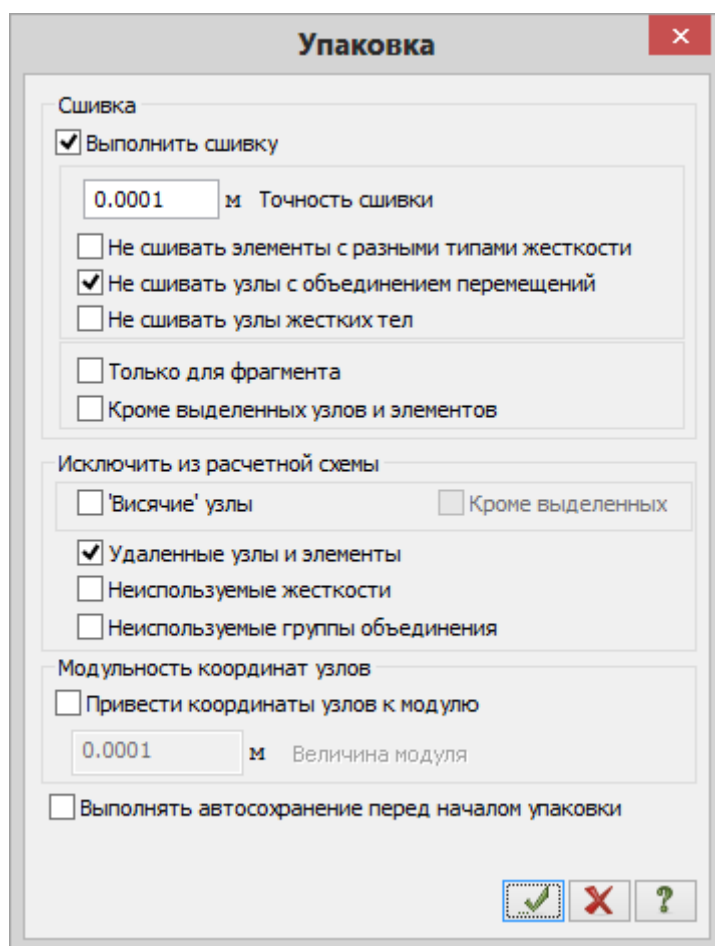


Рис.3.6. Диалоговое окно Упаковка

Получим геометрическую схему, показанную на рис.3.7.

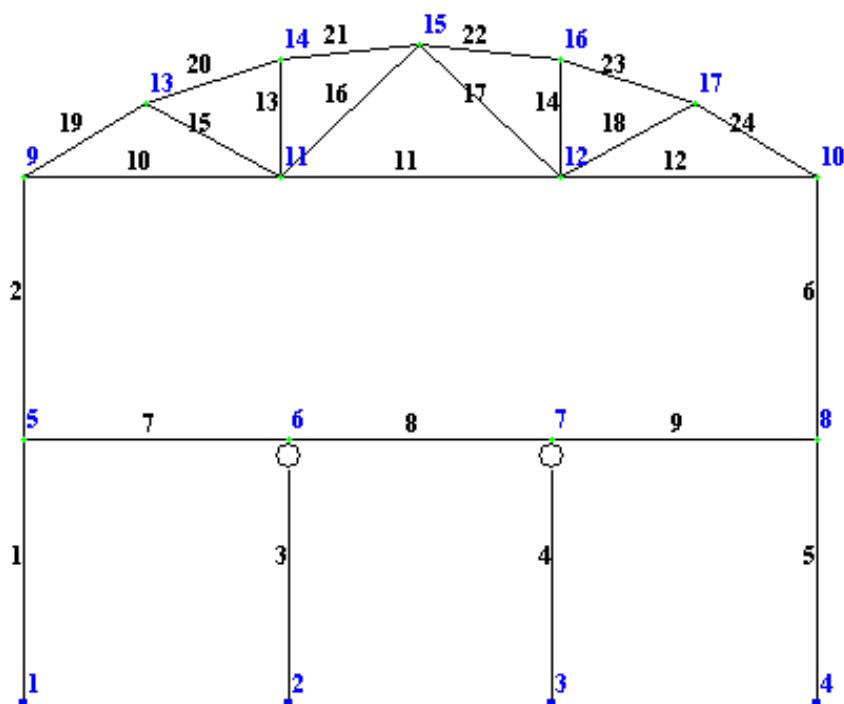








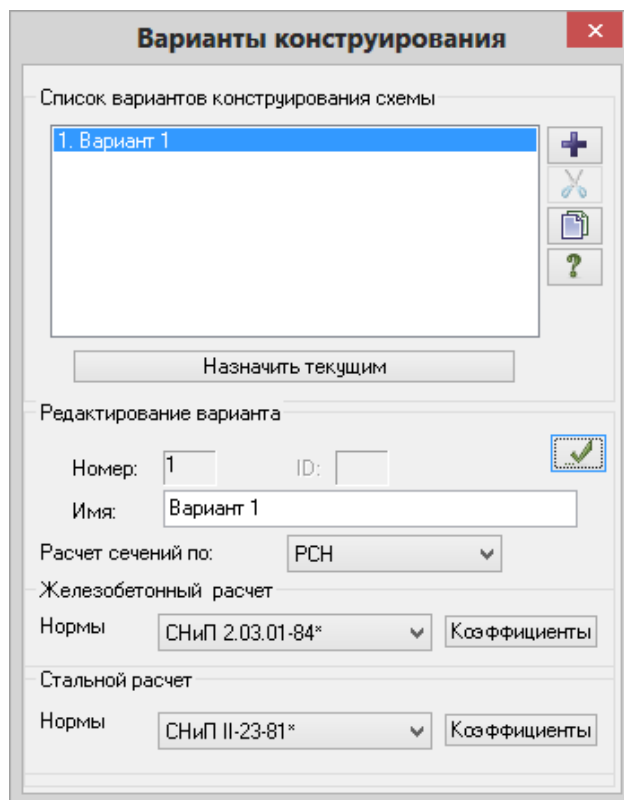
Рис.3.7. Расчетная схема рамы с номерами узлов и элементов

Этап 3. Задание граничных условий

- При активной кнопке  – **Отметка узлов** в раскрывающемся списке **Отметка узлов** на панели инструментов **Панель выбора**, 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  – **Применить** (узлы окрашиваются в синий цвет).
- 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** (панель **Конструирование** на вкладке **Расширенное редактирование**).
- В этом диалоговом окне задайте параметры для первого варианта конструирования:
 - в раскрывающемся списке **Расчет сечений по:** выберите строку **РСН**;
 - остальные параметры принимаются по умолчанию.
- После этого щелкните по кнопке  – **Применить**.



Диалоговое окно **Варианты конструирования** содержит следующие элементы:


- Список вариантов конструирования схемы:**
 - Список с одним элементом: **1. Вариант 1**.
 - Кнопки: +, -, иконка скрепки, иконка вопроса.
 - Кнопка: **Назначить текущим**.
- Редактирование варианта:**
 - Номер: ID:
 - Имя:
 - Расчет сечений по: **РСН** (выпадающий список)
 - Железобетонный расчет:
 - Нормы: **СНиП 2.03.01-84*** (выпадающий список)
 - Кнопка: **Коэффициенты**
 - Стальной расчет:
 - Нормы: **СНиП II-23-81*** (выпадающий список)
 - Кнопка: **Коэффициенты**

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**.

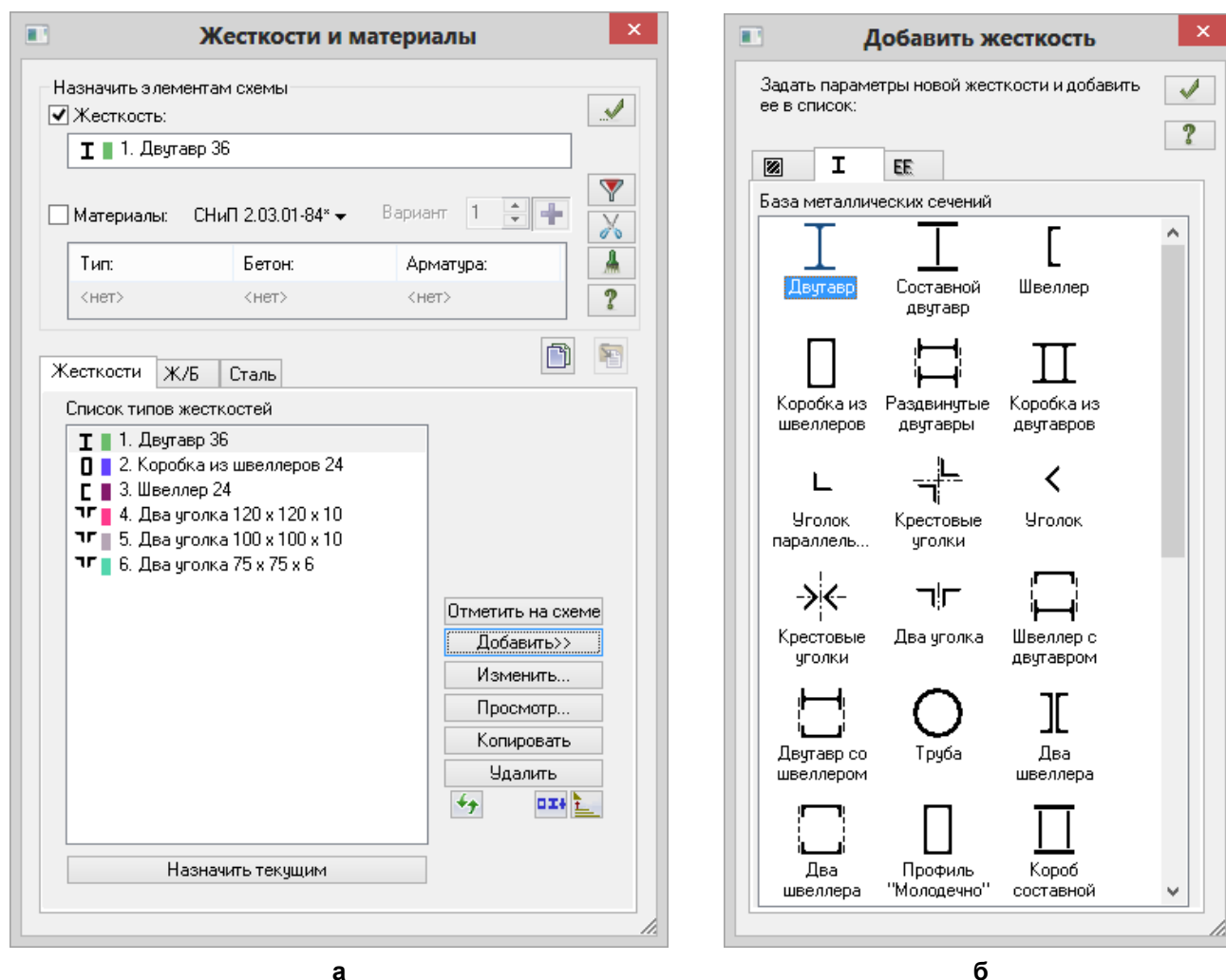
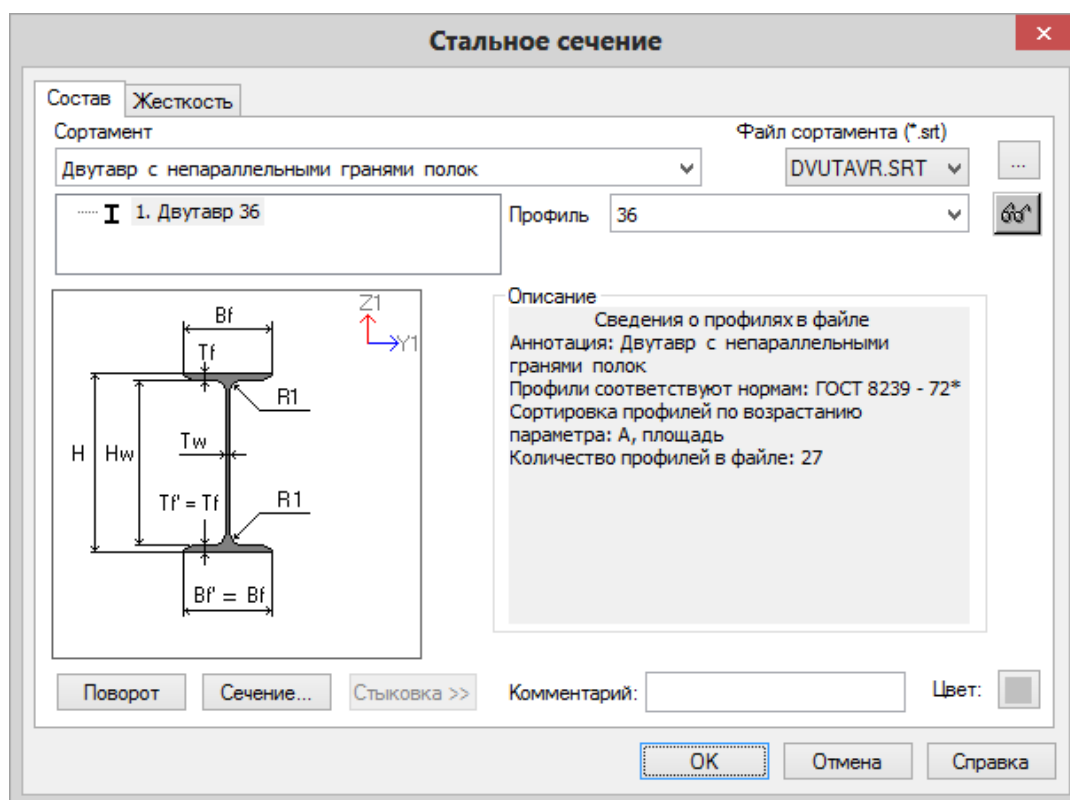


Рис.3.9. Диалоговые окна: а – Жесткости и материалы, б – Добавить жесткость

- В диалоговом окне **Стальное сечение** (рис.3.10) задайте параметры сечения **Двутавр**:
 - в раскрывающемся списке – Сортамент выберите позицию – Двутавр с непараллельными гранями полок;
 - в списке – **Профиль – 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**:
 - Сортамент – Швеллер с уклоном внутренних граней полок;
 - Профиль – **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**:
 - Сортамент – Швеллер с уклоном внутренних граней полок;
 - Профиль – **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**:
 - Сортамент – Уголок равнополочный;
 - Профиль – **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:
 - Профиль – **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:
 - Профиль – **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, Eurocode 3.1.1 ENV 1993-1-1:1992 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. Двуглав** **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 **Сталь** задайте марку **ВСт3кп2-1** (будет использоваться для всех элементов).
- Для ввода данных щелкните по кнопке **ОК**.

Номер	1
Комментарий	Материал
Сечение	
Сталь	ВСт3кп2-1
Сокращенный сортамент	Да

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**.

Нормы проектирования	СНиП II-23-81*
Номер	1
Комментарий	Балки
Тип элемента	
Ферменный	<input type="radio"/>
Колонна	<input type="radio"/>
Балка	<input checked="" type="radio"/>
Коэффициенты условий работы и надежности	
Ус устойчивости	0.95
Ус прочности	1
Уп	1
Расчет производится	
в пределах упругости	<input checked="" type="radio"/>
с учетом пластичности	<input type="radio"/>
Чистый изгиб	<input type="checkbox"/>
Ребра жесткости	
устанавливать ребра	<input type="checkbox"/>
шаг ребер, м	0
Расчет по прогибу	
Длина пролета L, м	Авто
Максимально допустимый прогиб	1/250
Консоль	<input type="checkbox"/>
Данные для расчета на общую устойчивость	
Кб	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...
Комментарий Произвольный текст, характеризующий этот набор дополнительных характеристик	
<input type="button" value="ОК"/> <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 **Kz** = 1;
 - коэффициент длины относительно оси Y1 **Ky** = 1;
 - коэффициент длины для расчета Фб **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
Тип элемента	
Ферменный	<input type="radio"/>
Колонна	<input checked="" type="radio"/>
Балка	<input type="radio"/>
Коэффициенты условий работы и надежности	
Ус устойчивости	1
Ус прочности	1
Уп	1
Предельная гибкость	
основная колонна	<input checked="" type="radio"/>
неосновная колонна	<input type="radio"/>
прочая	<input type="radio"/>
На сжатие	180-60a
На растяжение	300
Расчет производится	
в пределах упругости	<input checked="" type="radio"/>
с учетом пластичности	<input type="radio"/>
Расчетные длины	
Kz	1
Ky	1
Kb	0.85
использовать коэффициенты длины	<input checked="" type="checkbox"/>
Комментарий 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 $K_z = 1$;
 - коэффициент длины относительно оси Y1 $K_y = 1$;
 - 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**.






Параметры	
Нормы проектирования	СНиП II-23-81*
Номер	3
Комментарий	Верхний пояс
Тип элемента	
Ферменный	<input checked="" type="radio"/>
Колонна	<input type="radio"/>
Балка	<input type="radio"/>
Коэффициенты условий работы и надежности	
Yc устойчивости	1
Yc прочности	1
Yn	1
Дополнительный Yc=0.8	<input type="checkbox"/>
Предельная гибкость	
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
Расчетные длины	
Kz	1
Ky	1
использовать коэффициенты длины	<input checked="" type="checkbox"/>
Комментарий 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 $K_z = 0.33$;
 - коэффициент длины относительно оси Y1 $K_y = 0.33$;
 - 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 **Kz = 1**;
 - коэффициент длины относительно оси Y1 **Ky = 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** 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** (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**.
- В диалоговом окне **Жесткости и материалы** 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**.

- 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**.

- 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 окне **Фильтр для элементов** введите номера элементов **10–12**.

- 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**.

- Щелкните по кнопке  – **Применить**.

- В диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке  – **Применить**.

- Закройте диалоговое окно **Фильтр для элементов** щелчком по кнопке  – **Заккрыть**.

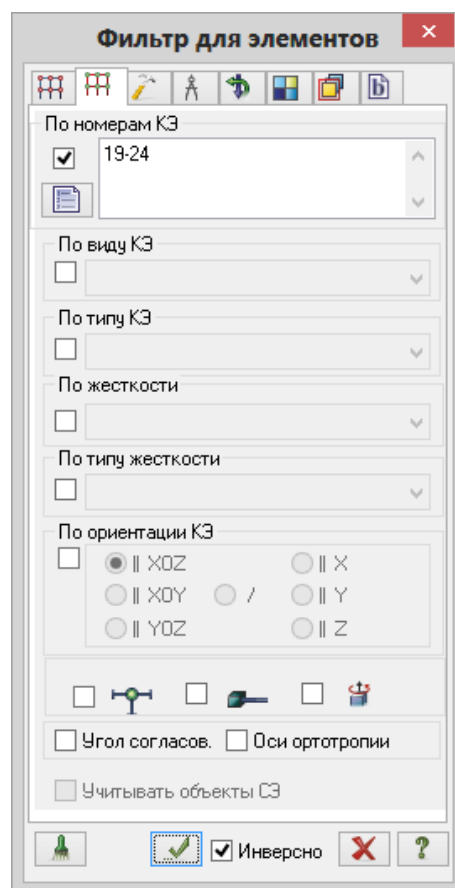



Рис.3.15. Диалоговое окно **Фильтр для элементов**

Этап 6. Смена типа конечных элементов для элементов фермы

- 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**.

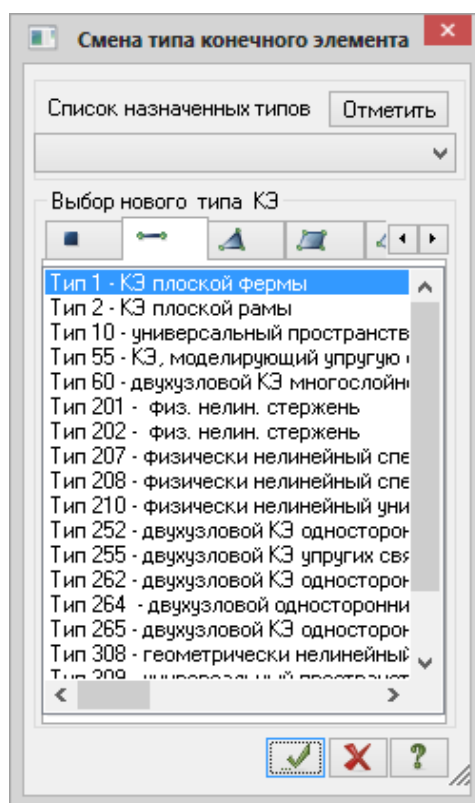


Рис.3.16. Диалоговое окно **Смена типа конечного элемента**

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**).

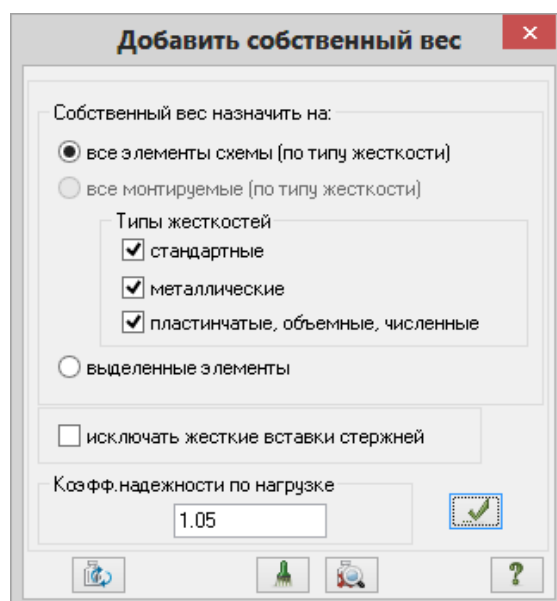


Рис.3.17. Диалоговое окно **Добавить собственный вес**





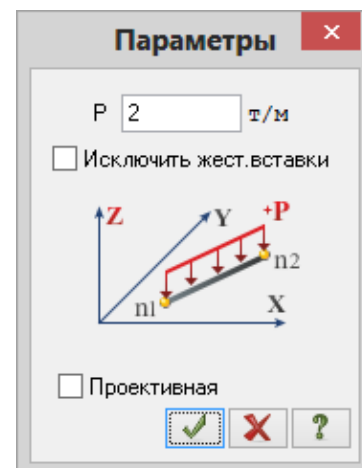

- В этом окне, при включенной радио-кнопке **все элементы**, в поле **Коэф. надежности по нагрузке** задайте коэффициент равен **1.05** (так как в системе **РС-САПР** (Редактируемый сортамент) погонный вес элементов задан нормативным, то его нужно преобразовать в расчетный).
- Щелкните по кнопке  – **Применить** (всем элементам конструкции автоматически назначается равномерно распределенная нагрузка, равная погонному весу элементов).
- 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 = 2 т/м** (рис.3.19).
- Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.
- 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**.


Рис.3.19. Диалоговое окно **Параметры**

- В этом окне задайте величину нагрузки $P = 12$ т.
- Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.
- Выделите узлы верхнего пояса № 13 – 17 и задайте на эти узлы сосредоточенную силу величиной $P = 24$ т аналогично описанным выше операциям.


Формирование загрузки № 2

- Смените номер загрузки, щелчком по кнопке  – **Следующее загрузка** 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 загрузке 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 загрузке.
- 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 загрузки № 4 (Задание узловой гармонической нагрузки)

- Смените номер текущего загрузке на 4.
- 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 – **X**;
 - Закон действия нагрузки – **cos**;
 - Амплитуда воздействия – **0.1** т.
- Подтвердите введенную информацию щелчком по кнопке  – **Подтвердить**.

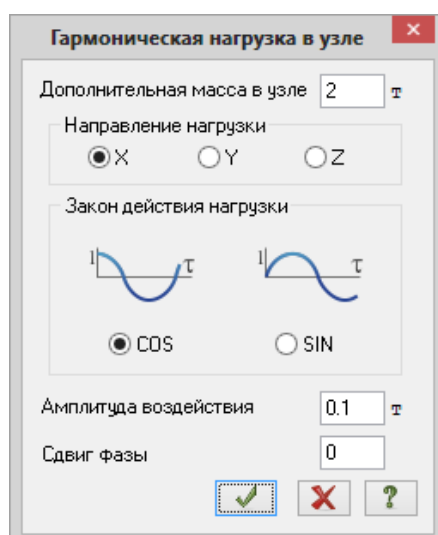










Рис.3.20. Диалоговое окно **Гармоническая нагрузка в узле**



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 загрузках

- Вызовите диалоговое окно **Редактор загрузок** (рис.3.21) 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 **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**.

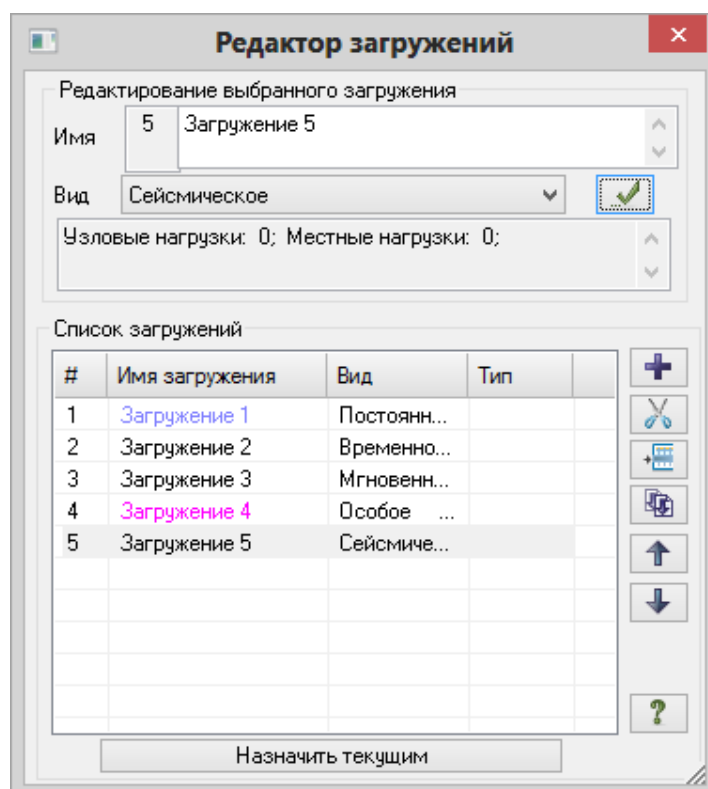



Рис.3.21. Диалоговое окно **Редактор загрузок**

Задание характеристик для расчета рамы на динамические воздействия

Этап 8. Формирование динамических нагрузок из статических

Формирование таблицы учета статических нагрузок для гармонического воздействия

- Вызовите диалоговое окно **Формирование динамических нагрузок из статических** (рис.3.22)

щелчком по кнопке  – **Учет статических нагрузок** (панель **Динамика** на вкладке **Расчет**).

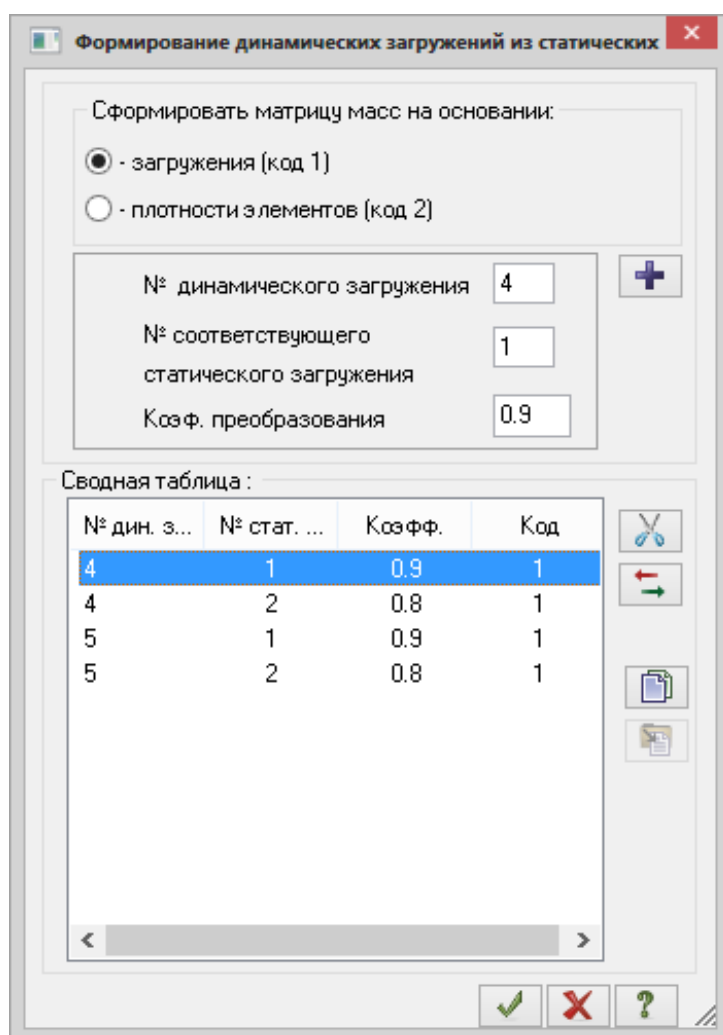



Рис.3.22. Диалоговое окно **Формирование динамических нагрузок из статических**

- Для формирования первой строки сводной таблицы, в этом окне, при включенной радио-кнопке **нагрузки (код 1)**, задайте следующие параметры:
- № динамического нагружения – **4**;
 - № соответствующего статического нагружения – **1**;
 - Козф. 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**;
 - Козф. 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**;
 - Коэф. 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**.

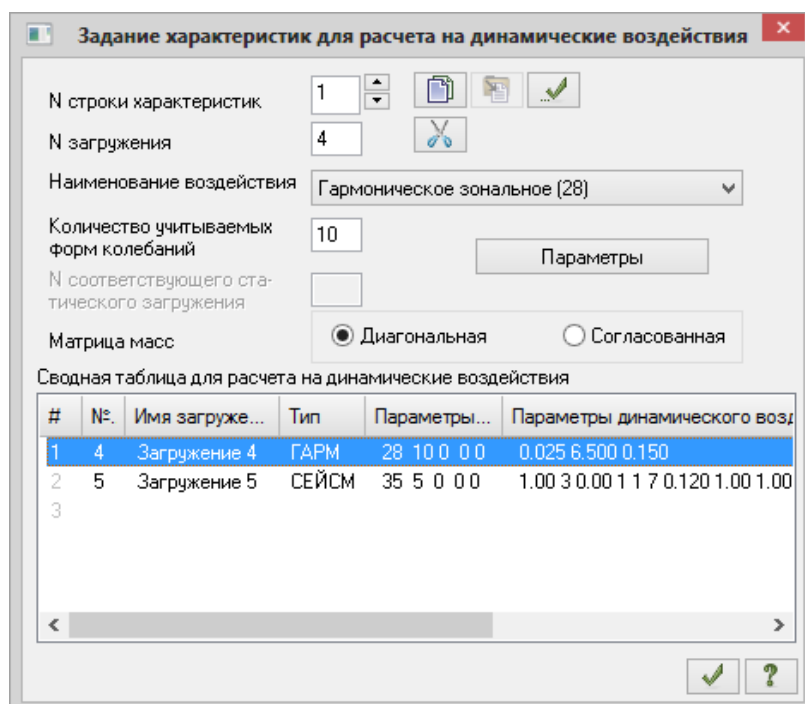


Указанные статические нагрузки формируют веса масс для динамических воздействий.

Этап 9. Формирование таблицы параметров динамических воздействий


Задание данных для четвертого нагружения

- Щелчком по кнопке  – **Таблица динамических нагрузок** (панель **Динамика** на вкладке **Расчет**) вызовите диалоговое окно **Задание характеристик для расчета на динамические воздействия** (рис.3.23).
- В этом окне, задайте следующие параметры:
 - № нагружения – **4**;
 - Наименование воздействия – **Гармоническое зональное (28)**;
 - Количество учитываемых форм колебаний – **10**.
- Затем щелкните по кнопке **Параметры**.



#	№	Имя загрузки...	Тип	Параметры...	Параметры динамического возд
1	4	Загружение 4	ГАРМ	28 10 0 0 0	0.025 6.500 0.150
2	5	Загружение 5	СЕЙСМ	35 5 0 0 0	1.00 3 0.00 1 1 7 0.120 1.00 1.00
3					

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**.

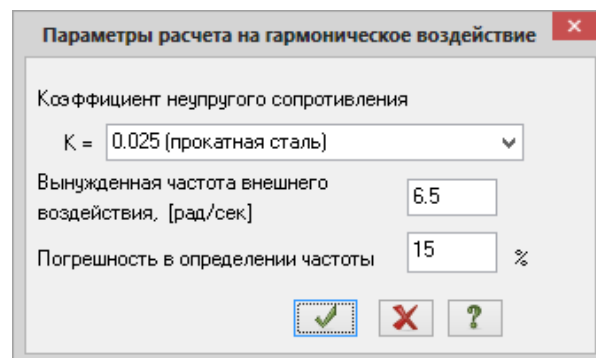



Рис.3.24. Диалоговое окно **Параметры расчета на гармоническое воздействие**

Задание данных для пятого нагружения

- В диалоговом окне **Задание характеристик для расчета на динамические воздействия** (рис.3.23) задайте:
 - № загрузки – **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 **$K_1 = 0.12$** ;
 - направляющие косинусы равнодействующей сейсмического воздействия в общей системе координат – **$C_X = 1$** ;
 - остальные параметры принимаются по умолчанию.
- Подтвердите ввод данных щелчком по кнопке  – **Подтвердить**.

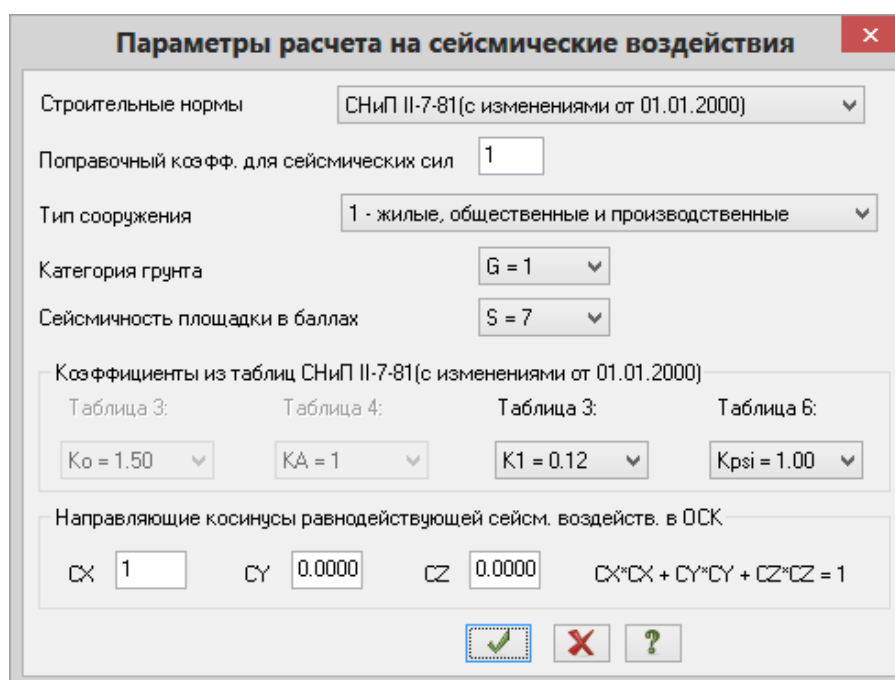


Рис.3.25. Диалоговое окно **Параметры расчета на сейсмические воздействия**



- 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, нужно задать не менее трех расчетных сечений).

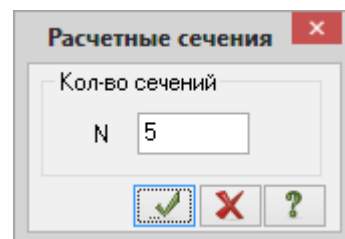



Рис.3.26. Диалоговое окно
Расчетные сечения

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 **Расширенное редактирование**).
- В появившемся диалоговом окне в поле **Редактирование констр. элементов** щелкните по кнопке **Создать**.

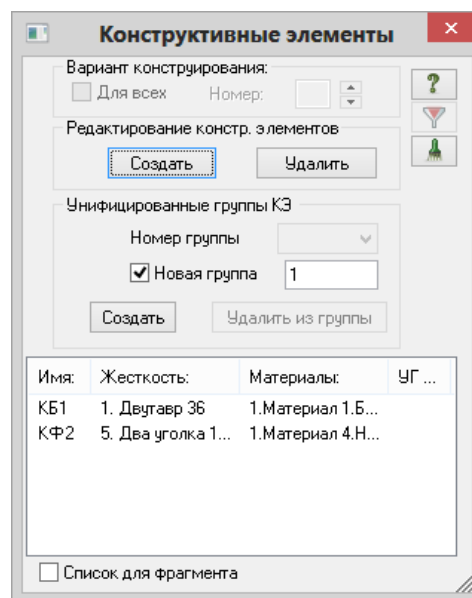




Рис.3.27. Диалоговое окно
Конструктивные элементы

Создание конструктивного элемента ФЕРМА

- Выделите элементы № 10, 11 и 12.
- В диалоговом окне **Конструктивные элементы** в поле **Редактирование констр. элементов** щелкните по кнопке **Создать**.

Этап 12. Назначение раскреплений в узлах изгибаемых элементов

- Выделите элементы № 7, 8 и 9.
- Щелчком по кнопке  – **Раскрепления для прогибов** (панель **Конструирование** на вкладке **Расширенное редактирование**) вызовите диалоговое окно **Раскрепления для прогибов** (рис.3.28).

- В этом окне, при установленных флажках раскреплений – **Y1, Z1**, выберите в раскрывающемся списке строку **Создать в узлах с несоосными элементами**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить** (прогиб сечений элемента определяется относительно линии, соединяющей раскрепления на его концах).

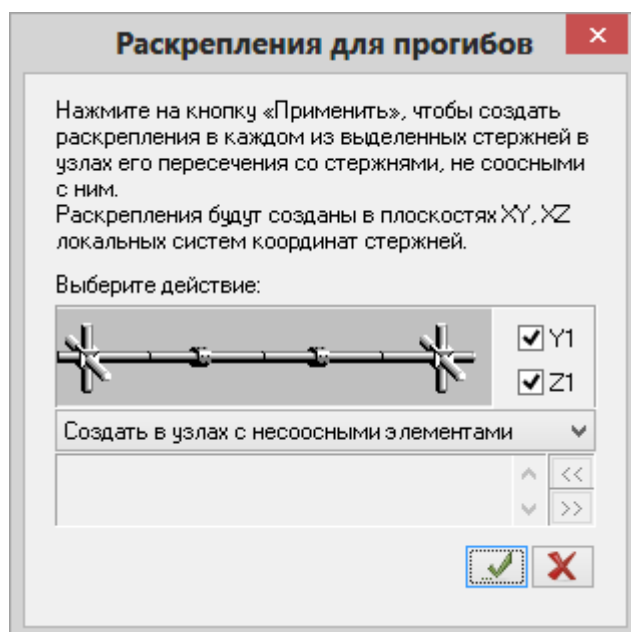



Рис.3.28. Диалоговое окно **Раскрепления для прогибов**

- 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

СНиП 2.01.07-85*

	N загруз.	Наименование	Вид	Знакоперем.	Взаимоискл.	Коз.ф. надежн.	Доля длительн.
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

Сочетания пользователя

Удалить сочетание

Удалить все сочетания

1 основное
2 основное
Особое (С)
Особое (б/С)

$\Sigma П + Д + К + (К + Т) + М$

Коз.ф.ициенты

Сохранить данные

Добавить

Расчет

Выход

Справка


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**.

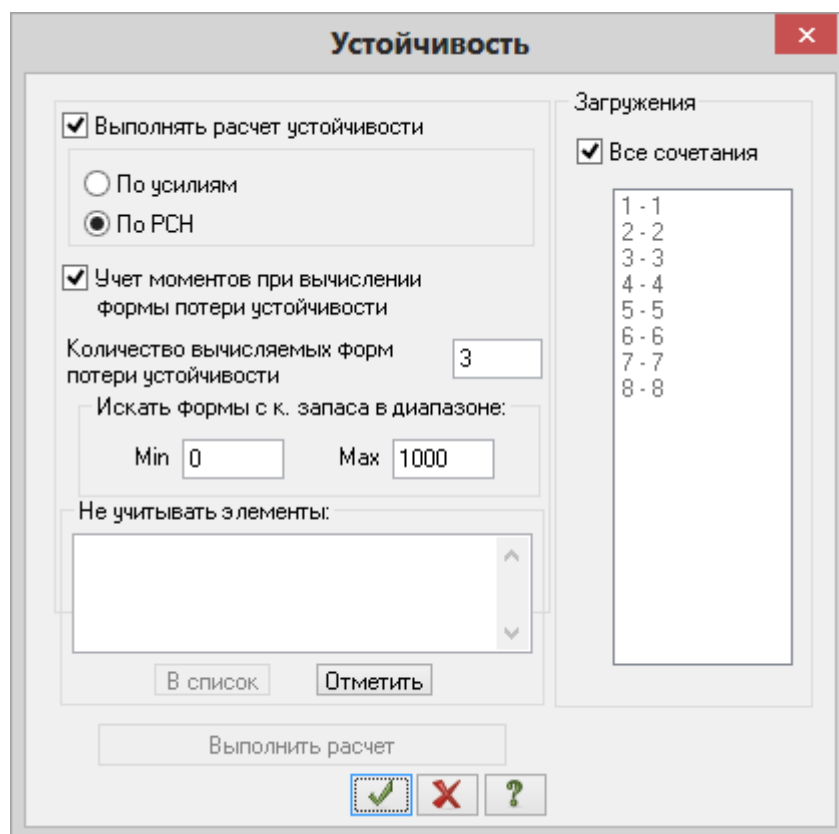



Рис.3.30. Диалоговое окно **Устойчивость**


Этап 15. Полный расчет рамы

- Запустите задачу на расчет щелчком по кнопке  – **Выполнить расчет** (панель **Расчет** на вкладке **Расчет**).

Этап 16. Просмотр и анализ результатов статического и динамического расчетов



После расчета задачи, просмотр и анализ результатов статического и динамического расчетов осуществляется на вкладке **Анализ**.

- 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**).

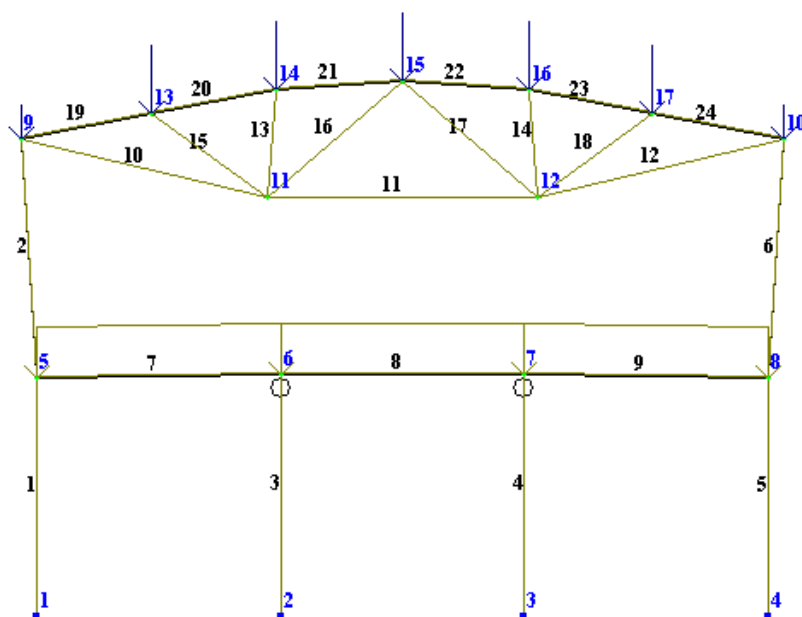


Рис.3.31. Расчетная схема с учетом перемещений узлов

Вывод на экран эпюр внутренних усилий

- Выведите на экран эпюру M_y щелчком по кнопке M_y – Эпюры M_y (панель **Усилия в стержнях** на вкладке **Анализ**).
- Для вывода эпюры N щелкните по кнопке N – 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 усилий** (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 нагружению и щелкните по кнопке – Применить.
- 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 нагружения, в строке состояния в раскрывающемся списке **Номер формы (составляющей, периода)** выберите строку соответствующую третьей форме колебаний и щелкните по кнопке – Применить.

Просмотр анимации третьей формы колебаний пятого нагружения

- 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 нагружения, щелкните по кнопке – **Показать анимацию колебаний** (панель **Анимация** на вкладке **3D Вид**).

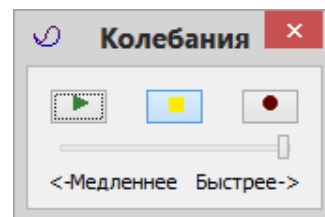






Рис.3.32. Диалоговое окно Колебания

- В диалоговом окне **Колебания** (рис.3.32) щелкните по кнопке  – **Воспроизвести анимацию**.
- Закройте диалоговое окно **Колебания** щелчком по кнопке  – **Заккрыть**.
- 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 **Стандартные таблицы** (рис.3.33) выделите строку **Периоды колебаний**.

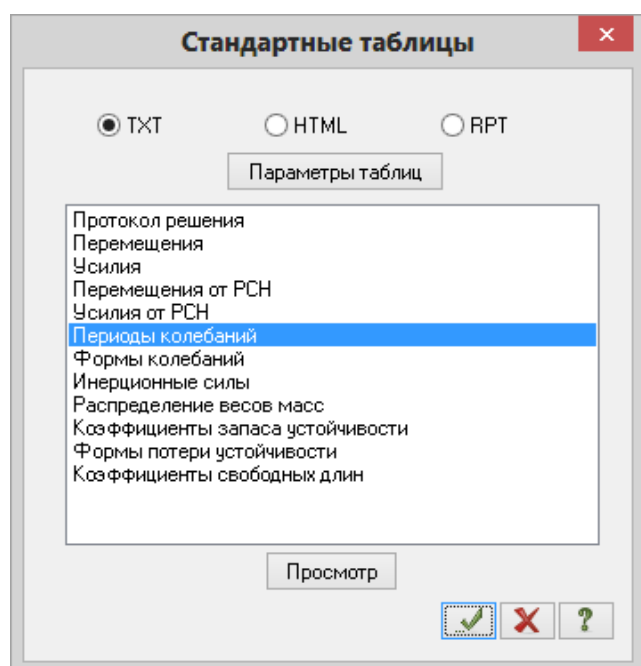






Рис.3.33. Диалоговое окно **Стандартные таблицы**

- Щелкните по кнопке  – **Применить** (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**).
- Для того чтобы закрыть таблицу, выполните пункт меню **Файл** ⇒ **Заккрыть**.
- Для вывода на экран таблицы со значениями распределения весов масс в узлах расчетной схемы, в диалоговом окне **Стандартные таблицы** выделите строку **Распределение весов масс**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.

- В новом окне **Выбор загрузжений** (рис.3.34), при активной строке **Все загрузжения** щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.
- Закройте диалоговое окно **Стандартные таблицы** щелчком по кнопке  – **Заккрыть**.

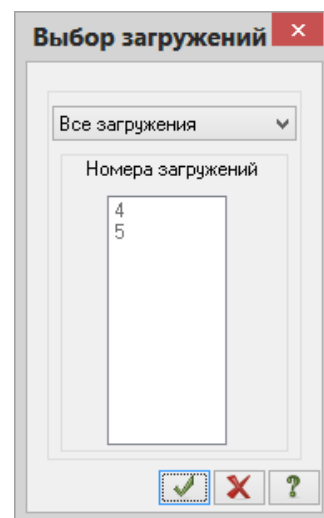






Рис.3.34. Диалоговое окно **Выбор загрузжений**





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 и щелкните по кнопке  – **Применить**.

Создание таблицы коэффициентов запаса устойчивости

- Для вывода на экран таблицы со значениями коэффициентов запаса устойчивости, в диалоговом окне **Стандартные таблицы** выделите строку **Коэффициенты запаса устойчивости**.
- 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

После расчета задачи, просмотр и анализ результатов конструирования осуществляется на вкладке **Конструирование**.

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 **Сталь: проверка и подбор** на вкладке **Конструирование**).
- Чтобы посмотреть мозаику результатов проверки назначенных сечений стальных стержней по местной устойчивости, щелкните по кнопке  – **Проверка, МУ** (панель **Сталь: проверка и подбор** на вкладке **Конструирование**).

Создание таблицы проверки назначенных сечений

- Вызовите диалоговое окно **Таблицы результатов** (рис.3.35), выбрав команду  – **Таблицы результатов для стали** в раскрывающемся списке **Документация** (панель **Таблицы** на вкладке **Конструирование**).
- В этом окне выделите строку **Проверка**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить** (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**. Для создания таблиц в формате Excel нужно включить радио-кнопку **Excel**).

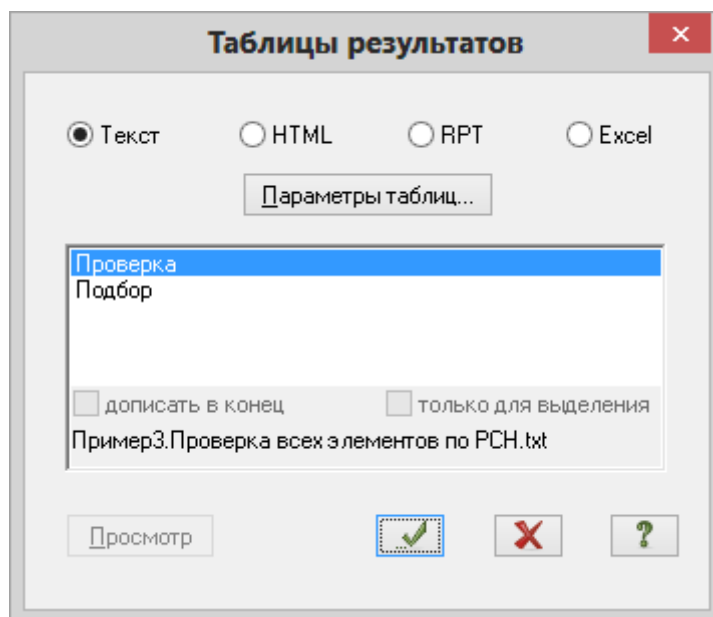



Рис.3.35. Диалоговое окно **Таблицы результатов**

- Для того чтобы закрыть таблицу, выполните пункт меню **Файл** ⇒ **Заккрыть**.

Создание таблицы подбора сечений

- В диалоговом окне **Таблицы результатов** выделите строку **Подбор**.
- 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.

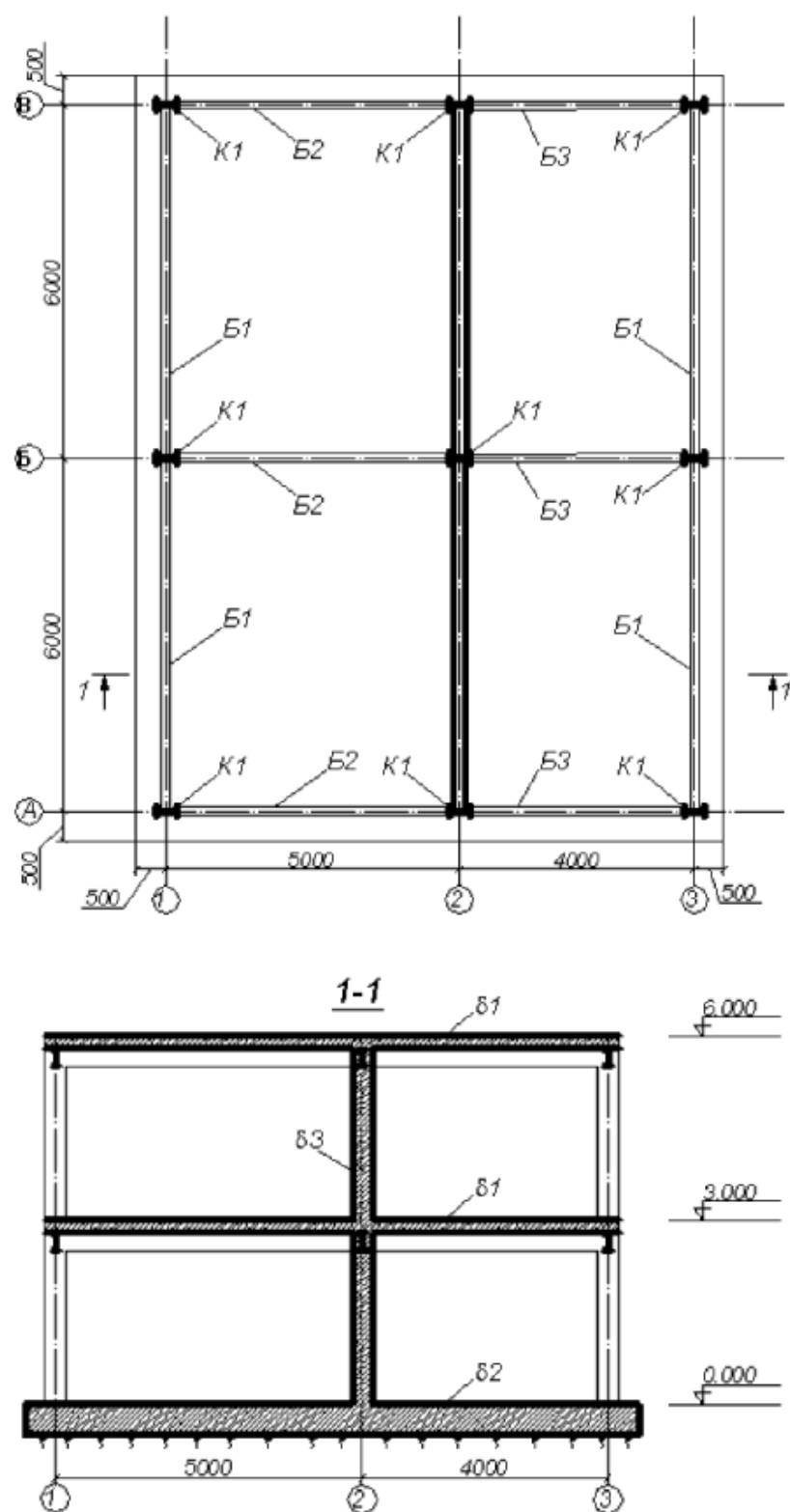
Расчет производится для сетки 18 x 24.

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

Для того чтобы начать работу с ПК ЛИРА-САПР®, выполните следующую команду Windows:
Пуск ⇒ Программы ⇒ LIRA SAPR ⇒ ЛИРА-САПР 2013 ⇒ ЛИРА- САПР 2013.

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** (шифр задачи по умолчанию совпадает с именем задачи);
 - в раскрывающемся списке **Признак схемы** выберите строку 5 – Шесть степеней свободы в узле.
- После этого щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

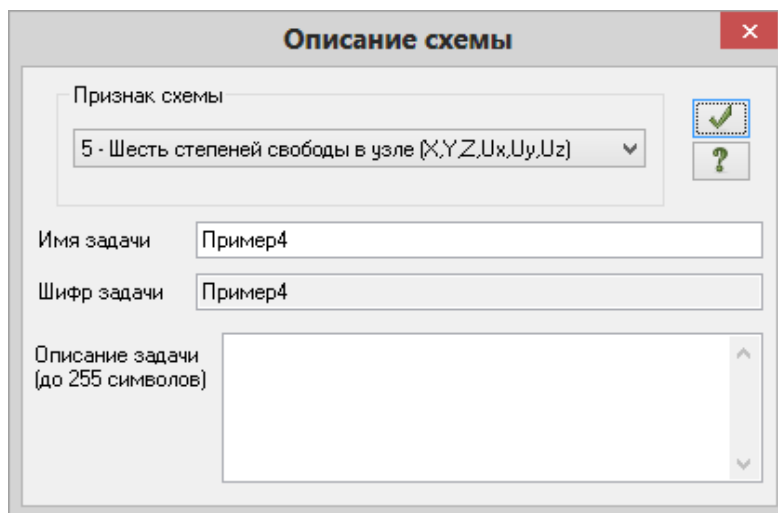





Рис.4.2. Диалоговое окно **Описание схемы**




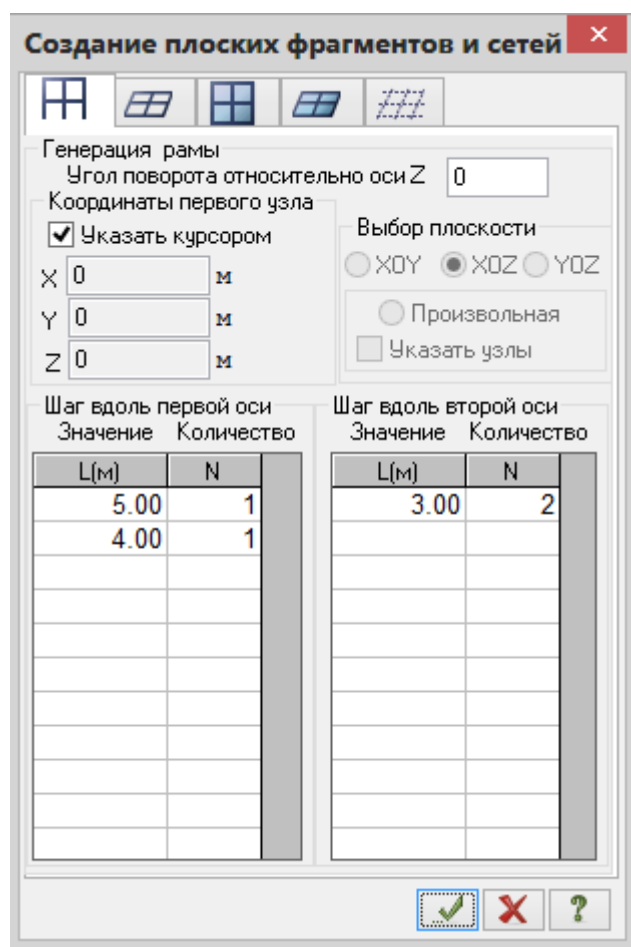
Диалоговое окно **Описание схемы** также можно открыть с уже выбранным признаком схемы. Для этого в меню **Приложения** в раскрывающемся списке пункта **Новый** выберите команду  – **Пятый признак схемы (Шесть степеней свободы в узле)** или на панели быстрого доступа в раскрывающемся списке **Новый** выберите команду  – **Пятый признак схемы (Шесть степеней свободы в узле)**. После этого нужно задать только имя задачи.



Этап 2. Создание геометрической схемы

Создание 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
5	1	3	2.
4	1		
 - Остальные параметры принимаются по умолчанию (рис.4.3).
- После этого щелкните по кнопке  – **Применить**.

Рис.4.3. Диалоговое окно **Создание плоских фрагментов и сетей**


- Затем в поле ввода **Координаты первого узла** снимите флажок **Указать курсором** и задайте координаты привязки в пространстве первого узла фрагмента:
 - X(м) Y(м) Z(м)
 0 6 0.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.
- После этого задайте координаты привязки в пространстве первого узла нового фрагмента:
 - X(м) Y(м) Z(м)
 0 12 0.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.

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** перейдите на вторую закладку **Узлы** и установите флажок **Номера узлов**.
- После этого щелкните по кнопке  – **Перерисовать**.

Создание плиты перекрытия 1-го этажа

- В диалоговом окне **Создание плоских фрагментов и сетей** перейдите на закладку **Генерация плиты**.
- Установите флажок в поле **Указать курсором** и укажите курсором на узел № 4 (узел окрасился в малиновый цвет и в диалоговом окне отобразились его координаты).
- В таблице диалогового окна (рис.4.4) задайте параметры плиты перекрытия:
 - Шаг вдоль первой оси: Шаг вдоль второй оси:

L(м) N	L(м) N
0.5 18	0.5 24.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.

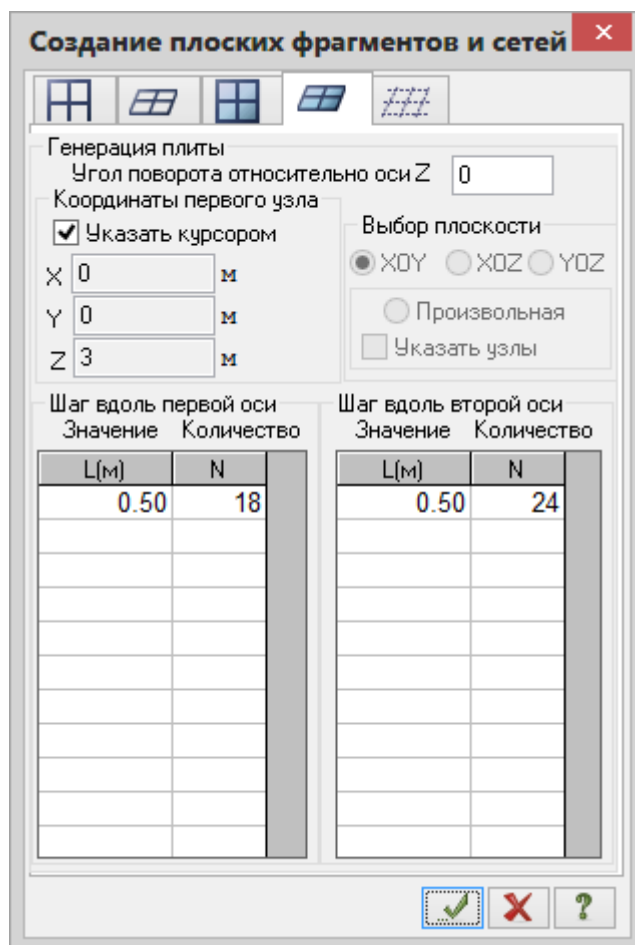




Рис.4.4. Диалоговое окно Создание плоских фрагментов и сетей

Корректировка схемы

- Для выделения горизонтальных стержневых элементов большей длины вызовите диалоговое окно  – **ПолиФильтр** на панели инструментов **Панель выбора** (по умолчанию находится в нижней области рабочего окна).
- В этом окне перейдите на четвертую закладку **Фильтр по геометрии КЭ** (рис.4.5) и задайте параметры:
 - в раскрывающемся списке **Критерий** выберите **Длина стержня**;
 - включите радио-кнопку **Дискретно**, и в поле ввода задайте значение **5**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.

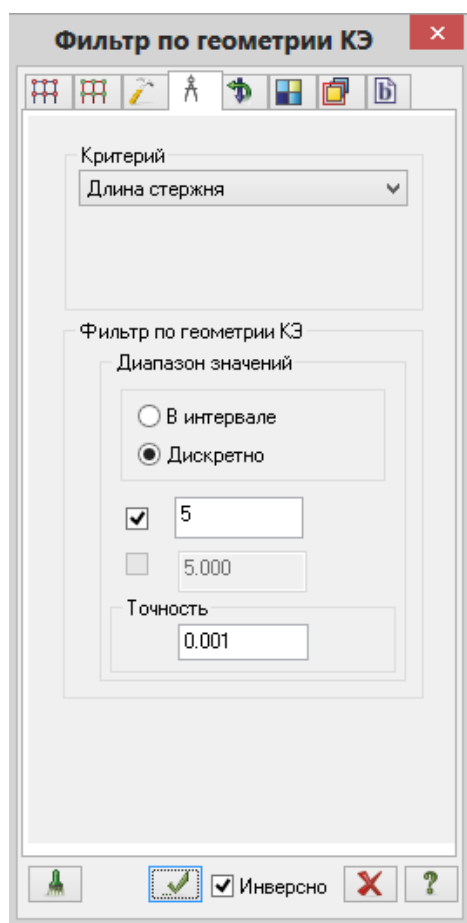




Рис.4.5. Диалоговое окно **Фильтр по геометрии КЭ**

- Вызовите диалоговое окно **Добавить элемент** щелчком по кнопке  – **Добавить элемент** (панель **Создание** на вкладке **Создание и редактирование**).
- Перейдите на пятую закладку **Разделить на N равных частей** (рис.4.6) и задайте **N = 10**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.

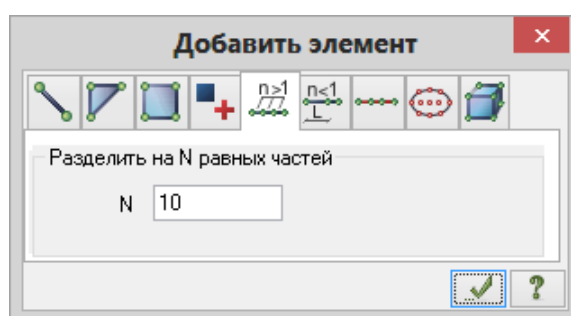





Рис.4.6. Диалоговое окно **Добавить элемент**



Диалоговое окно **Добавить элемент** также можно сразу открыть при активной закладке **Разделить на N равных частей**. Для этого в раскрывающемся списке **Добавить элемент**

выберите команду  – **Разделить на N равных частей** (панель **Создание** на вкладке **Создание и редактирование**).



- Для выделения горизонтальных стержневых элементов меньшей длины в диалоговом окне **Фильтр по геометрии КЭ** задайте следующие параметры:
 - в поле ввода задайте значение **4**.

- Щелкните по кнопке  – **Применить**.
- В диалоговом окне **Добавить элемент** задайте **N = 8**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.



Разделение стержневых элементов производится с тем же шагом КЭ, как и в плите для совместной работы плиты с балкой.

Упаковка схемы

- Щелчком по кнопке  – **Упаковка схемы** (панель **Редактирование** на вкладке **Создание и редактирование**) вызовите диалоговое окно **Упаковка** (рис.4.7).
- 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).

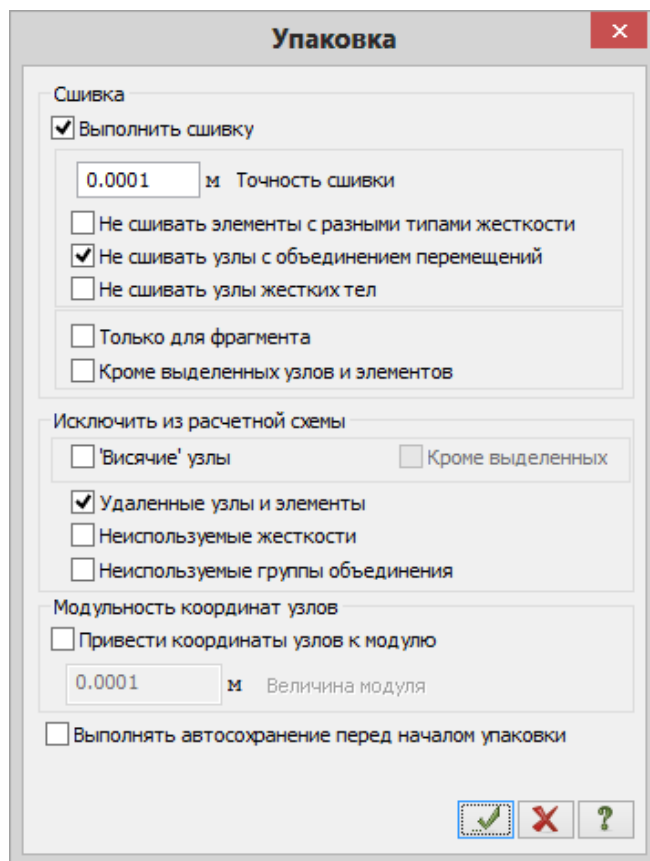





Рис.4.7. Диалоговое окно Упаковка



Диалоговое окно **Упаковка** предназначено для управления параметрами упаковки схемы после выполнения операций **Сборка**, **Копирование** и других операций с геометрией.

Добавление элементов балок и плиты покрытия

- Вызовите диалоговое окно **Добавить элемент** выбрав команду  – **Добавить стержень** в раскрывающемся списке **Добавить элемент** (панель **Создание** на вкладке **Создание и редактирование**).

- При установленных флажках **Указать узлы курсором** и **Учитывать промежуточные узлы** добавьте стержни между узлами крайней левой грани плиты перекрытия № 24 и 461, а также крайней правой грани плиты перекрытия № 5 и 20, указав последовательно курсором на эти пары узлов (при этом между ними протягивается резиновая нить).
- Вызовите диалоговое окно **ПолиФильтр** щелчком по кнопке  – **ПолиФильтр** на панели инструментов **Панель выбора** и перейдите на предпоследнюю закладку **Сечения и отсечения** (рис.4.8).
- В этом окне для выбора секущей плоскости включите радио-кнопку **XOY** (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 перекрытия первого этажа (узел окрашивается в черный цвет).
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.

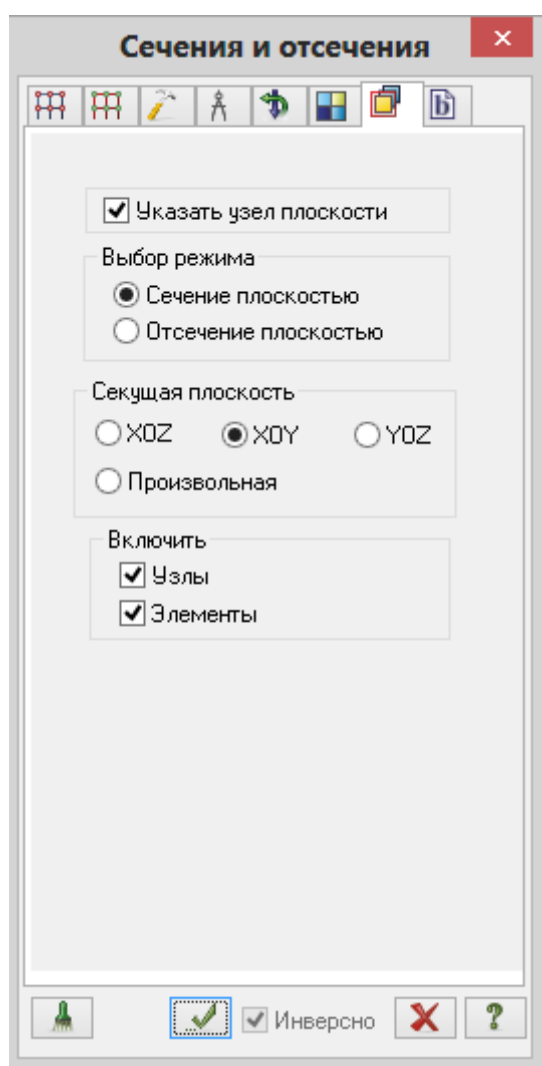


Рис.4.8. Диалоговое окно
Сечения и отсечения

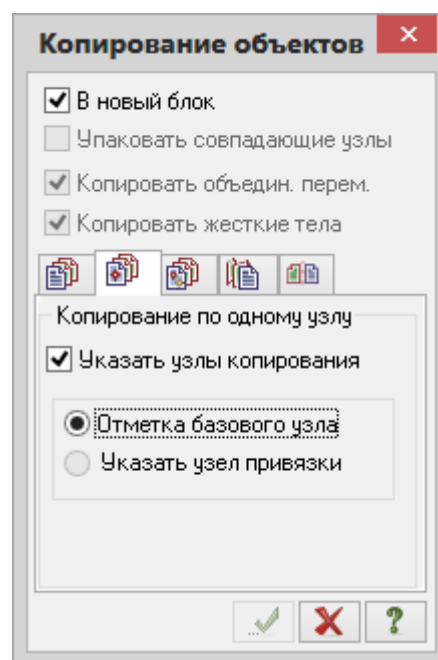



Рис.4.9. Диалоговое окно
Копирование объектов


- Вызовите диалоговое окно **Копирование объектов** щелчком по кнопке  – **Копирование** (панель **Редактирование** на вкладке **Создание и редактирование**).
- В этом окне перейдите на вторую закладку **Копирование по одному узлу** (рис.4.9).
- Далее на схеме укажите курсором на узел № 24.
- После этого укажите курсором в тот узел, куда требуется скопировать фрагмент (узел привязки – крайний левый верхний узел рамы № 6).

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 № 2 (узел окрасился в малиновый цвет и в диалоговом окне отобразились его координаты).
- В таблице диалогового окна задайте параметры диафрагмы:



L(м) N	L(м) N
0.5 24	0.5 12.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Снимите выделение с узлов и элементов щелчком по кнопке  – **Отмена выделения** на панели инструментов **Панель выбора**.
- Перейдите в проекцию на плоскость XOZ щелчком по кнопке  – **Проекция на XOZ** на панели инструментов **Проекция** (по умолчанию находится в нижней области рабочего окна).
- После щелчка по кнопке  – **Отметка вертикальных стержней** на панели инструментов **Панель выбора** с помощью курсора выделите колонны в месте расположения диафрагмы.
- Вызовите диалоговое окно **Добавить элемент** выбрав команду  – **Разделить на N равных частей** в раскрывающемся списке **Добавить элемент** (панель **Создание** на вкладке **Создание и редактирование**) и задайте **N = 6**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Перейдите в диметрическую фронтальную проекцию представления расчетной схемы щелчком по кнопке  – **Изометрическая фронтальная проекция** на панели инструментов **Проекция**.

Создание фундаментной 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**).
- В этом окне снимите флажок **Указать курсором** в поле ввода **Координаты первого узла** и задайте координаты привязки в пространстве первого узла фрагмента:

X(м) Y(м) Z(м)
-0.5 -0.5 0.
- В таблице диалогового окна задайте параметры фундаментной плиты:

L(м) N	L(м) N
0.5 20	0.5 26.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Снимите флажок **Номера узлов** в диалоговом окне **Показать**.
- Щелкните по кнопке  – **Перерисовать**.

- Щелчком по кнопке  – **Упаковка схемы** (панель **Редактирование** на вкладке **Создание и редактирование**) вызовите диалоговое окно **Упаковка**.
 - В этом окне щелкните по кнопке  – **Применить**.
- На рис.4.10 представлена полученная расчетная схема.

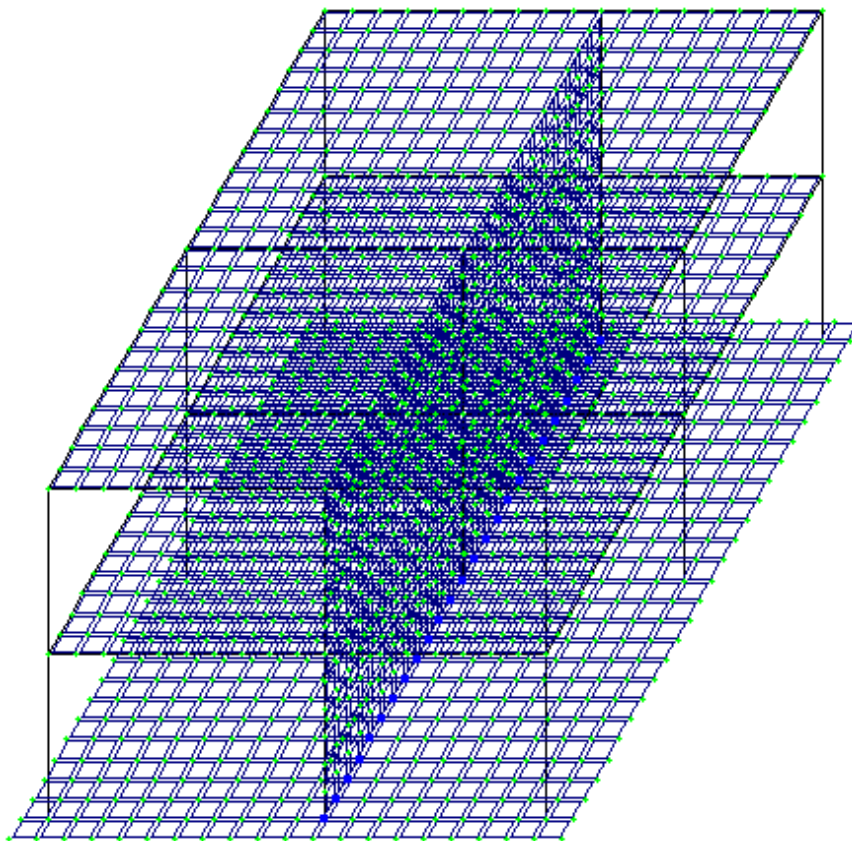




Рис.4.10. Расчетная схема каркаса

Сохранение информации о расчетной схеме

- Для сохранения информации о расчетной схеме откройте меню **Приложения** и выберите пункт **Сохранить** (кнопка  на панели быстрого доступа).
- В появившемся диалоговом окне **Сохранить как** задайте:
 - имя задачи – **Пример4**;
 - папку, в которую будет сохранена эта задача (по умолчанию выбирается папка – **Data**).
- Щелкните по кнопке **Сохранить**.

Этап 3. Задание вариантов конструирования

Создание первого варианта конструирования

- Вызовите диалоговое окно **Варианты конструирования** (рис.4.11) щелчком по кнопке  – **Варианты конструирования** (панель **Конструирование** на вкладке **Расширенное редактирование**).
- В этом диалоговом окне задайте параметры для первого варианта конструирования:
 - в раскрывающемся списке **Расчет сечений по:** выберите строку **PCY**;
 - остальные параметры принимаются по умолчанию.



- После этого щелкните по кнопке  – Применить.

Рис.4.11. 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 (PCU, 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.4.12,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:
- в раскрывающемся списке для стального расчета **Нормы** выберите строку **СП 16.13330.2011**;
 - в раскрывающемся списке **Расчет сечений по:** выберите строку **PCN**
 - остальные параметры 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 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.4.12,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.4.12,б).
- Выберите двойным щелчком мыши на элементе графического списка тип сечения **Двутавр**.

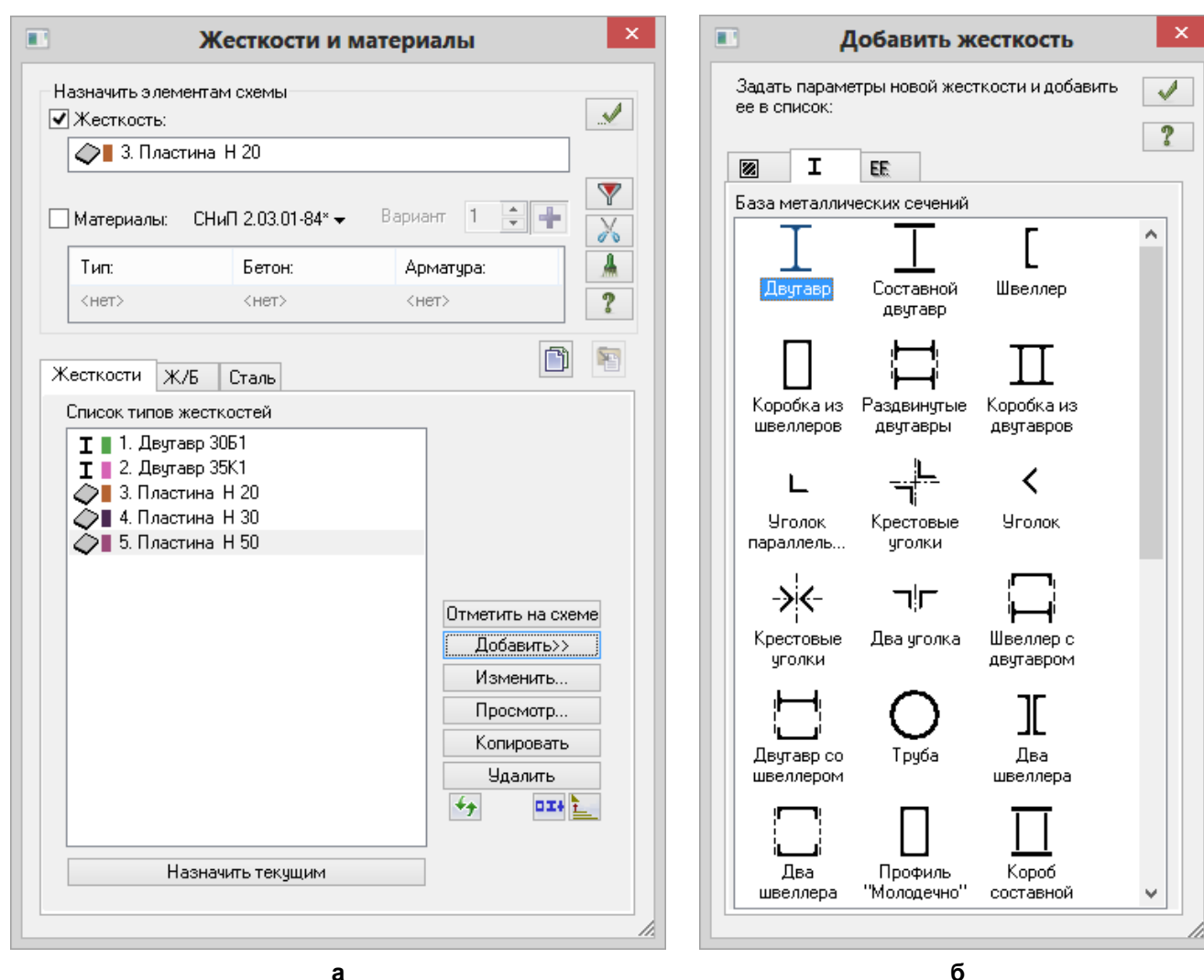


Рис.4.12. Диалоговые окна: а – Жесткости и материалы, б – Добавить жесткость

- В диалоговом окне **Стальное сечение** (рис.4.13) задайте параметры сечения **Двутавр** (для балок):
 - в раскрывающемся списке – **Сортамент** выберите позицию – **Двутавр с параллельными гранями полок типа Б(балочный). Актуализированный**;
 - в списке – **Профиль – 30Б1**.
- Для ввода данных щелкните по кнопке **ОК**.

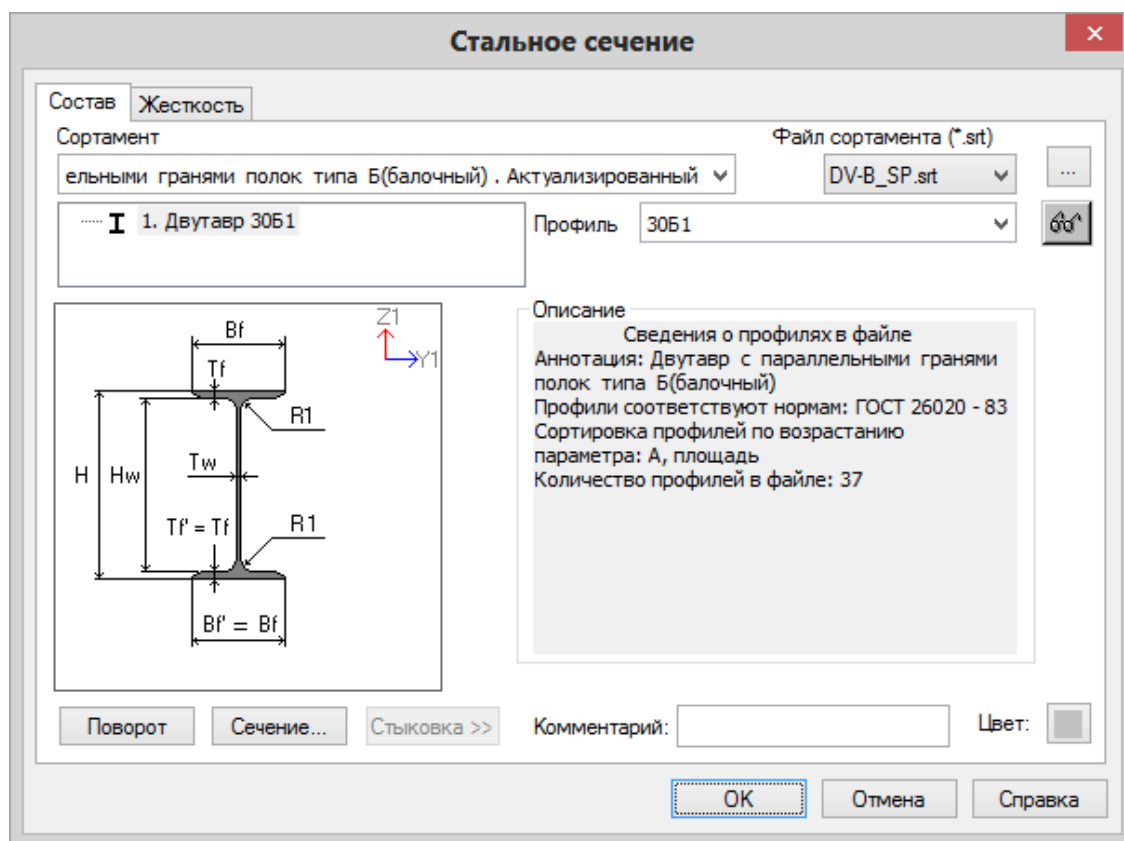


Рис.4.13. Диалоговое окно **Стальное сечение**

- Еще раз двойным щелчком мыши выберите тип сечения **Двутавр**.
- В диалоговом окне **Стальное сечение** задайте параметры сечения **Двутавр** (для колонн):
 - в раскрывающемся списке – Сортамент выберите позицию – **Двутавр с параллельными гранями полков типа К(колонный). Актуализированный**;
 - в списке – Профиль – **35К1**.
- Для ввода данных щелкните по кнопке **ОК**.

- Далее в диалоговом окне **Добавить жесткость** перейдите на третью закладку численного описания жесткости.
- Двойным щелчком мыши выберите тип сечения **Пластины**.
- В окне **Задание жесткости для пластин** (рис.4.14) 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**.
- В диалоговом окне **Жесткости и материалы** в списке типов жесткостей выделите курсором строку **3. Пластина Н 20** и дважды щелкните по кнопке **Копировать**.
- Далее в диалоговом окне **Жесткости и материалы** в списке типов жесткостей с помощью курсора выделите строку **4.Пластина Н 20** и щелкните по кнопке **Изменить**.
- В новом окне **Задание жесткости для пластин** измените параметры для диафрагмы жесткости:
 - толщина – $H = 30 \text{ см}$.

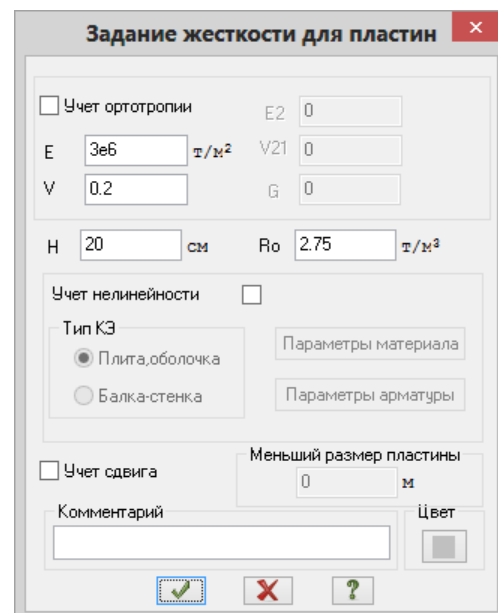




Рис.4.14. Диалоговое окно **Задание жесткости для пластин**

- Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.
- В диалоговом окне **Жесткости элементов** в списке типов жесткостей с помощью курсора выделите строку **5. Пластина Н 20** и щелкните по кнопке **Изменить**.
- В диалоговом окне **Задание жесткости для пластин** измените параметры для фундаментной плиты:
 - толщина – **H = 50 см**.
- 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)**.
- После этого включите радио-кнопку **Тип** и щелкните по кнопке **Добавить**.
- На экран выводится диалоговое окно **Общие характеристики** (рис.4.15), в котором задайте следующие параметры для пластинчатых элементов:
 - в раскрывающемся списке **Модуль армирования** выберите строку **Оболочка**;
 - в строке Комментарий задайте Оболочки;
 - все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.
- После этого щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.


Рис.4.15. Диалоговое окно **Общие характеристики**

- В диалоговом окне **Жесткости и материалы** включите радио-кнопку **Бетон**.
- Щелкните по кнопке **По умолчанию** (этой операцией по умолчанию принимается бетон класса В25).
- В этом же окне включите радио-кнопку **Арматура**.
- Щелкните по кнопке **По умолчанию** (этой операцией по умолчанию принимается арматура класса А-III).



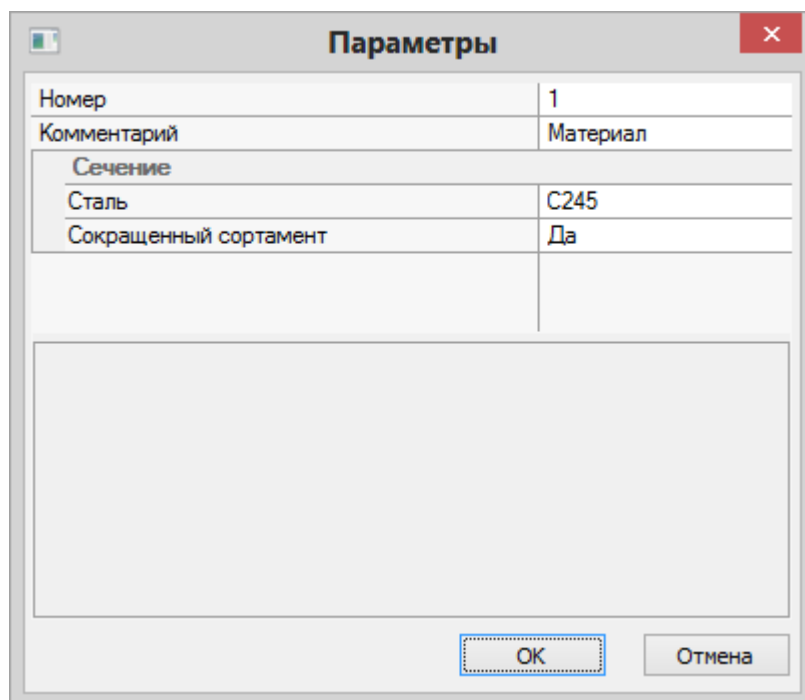
При использовании нескольких вариантов конструирования переключение на другой вариант конструирования производится в диалоговом окне **Жесткости и материалы** (рис.4.12,а) с помощью счетчика **Номер текущего варианта конструирования схемы** (при установленном флажке **Материалы**.)

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.4.11), 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 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 радио-кнопку **Материал** и щелкните по кнопке **Добавить**.
- На экран выводится диалоговое окно **Параметры** (рис.4.16), в котором в раскрывающемся списке **Сталь** задайте марку **С245** (будет использоваться для балок и колонн первого и второго вариантов конструирования).
- Для ввода данных щелкните по кнопке **ОК**.



Номер	1
Комментарий	Материал
Сечение	
Сталь	С245
Сокращенный сортамент	Да

OK Отмена

Рис.4.16. 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.4.17) 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
Тип элемента	
Ферменный	<input type="radio"/>
Колонна	<input type="radio"/>
Балка	<input checked="" type="radio"/>
Коэффициенты условий работы и надежности	
γс устойчивости	0.95
γс прочности	1
γп	1
Расчет производится	
в пределах упругости	<input checked="" type="radio"/>
с учетом пластичности	<input type="radio"/>
Чистый изгиб	<input type="checkbox"/>
Ребра жесткости	
устанавливать ребра	<input type="checkbox"/>
шаг ребер, м	0
Расчет по прогибу	
Длина пролета L, м	Авто
Максимально допустимый прогиб	1/400
Консоль	<input type="checkbox"/>
Данные для расчета на общую устойчивость	
Lef b, м	0
использовать коэффициенты длины	<input type="checkbox"/>
Комментарий Произвольный текст, характеризующий этот набор дополнительных характеристик	
<input type="button" value="ОК"/> <input type="button" value="Отмена"/>	

Рис.4.17. Диалоговое окно **Параметры**

- Еще раз щелкните по кнопке **Добавить** в диалоговом окне **Жесткости и материалы**.
- В новом окне **Параметры** (рис.4.18) 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	1
Комментарий	Балки
Тип элемента	
Ферменный	<input type="radio"/>
Колонна	<input type="radio"/>
Балка	<input checked="" type="radio"/>
Коэффициенты условий работы и надежности	
Ус устойчивости	0.95
Ус прочности	1
Уп	1
Расчет производится	
в пределах упругости	<input checked="" type="radio"/>
с учетом пластичности	<input type="radio"/>
Чистый изгиб	<input type="checkbox"/>
Ребра жесткости	
устанавливать ребра	<input type="checkbox"/>
шаг ребер, м	0
Расчет по прогибу	
Длина пролета L, м	Авто
Максимально допустимый прогиб	1/400
Консоль	<input type="checkbox"/>
Данные для расчета на общую устойчивость	
Lef b, м	0
использовать коэффициенты длины	<input type="checkbox"/>
Комментарий Произвольный текст, характеризующий этот набор дополнительных характеристик	
<input type="button" value="ОК"/> <input type="button" value="Отмена"/>	

Рис.4.18. Диалоговое окно **Параметры**


Задание материалов для второго варианта конструирования стальных конструкций

- Для переключения на второй вариант конструирования, в диалоговом окне **Жесткости и материалы** 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 Фб **Kb = 0.85**;
 - в поле **Комментарий** задайте **Колонны**;
 - все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.
- 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 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.

- 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** (с элементов снимается выделение. Это свидетельство того, что выделенным элементам присвоена текущая комбинация жесткости и материала).













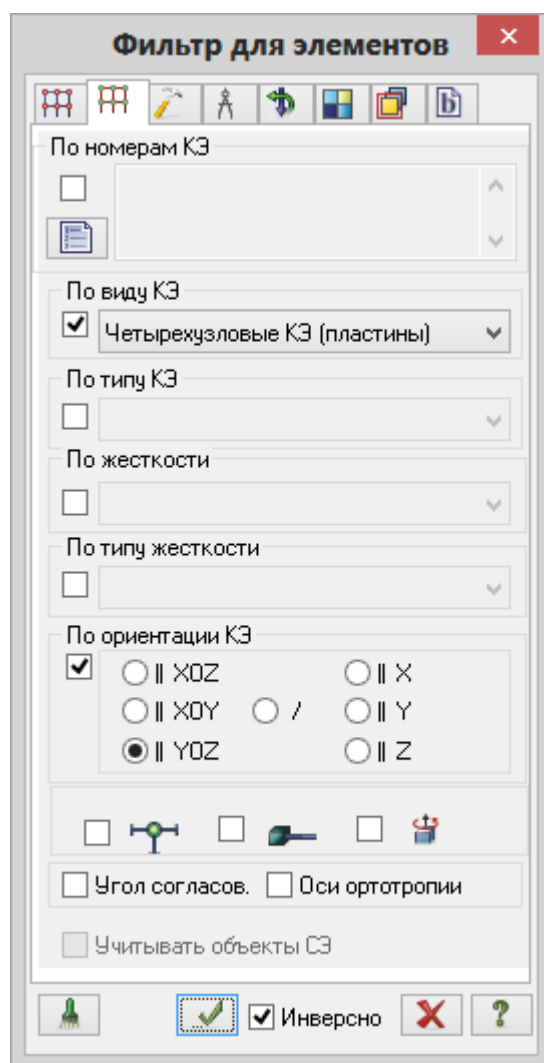
Один и тот же материал может быть назначен элементам расчетной схемы одновременно с несколькими типами жесткостей для стальных конструкций. Назначить текущий материал выделенным элементам схемы, возможно лишь в том случае, если он совместим с текущей жесткостью. В противном случае, назначить материалы 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. Двутавр 35К1**.
- 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**.
- В диалоговом окне **Жесткости и материалы** 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**.
- 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 H 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.B25** и класс арматуры – **1.A-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, а затем 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 H 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.4.19).
- 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.4.19. Диалоговое окно **Фильтр для элементов**

- 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.4.20).
 - 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 $C1z = 1000 \text{ т/м}^3$.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.

Рис.4.20. Диалоговое окно **Задание коэфф. C1 и C2**




- Снимите выделение узлов щелчком по кнопке  – **Отмена выделения** на панели инструментов **Панель выбора**.

Этап 6. Задание граничных условий









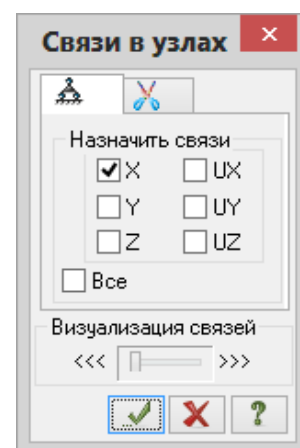
Во избежание геометрической изменяемости в плоскости XOY, на фундаментную плиту накладываем дополнительные граничные условия.



Выделение узлов

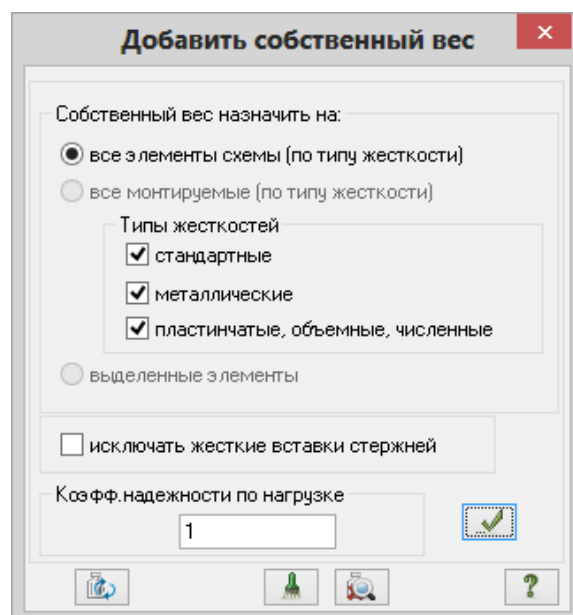
- В диалоговом окне **Фильтр для элементов** перейдите на предпоследнюю закладку **Сечения и отсечения** и для выбора секущей плоскости включите радио-кнопку **YOZ**.
- Укажите курсором любой узел стыковки диафрагмы с фундаментной плитой.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Для отображения на экране 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.4.21).
- В этом окне, с помощью установки флажков, отметьте направления, по которым запрещены перемещения узлов (**X**).
- После этого щелкните по кнопке  – **Применить** (узлы окрашиваются в синий цвет).
- 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  – **Применить**.
- 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 фронтальную проекцию представления расчетной схемы щелчком по кнопке  – **Изометрическая фронтальная проекция** на панели инструментов **Проекция**.

Рис.4.21. Диалоговое окно **Связи в узлах****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.4.22).
- В этом окне, при включенной радио-кнопке **все элементы** и заданном коэф. надежности по нагрузке равном **1**, щелкните по кнопке  – **Применить** (элементы автоматически загружаются нагрузкой от собственного веса).

Рис.4.22. Диалоговое окно **Добавить собственный вес**

Формирование загрузки № 2

- Смените номер загрузки щелчком по кнопке  – Следующее загрузения 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.4.23) 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**.

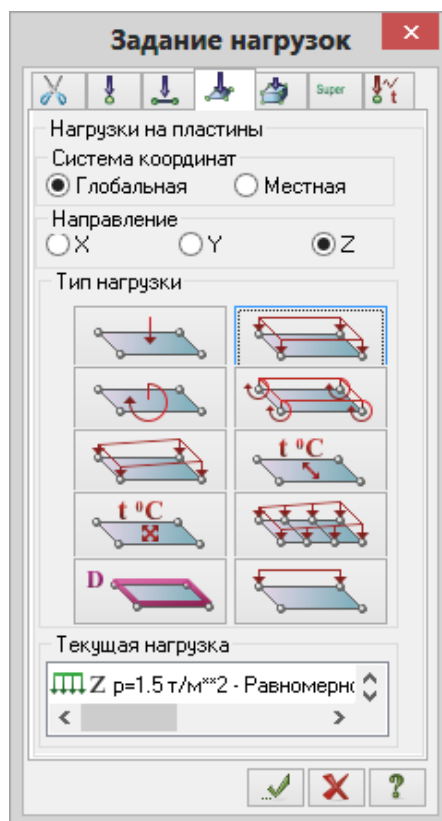



Рис.4.23. Диалоговое окно **Задание нагрузок**

- Щелчком по кнопке равномерно распределенной нагрузки вызовите диалоговое окно **Параметры**.
- В этом окне задайте интенсивность нагрузки $p = 1.5 \text{ т/м}^2$ (рис.4.24).
- Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

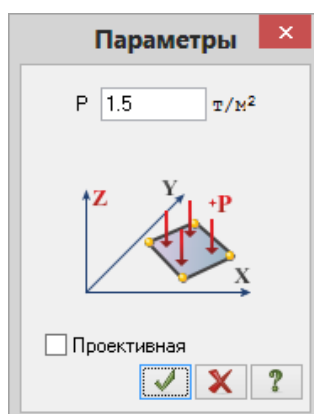


Рис.4.24. Диалоговое окно **Параметры**

- На экране появляется диалоговое окно **Предупреждение** (рис.4.25) в котором щелкните по кнопке **ОК**.

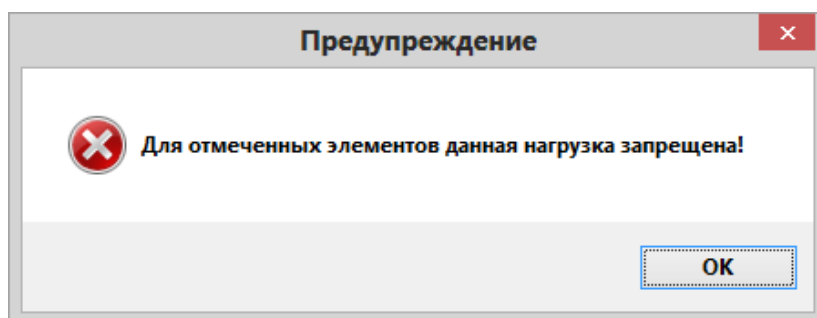








Рис.4.25. Диалоговое окно **Предупреждение**






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**.
- После этого в диалоговом окне **Задание нагрузок** щелкните по кнопке  – **Применить**.

Формирование загрузки № 3

- Смените номер текущего загрузки щелчком по кнопке  – **Следующее загрузке** в строке состояния.
- Выделите плиту перекрытия 2-го этажа при включенной функции выделения блока.
- 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**.

Задание расширенной информации о загрузках

- Вызовите диалоговое окно **Редактор загрузок** (рис.4.26) 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**.

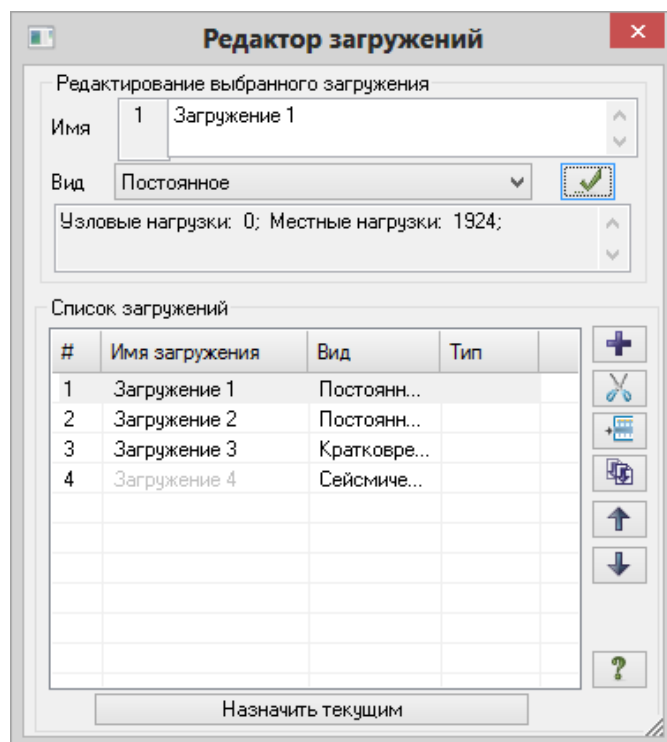







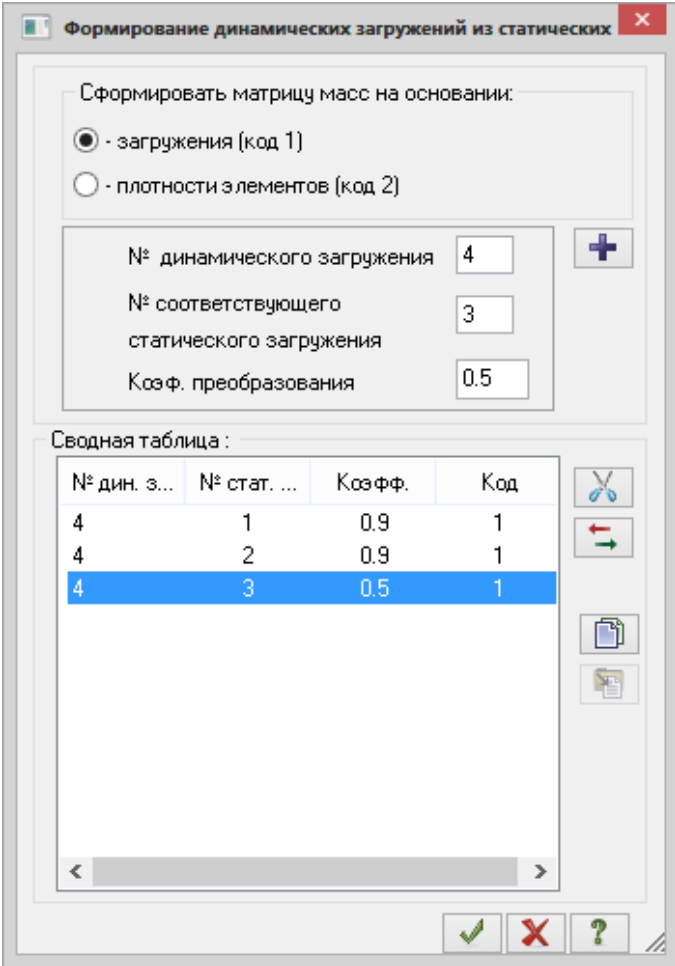
Рис.4.26. Диалоговое окно Редактор загрузок

Задание характеристик для расчета рамы на сейсмику

Этап 8. Формирование динамических загрузок из статических

- Вызовите диалоговое окно **Формирование динамических загрузок из статических** (рис.4.27) 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 загрузки – **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. ...	Коэф.	Код
4	1	0.9	1
4	2	0.9	1
4	3	0.5	1

Рис.4.27. 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.4.28) 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**.

Задание характеристик для расчета на динамические воздействия

N строки характеристик: 1

N загрузки: 4

Наименование воздействия: Сейсмическое /01.01.2000/СП 14.13330.201*

Количество учитываемых форм колебаний: 10

N соответствующего статического нагружения:

Матрица масс: ☒ Диагональная ☐ Согласованная

Параметры

Сводная таблица для расчета на динамические воздействия

#	№	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.4.28. Диалоговое окно **Задание характеристик для расчета на динамические воздействия**

- В диалоговом окне **Параметры расчета на сейсмические воздействия** (рис.4.29) задайте следующие параметры:
 - направляющие косинусы равнодействующей сейсмического воздействия в основной 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: 1.00

Тип сооружения: 1 - жилые, общественные и производственные

Категория грунта: G = 1

Сейсмичность площадки в баллах: S = 7

Кoeffициенты из таблиц СНиП II-7-81(с изменениями от 01.01.2000)

Таблица 3: Таблица 4: Таблица 3: K1 = 1.00 Таблица 6: Kpsi = 1.00


Направляющие косинусы равнодействующей сейсм. воздейств. в ОСК

CX: 1 CY: 0.0000 CZ: 0.0000 $CX^2 + CY^2 + CZ^2 = 1$

Рис.4.29. 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

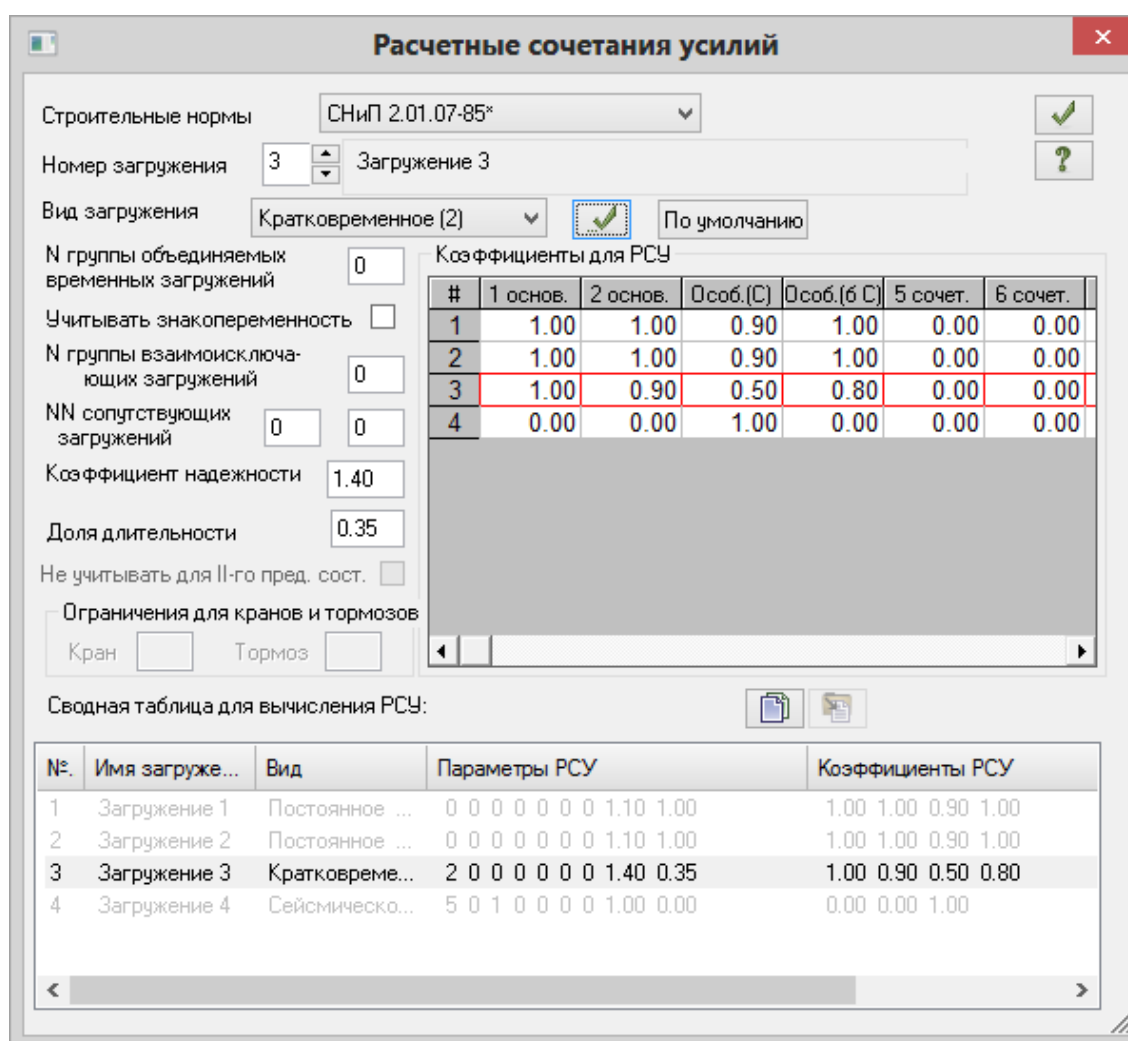
- Щелчком по кнопке  – **Таблица РСУ** (панель РСУ на вкладке **Расчет**) вызовите диалоговое окно **Расчетные сочетания усилий** (рис.4.30).



Так как вид загрузений задавался в диалоговом окне *Редактор загрузений* (рис.4.26) таблица РСУ сформировалась автоматически с параметрами, принятыми по умолчанию для каждого загрузения. Далее нужно только изменить параметры для третьего загрузения.


- В этом окне при выбранных строительных нормах **СНиП 2.01.07-85*** 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**.



Строительные нормы: **СНиП 2.01.07-85***

Номер загрузения: **3** Загрузка: **3**

Вид загрузения: **Кратковременное (2)**  По умолчанию

N группы объединяемых временных загрузений: **0**

Учитывать знакопеременность: ☐

N группы взаимоисключающих загрузений: **0**

NN сопутствующих загрузений: **0**

Коэффициент надежности: **1.40**

Доля длительности: **0.35**

Не учитывать для II-го пред. сост.: ☐

Ограничения для кранов и тормозов:


Кран ☐ Тормоз ☐

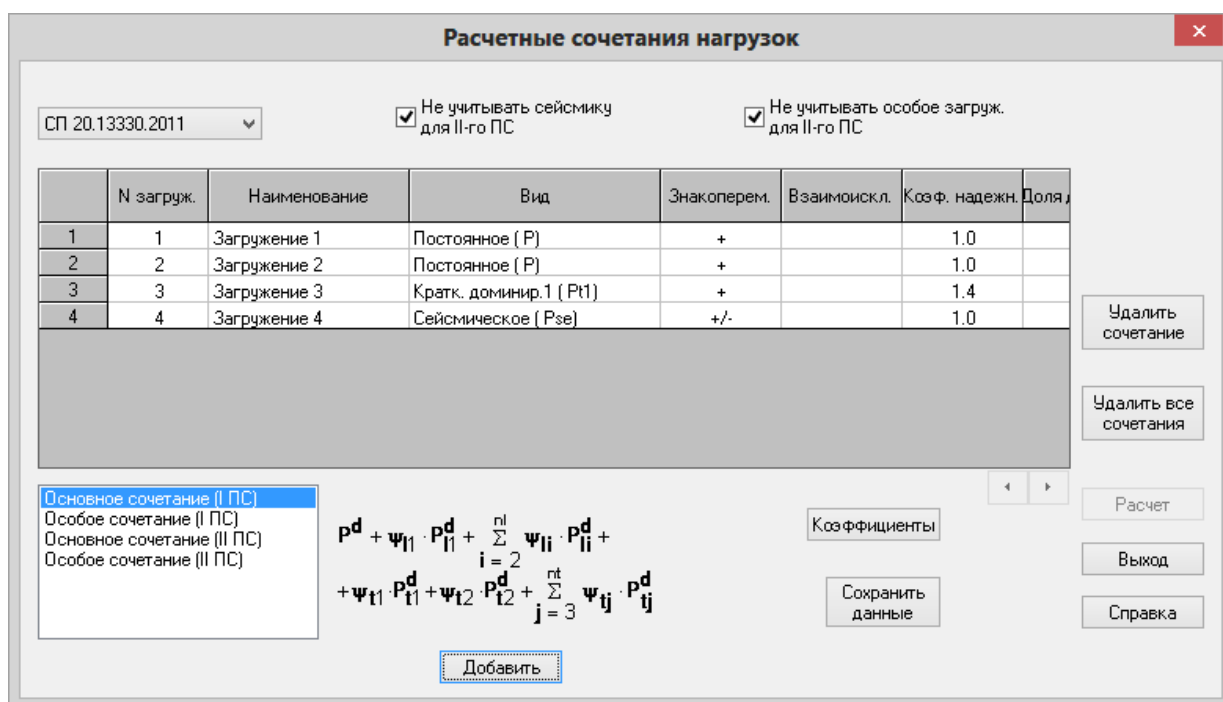
Сводная таблица для вычисления РСУ:

№	Имя загрузе...	Вид	Параметры РСУ	Коэффициенты РСУ
1	Загрузка 1	Постоянное ...	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 1.10 1.00	1.00 1.00 0.90 1.00
3	Загрузка 3	Кратковреме...	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.4.30. Диалоговое окно **Расчетные сочетания усилий**

Этап 11. Генерация таблицы РСН

- Щелчком по кнопке  –РСН (панель **Доп. расчеты** на вкладке **Расчет**) вызовите диалоговое окно **Расчетные сочетания нагрузок** (рис.4.31).
- В этом окне в раскрывающемся списке выберите строительные нормы **СП 20.13330.2011**.
- Далее в списке видов загружений задайте вид для каждого загружения после двойного щелчка мыши по ячейке таблицы **Вид**:
 - для первого загружения – **Постоянная (Pd)**;
 - для второго загружения – **Постоянная (Pd)**;
 - для третьего загружения – **Кратк. доминир. 1 (Pt1)**;
 - для четвертого загружения – **Сейсмическое (Pse)**.
- Для четвертого загружения после двойного щелчка мыши по ячейке **Знакоперемен.** задайте **+/-**.
- Для третьего загружения в ячейке **Козф. надежн.** задайте коэффициент надежности по нагрузке равный **1.4**.



	N загруз.	Наименование	Вид	Знакоперемен.	Взаимоискл.	Козф. надежн.	Доля
1	1	Загружение 1	Постоянное (P)	+		1.0	
2	2	Загружение 2	Постоянное (P)	+		1.0	
3	3	Загружение 3	Кратк. доминир.1 (Pt1)	+		1.4	
4	4	Загружение 4	Сейсмическое (Pse)	+/-		1.0	

Основное сочетание (I ПС)
 Особое сочетание (I ПС)
 Основное сочетание (II ПС)
 Особое сочетание (II ПС)

$$P^d + \psi_{11} \cdot P_{11}^d + \sum_{i=2}^{n_l} \psi_{1i} \cdot P_{1i}^d + \psi_{t1} \cdot P_{t1}^d + \psi_{t2} \cdot P_{t2}^d + \sum_{j=3}^{n_t} \psi_{tj} \cdot P_{tj}^d$$

Рис.4.31. Диалоговое окно **Расчетные сочетания нагрузок**



- Чтобы добавить возможные сочетания, выделите сначала строку **Основное сочетание (I ПС)** и щелкните по кнопке **Добавить**, затем выделите строку **Особое сочетание (I ПС)** и щелкните по кнопке **Добавить**, далее выделите строку **Основное сочетание (II ПС)** и снова щелкните по кнопке **Добавить**, а после этого выделите строку **Особое сочетание (II ПС)** и еще раз щелкните по кнопке **Добавить** (в таблице появляются столбцы с величинами коэффициентов в соответствии с применяемыми формулами сочетаний по СП 20.13330-2011).
- После этого щелкните по кнопке **Сохранить данные**, чтобы сохранить все введенные данные.
- Закройте диалоговое окно **Расчетные сочетания нагрузок** щелчком по кнопке **Выход**.

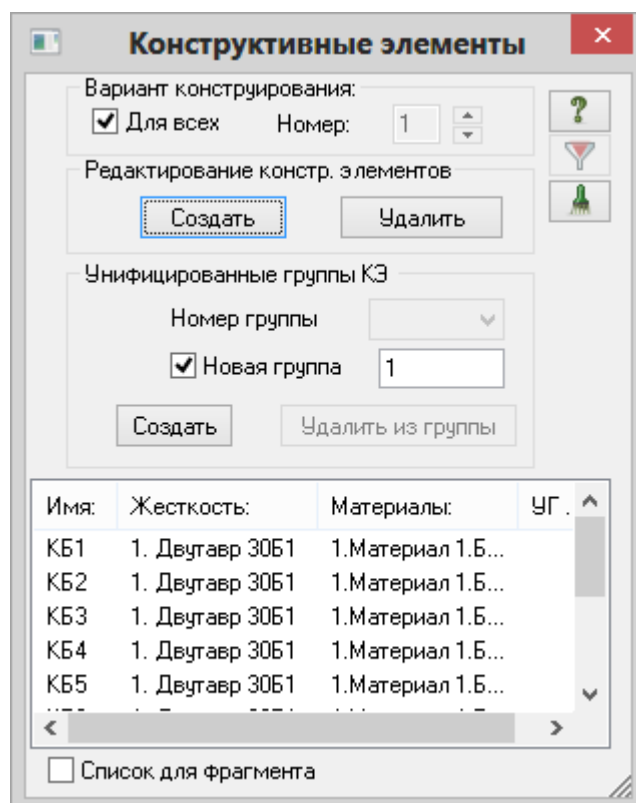
Этап 12. Назначение конструктивных элементов




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 версии 2013 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.4.32) щелчком по кнопке  – **Конструктивные элементы** (панель **Конструирование** на вкладке **Расширенное редактирование**).
- В появившемся диалоговом окне, при установленном флажке **Для всех** в поле **Вариант конструирования**, в поле **Редактирование констр. элементов** щелкните по кнопке **Создать**.


Рис.4.32. 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 констр. элементов** щелкните по кнопке **Создать**.
- 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 констр. элементов** еще раз щелкните по кнопке **Создать**.

- Перейдите в диметрическую фронтальную проекцию представления расчетной схемы щелчком по кнопке  – **Изометрическая фронтальная 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  – **Раскрепления для прогибов** (панель **Конструирование** на вкладке **Расширенное редактирование**) вызовите диалоговое окно **Раскрепления для прогибов** (рис.4.33).
- В этом окне, при установленных флажках раскреплений – **Y1, Z1**, выберите в раскрывающемся списке строку **Создать в узлах с несоосными элементами**.
- Щелкните по кнопке  **Применить** (прогиб сечений элемента определяется относительно линии, соединяющей раскрепления на его концах).

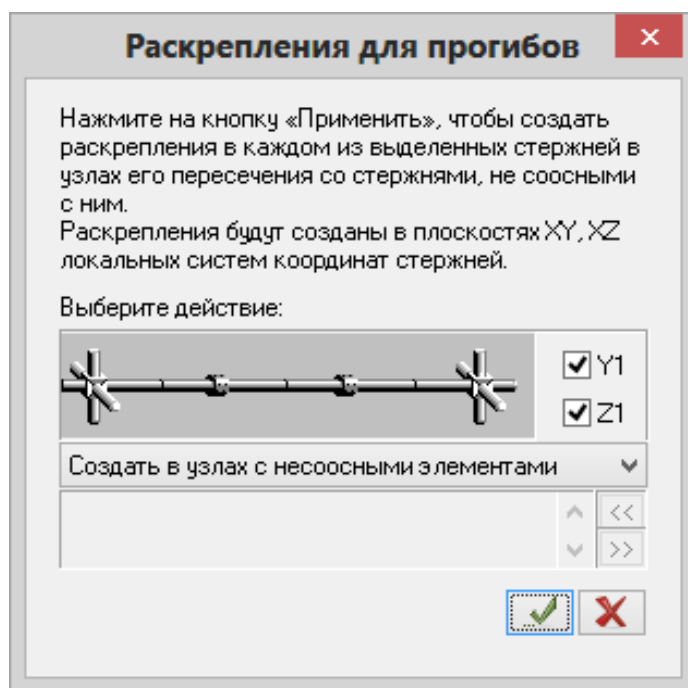





Рис.4.33. Диалоговое окно **Раскрепления для прогибов**

- Закройте диалоговое окно **Раскрепления для прогибов** щелчком по кнопке  – **Закрывать**.
- 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 расчет** (панель **Расчет** на вкладке **Расчет**).

Этап 15. Просмотр и анализ результатов статического и динамического расчетов



После расчета задачи, просмотр и анализ результатов статического и динамического расчетов осуществляется 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**.
- В режиме просмотра результатов расчета по умолчанию расчетная схема отображается с учетом перемещений узлов (рис.4.34).

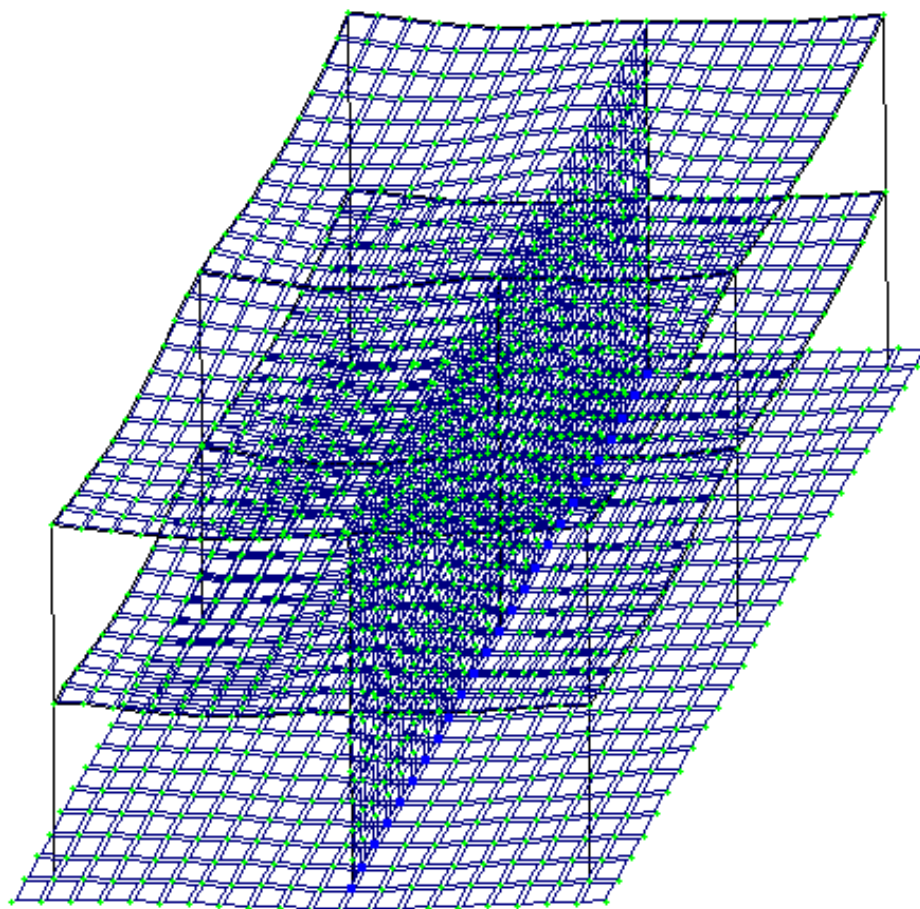










Рис.4.34. Расчетная схема с учетом перемещений узлов

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 **My** щелчком по кнопке  – Эпюры My (панель Усилия в стержнях на вкладке Анализ).
- Для вывода эпюры **Qz** щелкните по кнопке  – Эпюры поперечных сил Qz (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 усилий (панель Усилия в стержнях 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 и щелкните по кнопке  – Применить.
- 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 перемещений 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 Mx, выберите команду  – Мозаика напряжений в раскрывающемся списке Мозаика/изополя напряжений и после этого щелкните по кнопке  – Мозаика напряжений по Mx (панель Напряжения в пластинах и объемных КЭ на вкладке Анализ).
- Для отображения мозаики напряжений по Nx, щелкните по кнопке  – Мозаика напряжений по Nx (панель Напряжения в пластинах и объемных КЭ на вкладке Анализ).
- Для отображения мозаики напряжений по Rz (отпор упругого основания), щелкните по кнопке  – Мозаика напряжений по Rz (панель Напряжения в пластинах и объемных КЭ на вкладке Анализ).
- Чтобы увидеть полную картину отображения мозаики напряжений по Rz 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 загрузки** выберите строку соответствующую четвертому загрузению и щелкните по кнопке  – Применить.

- Выведите первую форму колебаний выбрав команду  – **Формы колебаний** в раскрывающемся списке **НДС схемы** (панель **Деформации** на вкладке **Анализ**).
- Для вывода второй формы колебаний четвертого загрузки, в строке состояния в раскрывающемся списке **Номер формы (составляющей, периода)** выберите строку соответствующую второй форме колебаний и щелкните по кнопке  – **Применить**.

Просмотр анимации второй формы колебаний

- Чтобы перейти в режим пространственной модели, откройте меню приложения **Файл** и выберите пункт **Пространственная модель (3D-графика)** (кнопка  на панели быстрого запуска).
- Для просмотра анимации второй формы колебаний четвертого загрузки, 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.4.35) щелкните по кнопке  – **Воспроизвести анимацию**.
- Закройте диалоговое окно **Колебания** щелчком по кнопке  – **Заккрыть**.
- 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**).

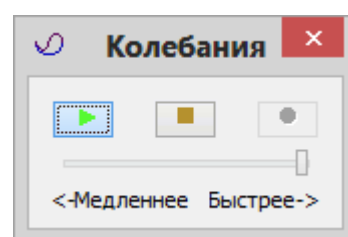





Рис.4.35. Диалоговое окно Колебания

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 **Стандартные таблицы** (рис.4.36) выделите строку **Усилия**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить** (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**).
- В новом окне **Выбор загрузений** (рис.4.37), при активной строке **Все загрузения**, щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

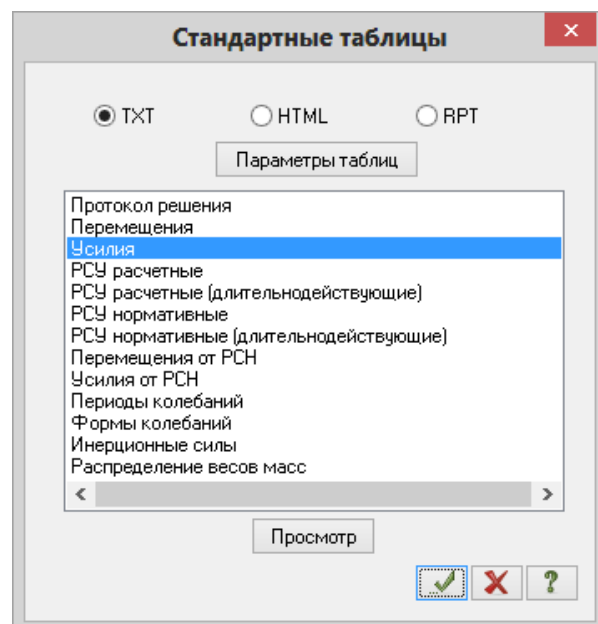


Рис.4.36. Диалоговое окно Стандартные таблицы

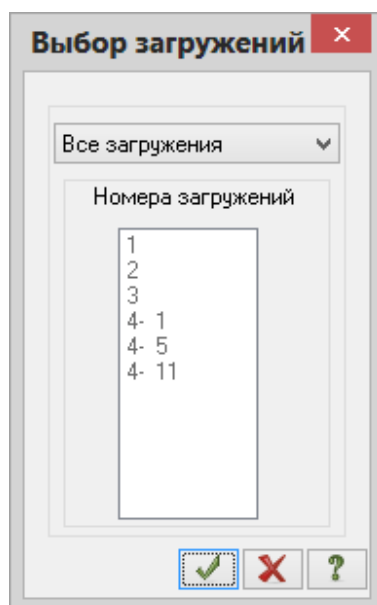



Рис.4.37. Диалоговое окно **Выбор загружений**



- Для того чтобы закрыть таблицу, выполните пункт меню **Файл** ⇒ **Заккрыть**.
- Для вывода на экран таблицы со значениями периодов колебаний в диалоговом окне **Стандартные таблицы** выделите строку **Периоды колебаний**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Созданную таблицу можно сохранить в формате *.txt, выполнив пункт меню **Файл** ⇒ **Сохранить как**.
- В появившемся диалоговом окне **Сохранить файл как** задайте имя файла и папку, в которую будет сохранен этот файл, и щелкните по кнопке **Сохранить**.

Этап 16. Просмотр и анализ результатов конструирования




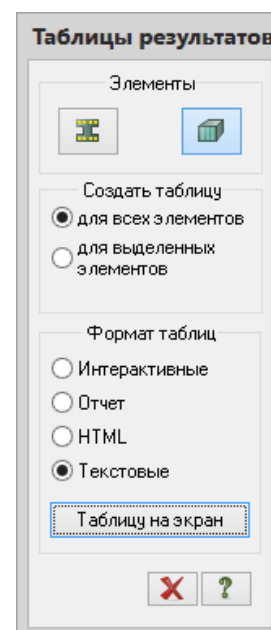
После расчета задачи, просмотр и анализ результатов конструирования осуществляется на вкладке **Конструирование**.

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 **Пластины** на вкладке **Конструирование**).
- Чтобы посмотреть мозаику отображения площади нижней арматуры в пластинах по направлению оси Y1, щелкните по кнопке  – **Нижняя арматура в пластинах по оси Y1** (панель **Пластины** на вкладке **Конструирование**).

Формирование и просмотр таблиц результатов подбора арматуры

- Вызовите диалоговое окно **Таблицы результатов** (рис.4.38), выбрав команду  – **Таблицы результатов для ЖБ** в раскрывающемся списке **Документация** (панель **Таблицы** на вкладке **Конструирование**).
- В этом окне в поле **Элементы** включите кнопку **Пластины** (по умолчанию в поле **Создать таблицу** включена радио-кнопка **для всех элементов**, а в поле **Формат таблиц** включена радио-кнопка **Текстовые**).
- Щелкните по кнопке **Таблицу на экран** (для создания таблиц результатов подбора арматуры в формате HTML нужно включить радио-кнопку **HTML**. Для создания таблицы в других форматах нужно включить соответствующую радио-кнопку).

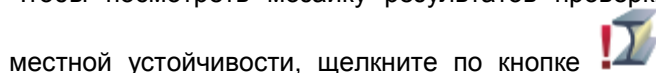
Рис.4.38. Диалоговое окно **Таблицы результатов**Вывод на экран мозаик результатов проверки назначенных сечений стальных стержней

- 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 **Сталь: проверка и подбор** на вкладке **Конструирование**).

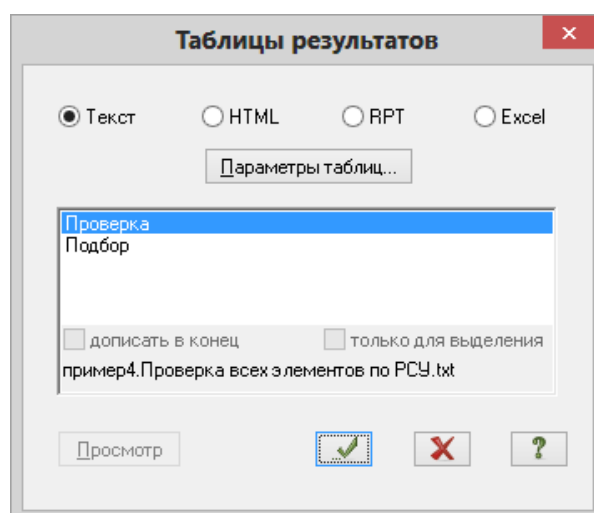
- Чтобы посмотреть мозаику результатов проверки назначенных сечений стальных стержней по



местной устойчивости, щелкните по кнопке **Проверка, МУ** (панель **Сталь: проверка и подбор** на вкладке **Конструирование**).


Создание таблицы проверки назначенных сечений стальных стержней

- Вызовите диалоговое окно **Таблицы результатов** (рис.4.39), выбрав команду  – **Таблицы результатов для стали** в раскрывающемся списке **Документация** (панель **Таблицы** на вкладке **Конструирование**).
- В этом окне выделите строку **Проверка**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить** (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**. Для создания таблиц в формате Excel нужно включить радио-кнопку **Excel**).

Рис.4.39. Диалоговое окно **Таблицы результатов**

- Для того чтобы закрыть таблицу, выполните пункт меню **Файл** ⇒ **Заккрыть**.

Создание таблицы подбора сечений стальных стержней

- В диалоговом окне **Таблицы результатов** выделите строку **Подбор**.
- 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, нужно вызвать диалоговое окно **Варианты конструирования** (рис.4.11) щелчком по кнопке



– **Варианты конструирования** (панель **Конструирование** на вкладке **Конструирование**).

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.

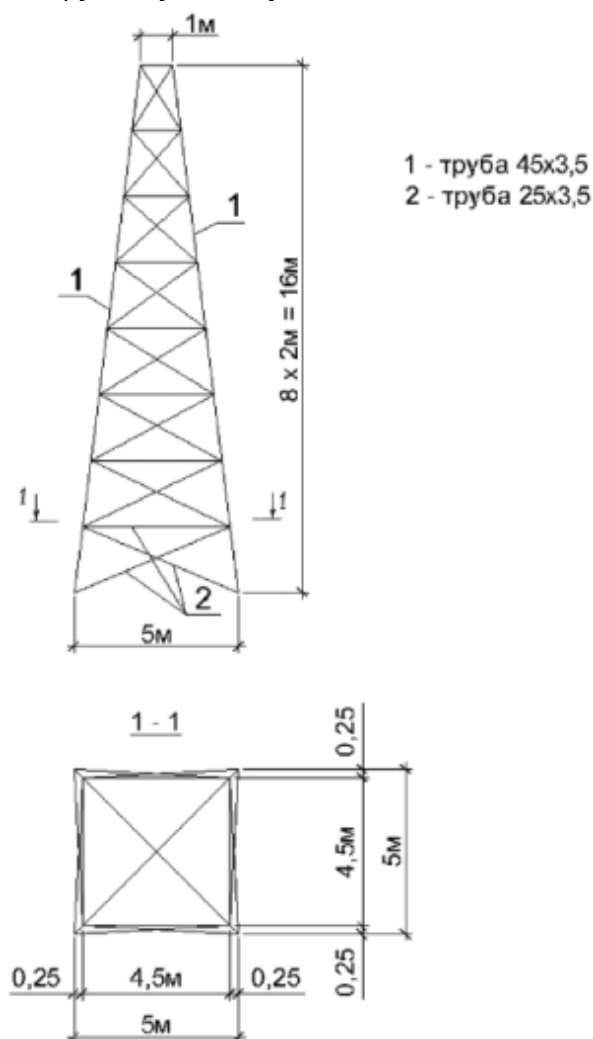




Рис.5.1. Схема башни

Для того чтобы начать работу с ПК ЛИРА®-САПР, выполните следующую команду Windows:

Пуск ⇒ Программы (Все программы) ⇒ LIRA SAPR ⇒ ЛИРА-САПР 2013 ⇒ ЛИРА-САПР 2013.

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** (шифр задачи по умолчанию совпадает с именем задачи);
 - в раскрывающемся списке **Признак схемы** выберите строку 4 – Три степени свободы в узле (X,Y,Z).
- После этого щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

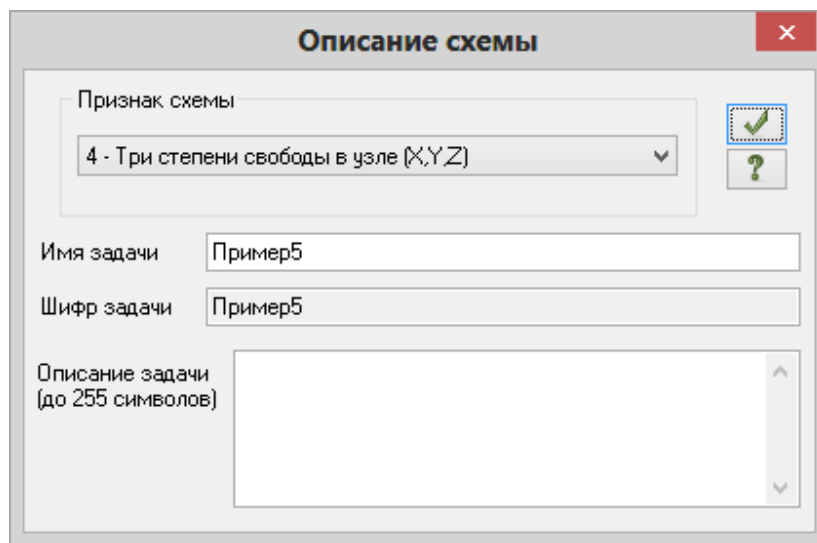




Рис.5.2. Диалоговое окно **Описание схемы**




Диалоговое окно **Описание схемы** также можно открыть с уже выбранным признаком схемы. Для этого в меню **Приложения** в раскрывающемся списке пункта **Новый** выберите

команду  – **Четвертый признак схемы (Три степени свободы в узле)** или на панели

быстрого доступа в раскрывающемся списке **Новый** выберите команду  – **Четвертый признак схемы (Три степени свободы в узле)**. После этого нужно задать только имя задачи.

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. |

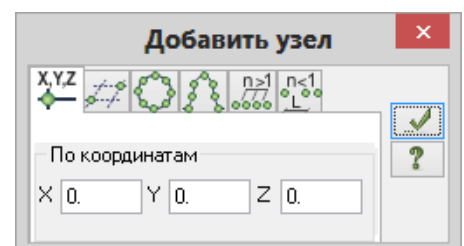







Рис.5.3. Диалоговое окно **Добавить узел**

- 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**.

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**.




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).



Рис.5.4. Диалоговое окно **Показать**

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**.

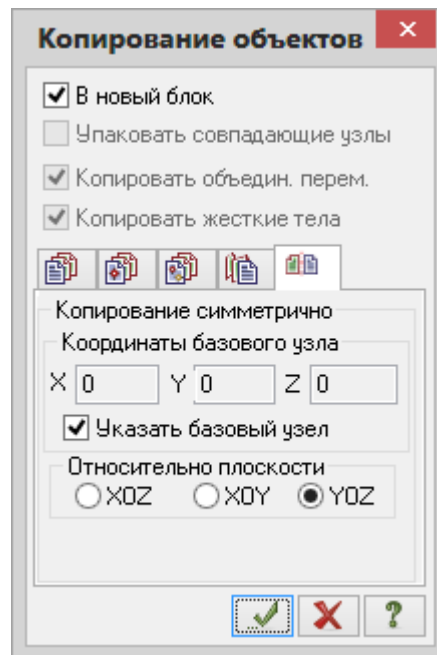





Рис.5.5. Диалоговое окно Копирование объектов

- 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**).

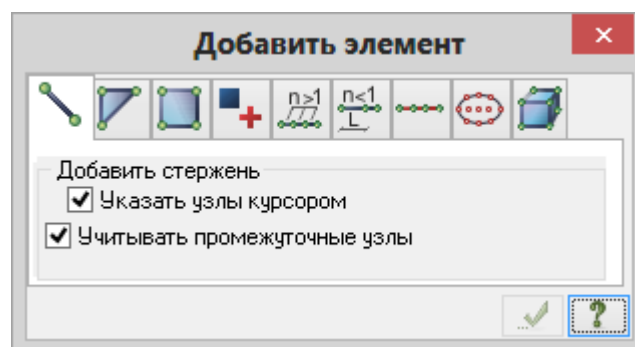


Рис.5.6. Диалоговое окно Добавить элемент

- 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.

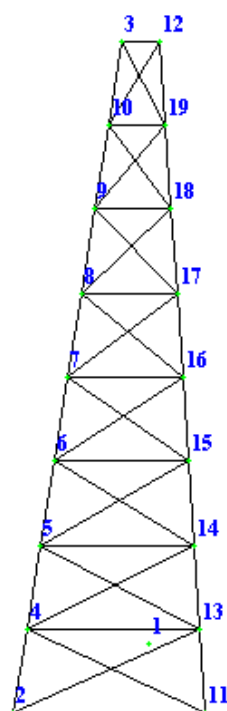





Рис.5.7. Схема части башни

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  – **Применить** (узлы окрашиваются в синий цвет).

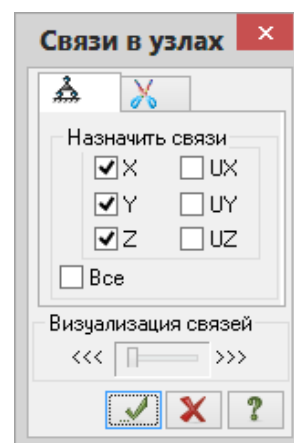



Рис.5.8. Диалоговое окно
Связи в узлах

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**.

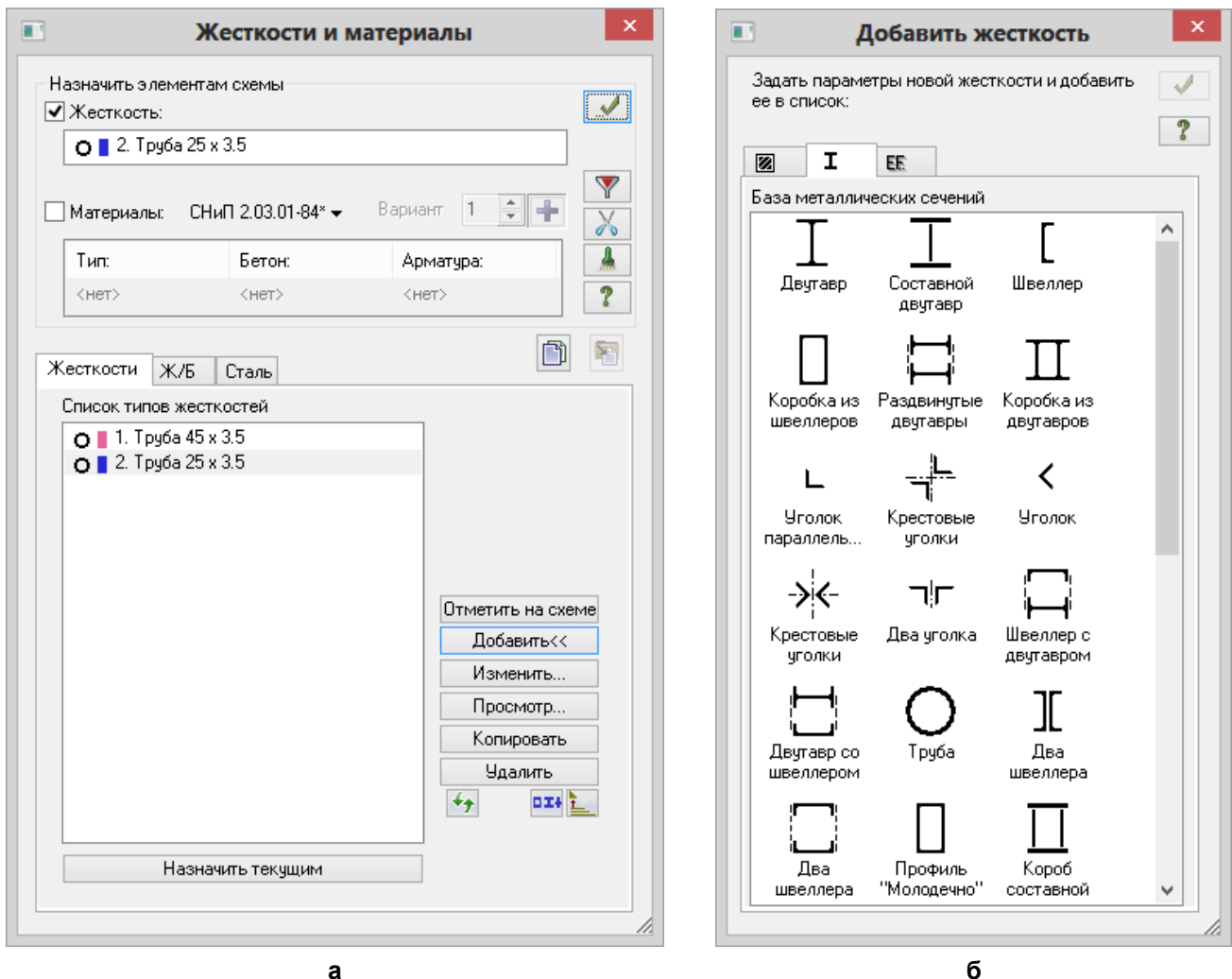
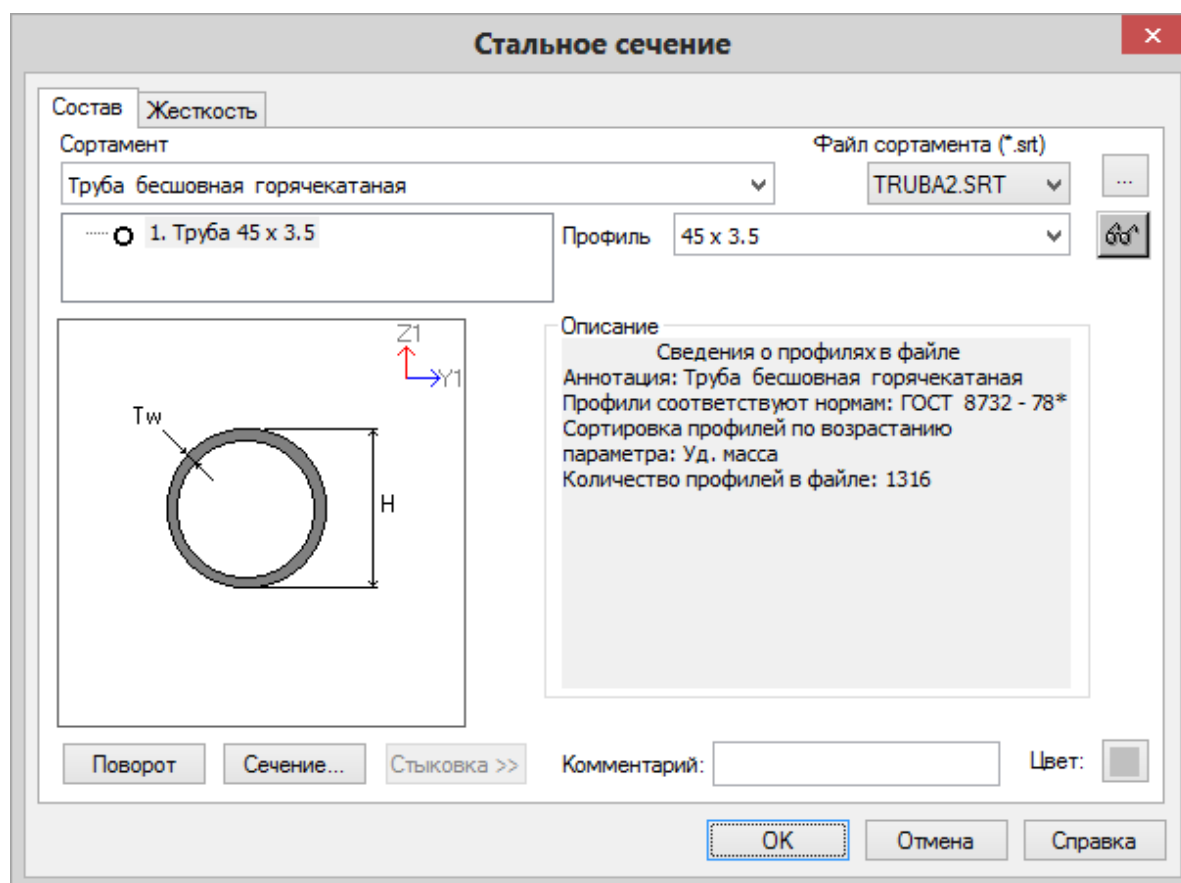



Рис.5.9. Диалоговые окна: а – Жесткости и материалы, б – Добавить жесткость

- В диалоговом окне **Стальное сечение** (рис.5.10) задайте параметры сечения **Труба** (для стоек):
 - в раскрывающемся списке – **Сортамент** выберите позицию – **Труба бесшовная горячекатаная**;
 - в списке – **Профиль – 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 – **Сортамент** выберите позицию – **Труба бесшовная горячекатаная**;
 - в списке – **Профиль – 25 x 3.5**.
- Для ввода данных щелкните по кнопке **ОК**.



Рис.5.10. Диалоговое окно **Стальное сечение**

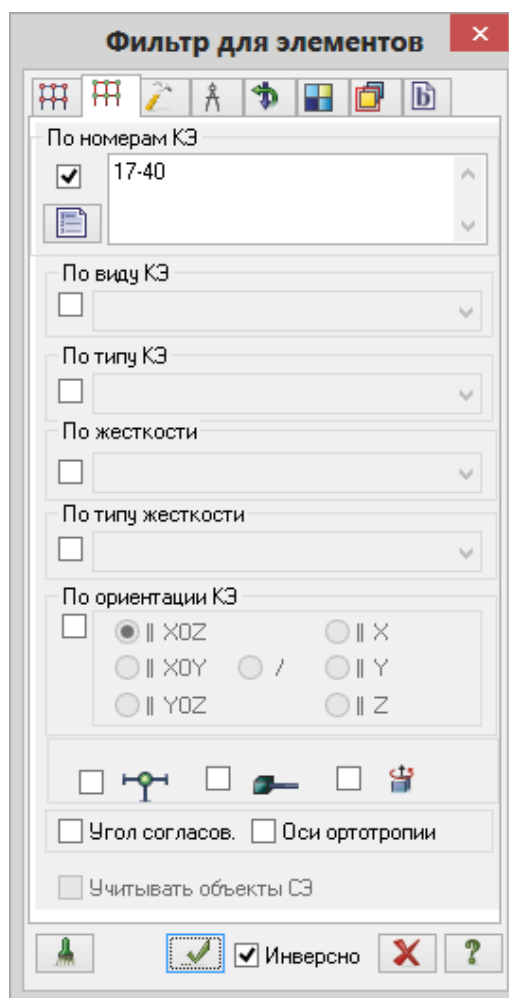
- Для того чтобы скрыть библиотеку жесткостных характеристик, в диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке **Добавить**.




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 **Фильтр для элементов**


- 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 **Фильтр для элементов** 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 радио-кнопку **Z**;
 - введите значение угла поворота **Fi = 90** градусов;
 - задайте количество копий **N = 3**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.

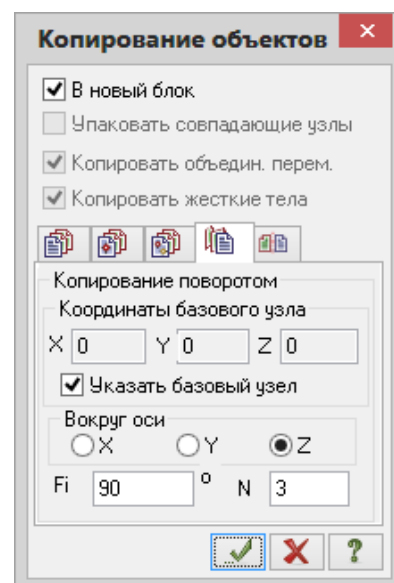




Рис.5.12. Диалоговое окно **Копирование объектов**

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).

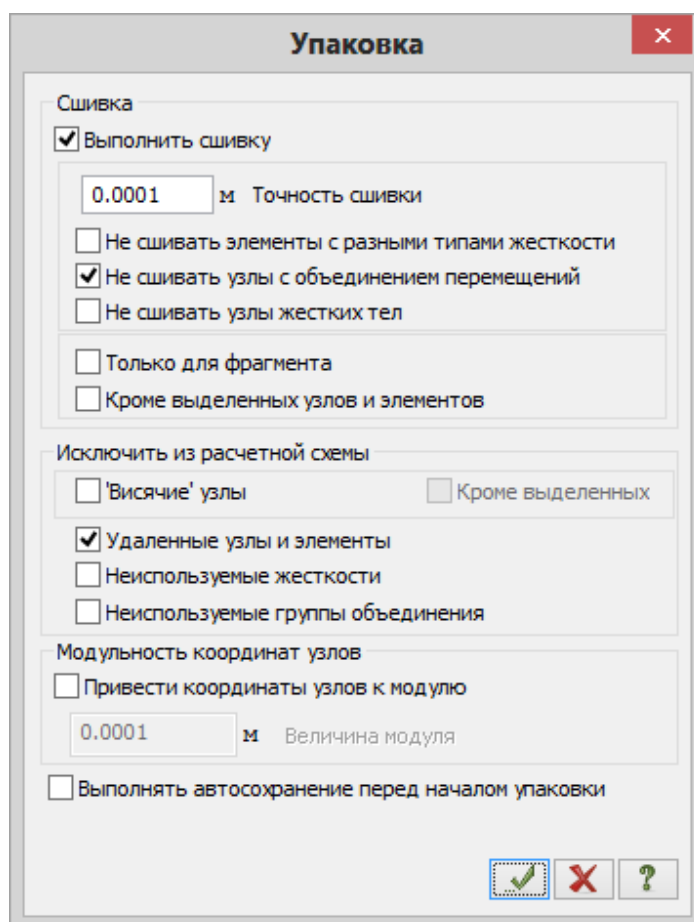






Рис.5.13. Диалоговое окно **Упаковка**

- 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

- Щелчком по кнопке  – **ПолиФильтр** на панели инструментов **Панель выбора** вызовите диалоговое окно **ПолиФильтр**.
- В этом окне перейдите на предпоследнюю закладку **Сечения и отсечения** и для выбора секущей плоскости включите радио-кнопку **Произвольная** (рис.5.14).
- Укажите курсором на схеме три узла, определяющие диагональ башни (узлы № 2, 17 и 21).
- После этого в диалоговом окне **Сечения и отсечения** щелкните по кнопке  – **Применить**.

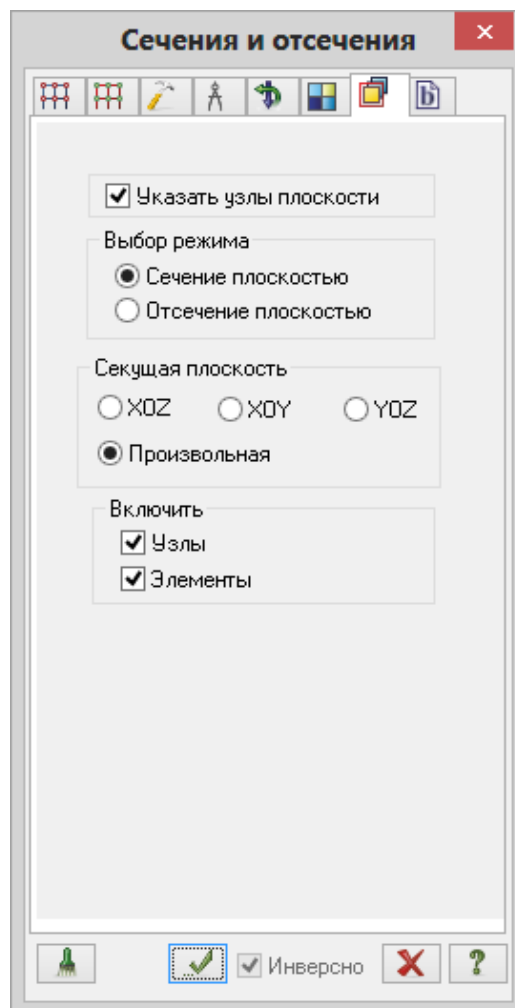



Рис.5.14. Диалоговое окно **Сечения и отсечения**

- Для отображения на экране только отмеченных узлов и элементов схемы, выполните фрагментацию щелчком по кнопке  – **Фрагментация** на панели инструментов **Панель выбора**.

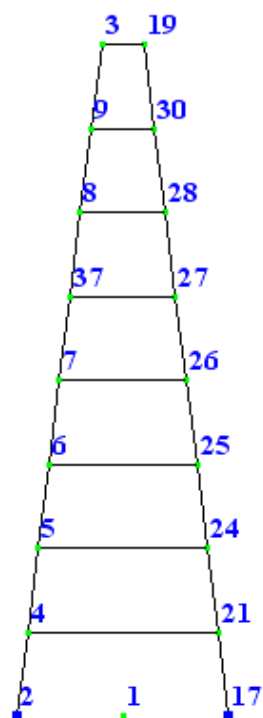












Рис.5.15. Схема части башни в проекции на плоскость XOZ

- 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 21; 5 и 24; 6 и 25 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.
- Перейдите в диметрическую фронтальную проекцию представления расчетной схемы щелчком по кнопке  – **Диметрическая фронтальная 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 **Сечения и отсечения** установите флажок **Указать узлы плоскости**.
 - Укажите курсором на схеме три узла, определяющие другую диагональ башни (узлы № 10, 11 и 32).

- После этого в диалоговом окне **Сечения и отсечения** 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** установите флажок **Указать узлы курсором** и укажите последовательно курсором на следующие пары узлов: № 22 и 11, 33 и 23 и аналогично до вершины башни.
- Щелкните по кнопке  – **Диметрическая фронтальная 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.



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.

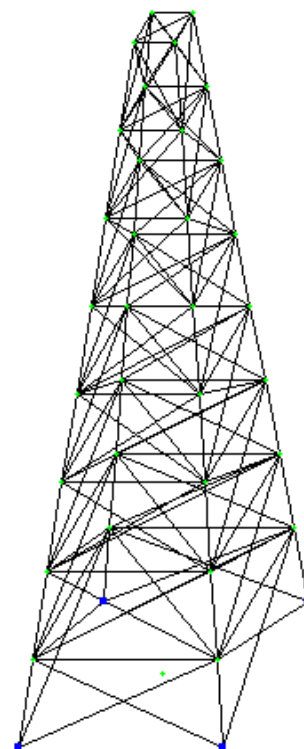





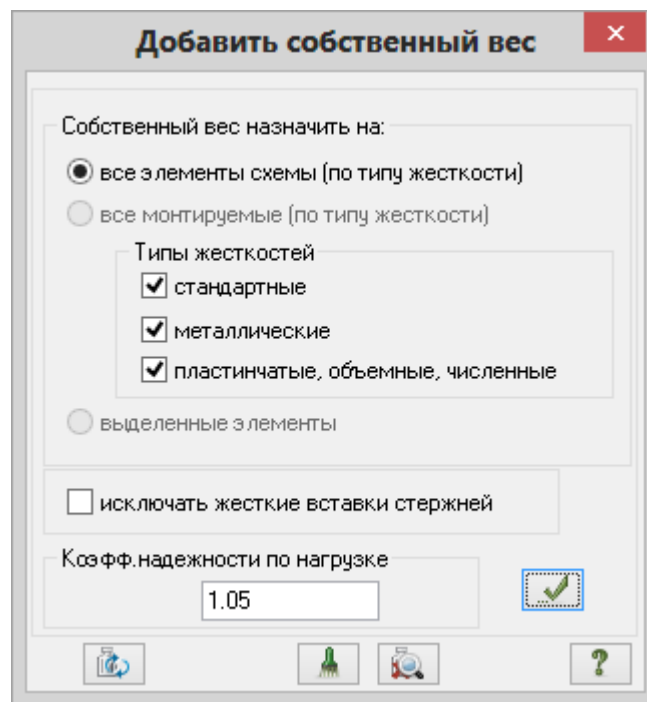
Рис.5.16. Расчетная схема башни

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 – **Пример5**;
 - папку, в которую будет сохранена эта задача (по умолчанию выбирается папка – **Data**).
- Щелкните по кнопке **Сохранить**.

Этап 6. Задание нагрузокФормирование 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**, 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.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**.

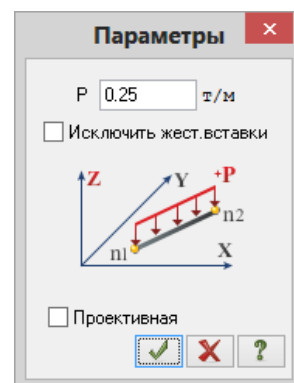



Рис.5.19. Диалоговое окно Параметры

Формирование загрузки № 2



- Смените номер текущего загрузки щелчком по кнопке – **Следующее загрузке** 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 нагружения, щелчком по кнопке  – **Следующее нагружение** 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**.
- Щелчком по кнопке  – **ПолиФильтр** на панели инструментов **Панель выбора** вызовите диалоговое окно **ПолиФильтр**.
- В этом окне перейдите на вторую закладку **Фильтр для элементов**.
- Далее установите флажок **По жесткости** и в раскрывающемся списке выберите строку **1. Труба 45 x 3.5**.
- Выделите проекцию пяти нижних элементов правой грани башни растягиванием резинового окна, как показано на рис.5.20.



Ветровая равномерно-распределенная нагрузка прикладывается на высоте до 10 м.

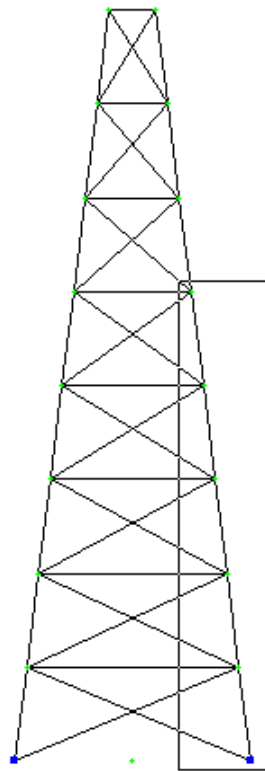



Рис.5.20. Выделение элементов растягиванием «резинового окна»

- 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 трапецевидной 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: **p1 = 0.1 т/м**, **p2 = 0.12 т/м**.
- Для указания направления изменения величины нагрузки включите радио-кнопку **Вдоль оси Z**.

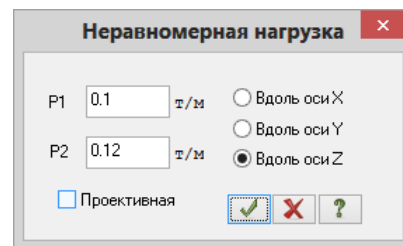


Рис.5.21. Диалоговое окно **Неравномерная нагрузка**

- Щелкните по кнопке – **Подтвердить**.
- Щелкните по кнопке – **Диметрическая фронтальная проекция** на панели инструментов **Проекция**.
- Закройте диалоговое окно **Фильтр для элементов** щелчком по кнопке – **Заккрыть**.

Задание расширенной информации о загрузениях

- Вызовите диалоговое окно **Редактор загрузений** (рис.5.22) 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 **Кратковременное** и щелкните по кнопке – **Применить**.
- Далее в списке загрузений выделите строку соответствующую третьему загрузению, а затем в поле **Редактирование выбранного загрузения** выберите в раскрывающемся списке **Вид** строку **Неактивное (стат. ветр. для пульсации)** и щелкните по кнопке – **Применить**.
- Чтобы добавить четвертое загрузение, в поле **Список загрузений** щелкните по кнопке – **Добавить загрузение (в конец)**.
- Для Загрузения 4 в поле **Редактирование выбранного загрузения** выберите в раскрывающемся списке **Вид** строку **Мгновенное** и щелкните по кнопке – **Применить**.

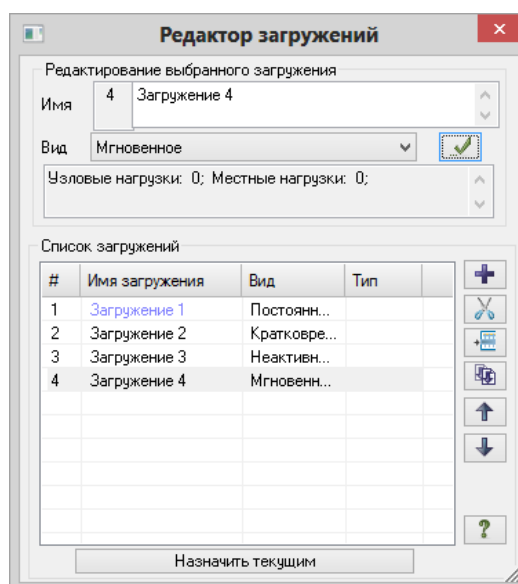


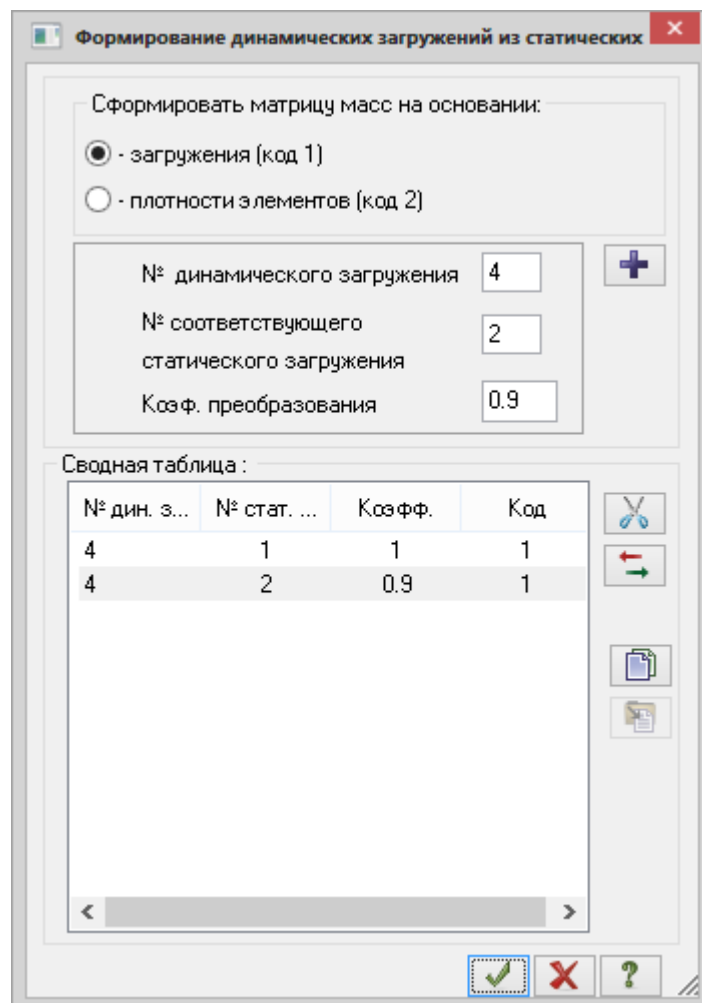


Рис.5.22. Диалоговое окно **Редактор загрузений**


Задание характеристик для расчета башни на пульсацию ветра

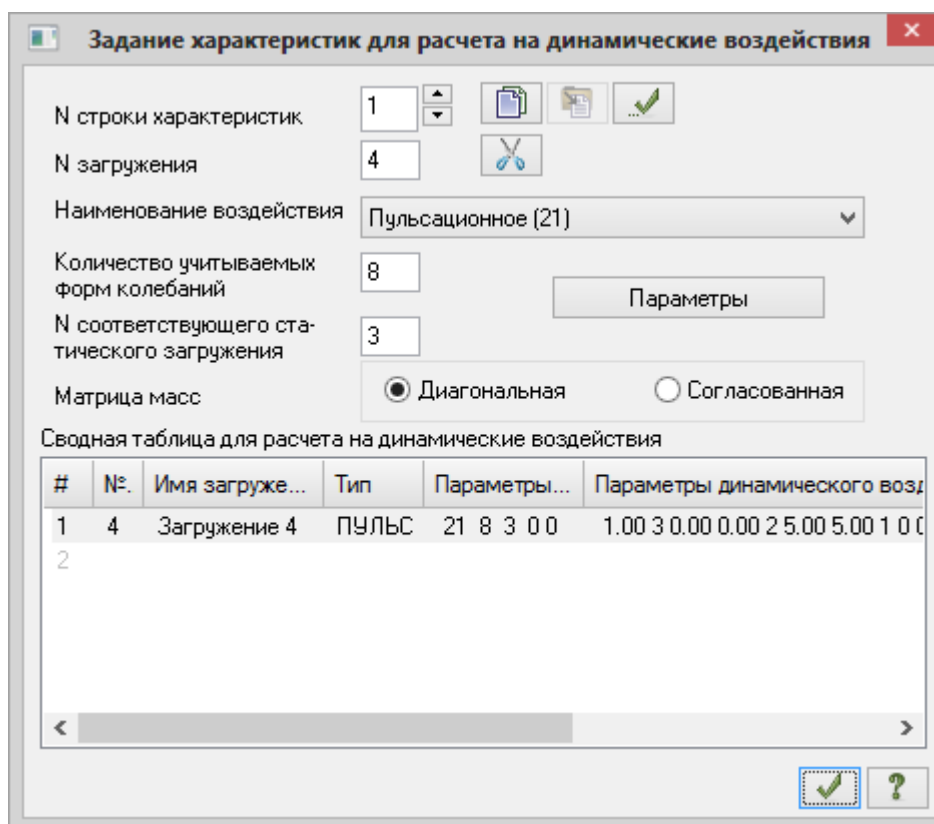
Этап 7. Формирование динамических нагрузок из статических

- 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**;
 - Коэф. 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**;
 - Коэф. 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 загружений** (панель **Динамика** на вкладке **Расчет**).
- В этом окне задайте следующие параметры:
 - № загрузки – **4**;
 - Наименование воздействия – **Пульсационное (21)**;
 - Количество учитываемых форм колебаний – **8**;
 - № соответствующего статического нагружения – **3**;
 - включите радио-кнопку **Диагональная** (для матрицы масс).
- Затем щелкните по кнопке **Параметры**.



#	№.	Имя загрузки...	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

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:

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).
- 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 нагружению. 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 нагружению. 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 нагружению. Затем установите флажок **Учитывать знакопеременность** и после этого щелкните по кнопке – **Применить**.
- Закройте диалоговое окно щелчком по кнопке – **Подтвердить**.

Расчетные сочетания усилий

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 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 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 расчет** (панель **Расчет** на вкладке **Расчет**).

Этап 11. Просмотр и анализ результатов расчета



После расчета задачи, просмотр и анализ результатов статического и динамического расчетов осуществляется на вкладке **Анализ**.

- 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 усилий** (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 и щелкните по кнопке  – **Применить**.

Вывод форм колебаний конструкции

- В строке состояния в раскрывающемся списке **Сменить номер нагружения** выберите строку соответствующую четвертому нагружению и щелкните по кнопке  – **Применить**.
- 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 и щелкните по кнопке  – **Применить**.

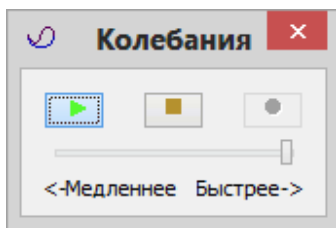






Просмотр анимации второй формы колебаний


Рис.5.27. Диалоговое окно **Колебания**


- 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**.
- 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 **Стандартные таблицы** (рис.5.28) выделите строку **PCY расчетные**.
- Для создания таблицы в формате HTML, включите радио-кнопку **HTML**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.

- В окне Windows Internet Explorer открывается таблица 5.1.

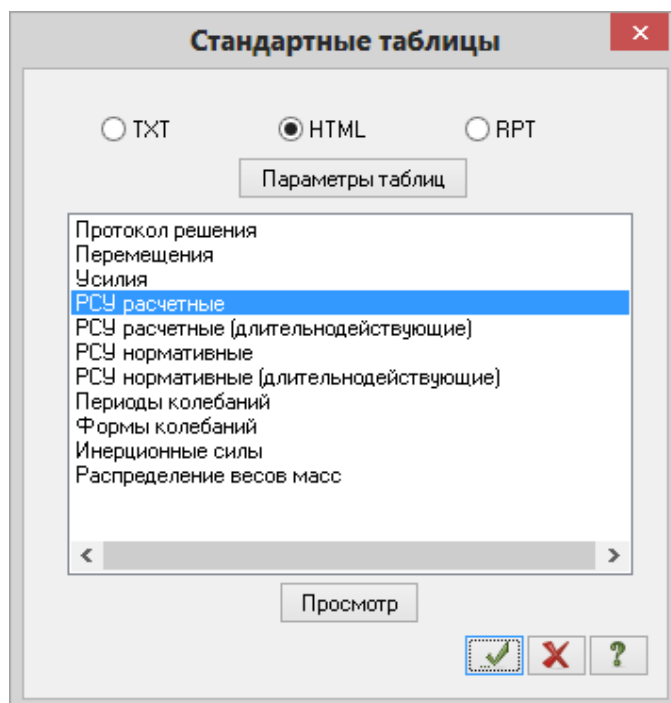
Рис.5.28. Диалоговое окно **Стандартные таблицы**

Таблица 5.1. РАСЧЕТНЫЕ СОЧЕТАНИЯ

ЭЛМ	НС	КРТ	СТ	КС	Г	N	МК	МУ	QZ	MZ	QY	ЗАГРУЖЕНИЯ.
1	1	2	1		A1	-26.673	0	0	.04485	0	0	1, 2,
		1	1		B1	5.1316	0	0	.00066	0	0	1, -4,
		2	2		B1	-29.271	0	0	.04043	0	0	1, 2, 4,
		2	1		B2	-26.673	0	0	.04485	0	0	1, 2,
		1	1		C2	5.1316	0	0	.00066	0	0	1, -4,
		2	2		C2	-29.271	0	0	.04043	0	0	1, 2, 4,
1	2	2	1		A1	-26.166	0	0	-.04485	0	0	1, 2,
		1	1		B1	5.1391	0	0	-.00066	0	0	1, -4,
		2	2		B1	-28.813	0	0	-.04043	0	0	1, 2, 4,
		2	1		B2	-26.166	0	0	-.04485	0	0	1, 2,
		1	1		C2	5.1391	0	0	-.00066	0	0	1, -4,
		2	2		C2	-28.813	0	0	-.04043	0	0	1, 2, 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 загружений продолжительной длительности. Индексом **B1** обозначаются РСУ, которые состоят из всех загружений независимо от длительности действия кроме сейсмического и прочих особых. Индексом **C1** обозначаются РСУ, которые включает группу **B1** плюс сейсмическое загружение. Индексом **D1** обозначаются РСУ, которые включает группу **B1** плюс особое (не сейсмическое) загружение. 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 загрузки. Группа **B2** – включает постоянные, длительные и кратковременные загрузки (кроме мгновенного).


Группа **C2** – включает все заданные загрузки независимо от длительности действия кроме сейсмического и прочих особых.

Группа **D2** – включает группу **C2** плюс сейсмическое загружение.

- Для того чтобы закрыть таблицу, выполните пункт меню **Файл ⇒ Выход**.
- Закройте диалоговое окно **Стандартные 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 10.

- 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.5.29) 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**.

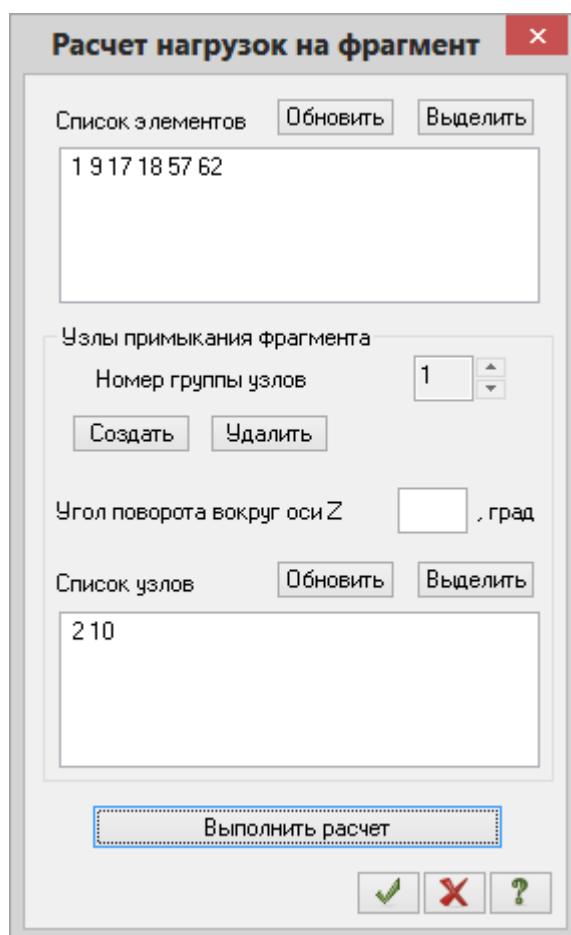



Рис.5.29. Диалоговое окно **Расчет нагрузок на фрагмент**






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**.




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 **Стандартные таблицы** выделите строку **Нагрузка на фрагмент**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Для того чтобы закрыть таблицу, выполните пункт меню **Файл** ⇒ **Заккрыть**.
- Закройте диалоговое окно **Стандартные 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 и щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Выведите на экран значения сил на узлы фрагмента по направлению Z щелчком по кнопке  – **Сила по Z** (панель **Фрагмент** на вкладке **Расширенный анализ**).
- Для вывода значений сил на узлы фрагмента по направлению X щелчком по кнопке  – **Сила по X** (панель **Фрагмент** на вкладке **Расширенный анализ**).

Пример 6. Расчет многоэтажного здания с безригельным каркасом и проектирование монолитной железобетонной плиты при помощи систем САПФИР-КОНСТРУКЦИИ и САПФИР-ЖБК

Цели и задачи:

- показать процедуру создания архитектурной и аналитической модели многоэтажного здания в программе **САПФИР**;
- продемонстрировать технологию создания монтажных таблиц в программе **САПФИР**;
- показать технологию создания конечно-элементной расчетной схемы многоэтажного здания в системе **САПФИР-КОНСТРУКЦИИ** для дальнейшей передачи в систему **ВИЗОР-САПР**;
- продемонстрировать технологию импорта расчетной схемы в систему **ВИЗОР САПР**;
- показать процедуру использования вариантов конструирования;
- выполнить подбор арматуры для элементов безригельного каркаса многоэтажного здания;
- продемонстрировать технологию импорта результатов расчета арматуры, выполненных в **ПК ЛИРА-САПР** в систему **САПФИР-ЖБК**;
- выполнить проектирование монолитной железобетонной плиты перекрытия этажа при помощи системы **САПФИР-ЖБК**.

Исходные данные:

План первого этажа и разрез показаны на рис.6.1.а, 6.1.б.

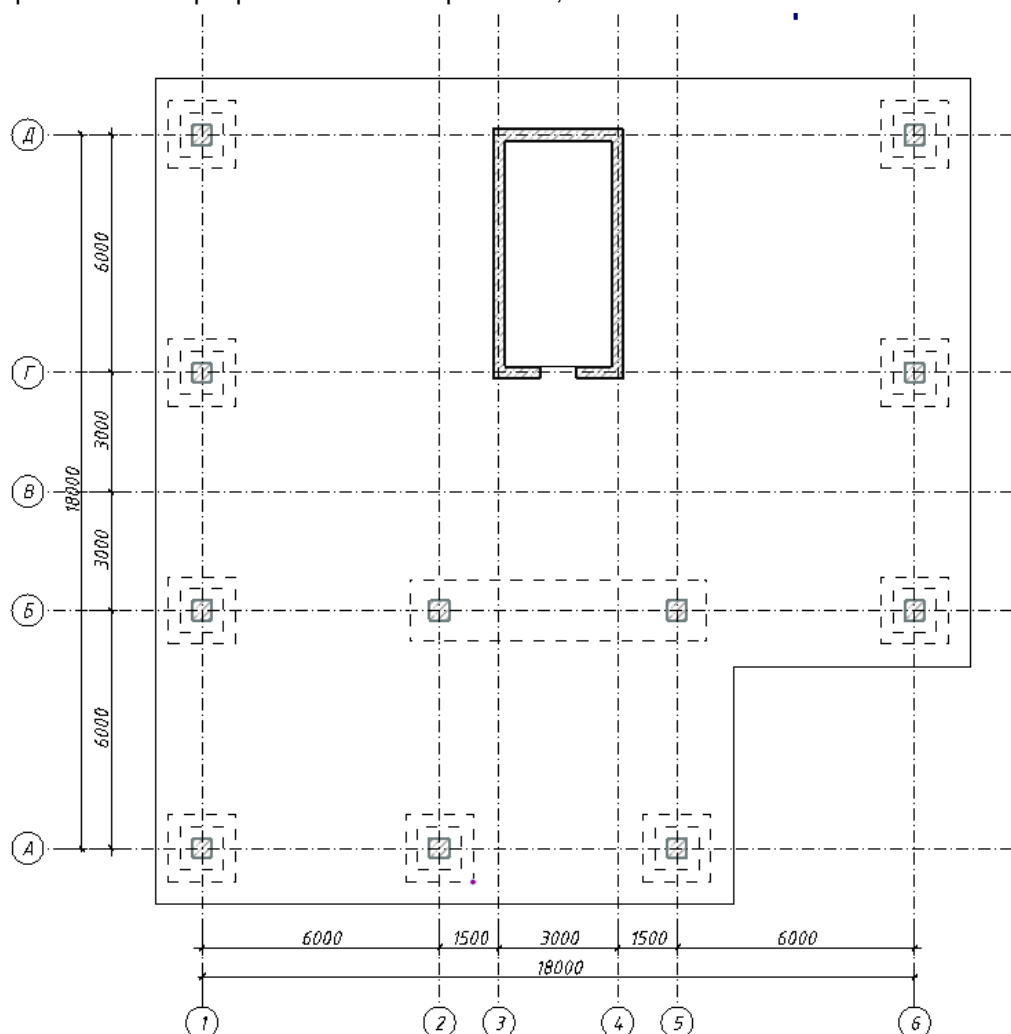


Рис.6.1.а. План первого этажа

Высота типового этажа 4 м. Количество этажей 5. Отметка пола первого этажа 0,000.

Нормы расчета элементов – СНиП 2.03.01-84*. Материал элементов: колонны, капители, плиты перекрытий и фундаментная плита – железобетон В25.

Размеры сечения колонн 0.5х0.5 м. Размеры капители: две ступени, $b \times h = 0.3 \times 0.2$ м. Толщина плиты перекрытия – 0.2 м. Размер утолщения плиты – 0.2 м. Толщина фундаментной плиты 0.6 м. Толщина стен – 0.2 м.

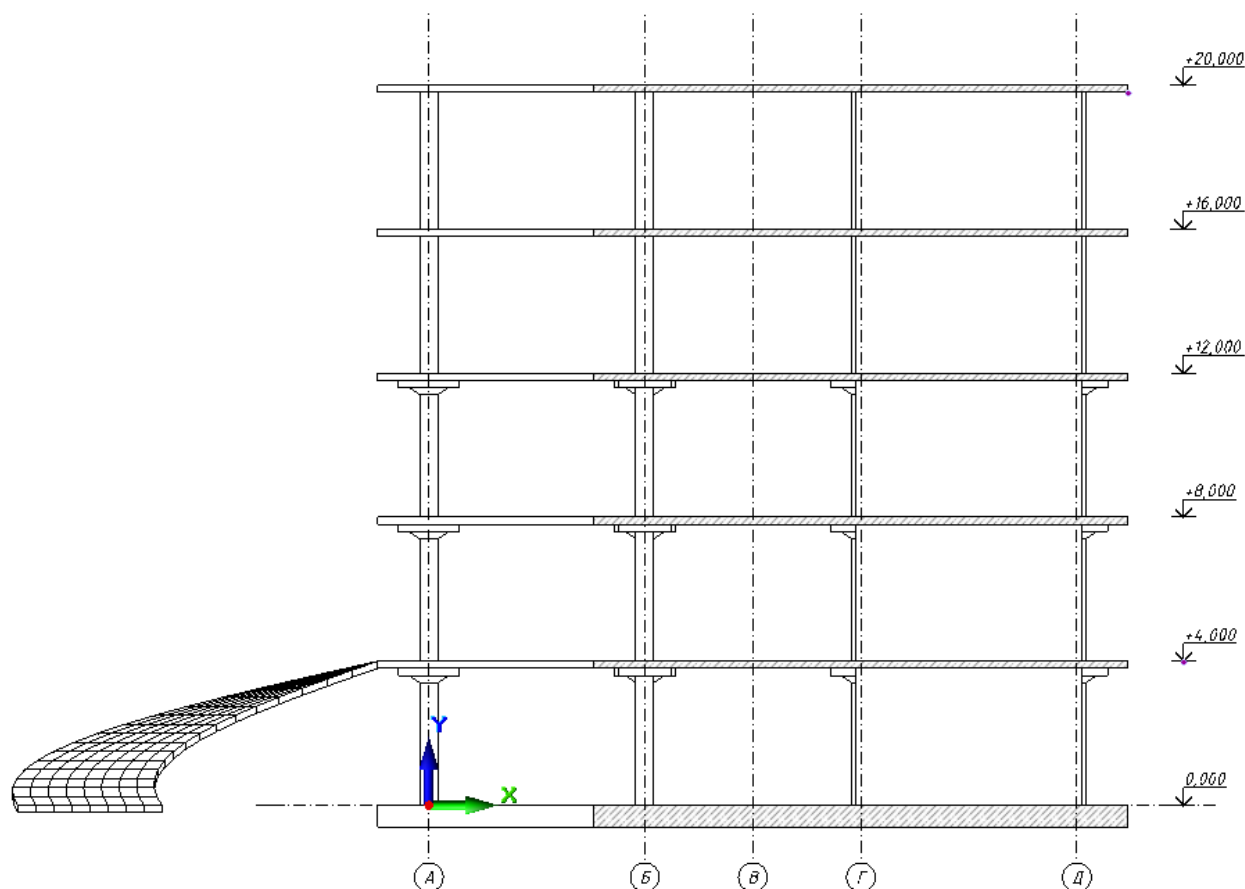


Рис.6.1.6. Разрез здания


Нагрузки:

- Загрузка 1 - нагрузка от ограждающих стен – постоянная равномерно-распределенная по линии $g_1 = 1.6 \text{ тс/м}$, приложенная на плиты перекрытия по всем этажам; нагрузка от перегородки – постоянная равномерно-распределенная по линии $g_2 = 1.6 \text{ тс/м}$, приложенная на плиты перекрытия по всем этажам; нагрузка конструкций пола – постоянная равномерно-распределенная по площади $g_3 = 0.3 \text{ тс/м}^2$, приложенная на плиты перекрытия по всем этажам; нагрузка от конструкций покрытия – постоянная равномерно-распределенная по площади $g_4 = 0.1 \text{ тс/м}^2$, приложенная на плиту покрытия.
- Загрузка 2 - полезная нагрузка на плиты перекрытия $g_5 = 1.0 \text{ тс/м}^2$, нагрузка-штамп на плиты перекрытия $g_6 = 2.0 \text{ тс/м}^2$.

Для того чтобы начать работу с ПК САПФИР, выполните следующие команды Windows:

Пуск ⇒ Программы ⇒ LIRA SAPR ⇒ ЛИРА-САПР 2013 ⇒ ЛИРА-САПР 2013.

Этап 1. Создание нового проекта и настройка его свойств

- Для создания нового проекта выполните пункт меню **Файл** ⇒ **Новый** (кнопка  на панели инструментов).


Задание имени проекта

- Чтобы сразу же определить название проекта, сохраните вновь созданный документ в файл с заданным именем с помощью меню **Файл** ⇒ **Сохранить как**.
- В появившемся диалоговом окне **Сохранить как** задайте:
 - имя файла – **Пример 6**;
 - папку, в которую будет сохранена эта задача (рекомендуется выбирать папку – **Data**, находящуюся по указанному Вами пути сохранения исходных данных ПК **ЛИРА-САПР**).
- Щелкните по кнопке **Сохранить**.

Настройка свойств проекта

- Для настройки свойств проекта воспользуйтесь меню **Настройки** ⇒ **Свойства проекта**.
- В открывшемся диалоговом окне **Свойства проекта** следует задать такие общие характеристики проекта: названия организаций заказчика и застройщика, должность и фамилию проектировщика, а также адрес стройки.
- Подтвердите введенные данные щелчком по кнопке **ОК**.

Визуализация рабочего пространства

- Для настройки визуализации рабочего пространства воспользуйтесь меню **Настройки** ⇒ **Визуализация...** (кнопка  - **Настройки визуализации** на панели инструментов)
- В открывшемся диалоговом окне **Настройки визуализации** следует задать следующие характеристики (рис.6.2):
 - установите флажок для метрической сетки – **Только в 1-ом квадранте**;
 - задайте кол-во ячеек – **20**
- После этого щелкните по кнопке **Подтвердить**, чтобы закрыть диалоговое окно и применить сделанные изменения.

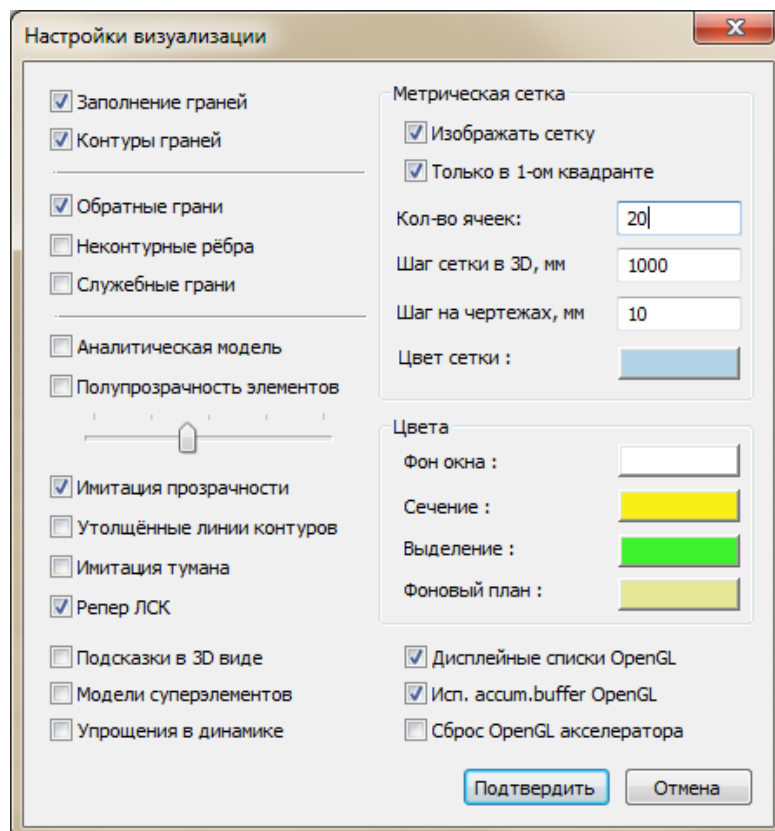




Рис. 6.2. Диалоговое окно **Настройки визуализации**

Этап 2. Создание здания, этажа

Создание здания

- Для создания нового здания воспользуйтесь меню **Создать** ⇒ **Здание..** (кнопка  в служебном окне **Структура** в правой части рабочего пространства)
- В открывшемся диалоговом окне **Создать новое здание**, щелкните по кнопке **ОК**. В служебном окне **Структура** отобразится созданное здание с наименованием **Здание 1**.

Создание этажа

- Для создания нового этажа воспользуйтесь меню **Создать** ⇒ **Этаж..** (кнопка  в служебном окне **Структура** в правой части рабочего пространства).
- В открывшемся диалоговом окне **Создать новый этаж**, измените такие параметры:
 - Высота этажа, мм – 4000
- Щелкните по кнопке **ОК**, чтобы применить сделанные изменения и закрыть диалоговое окно.

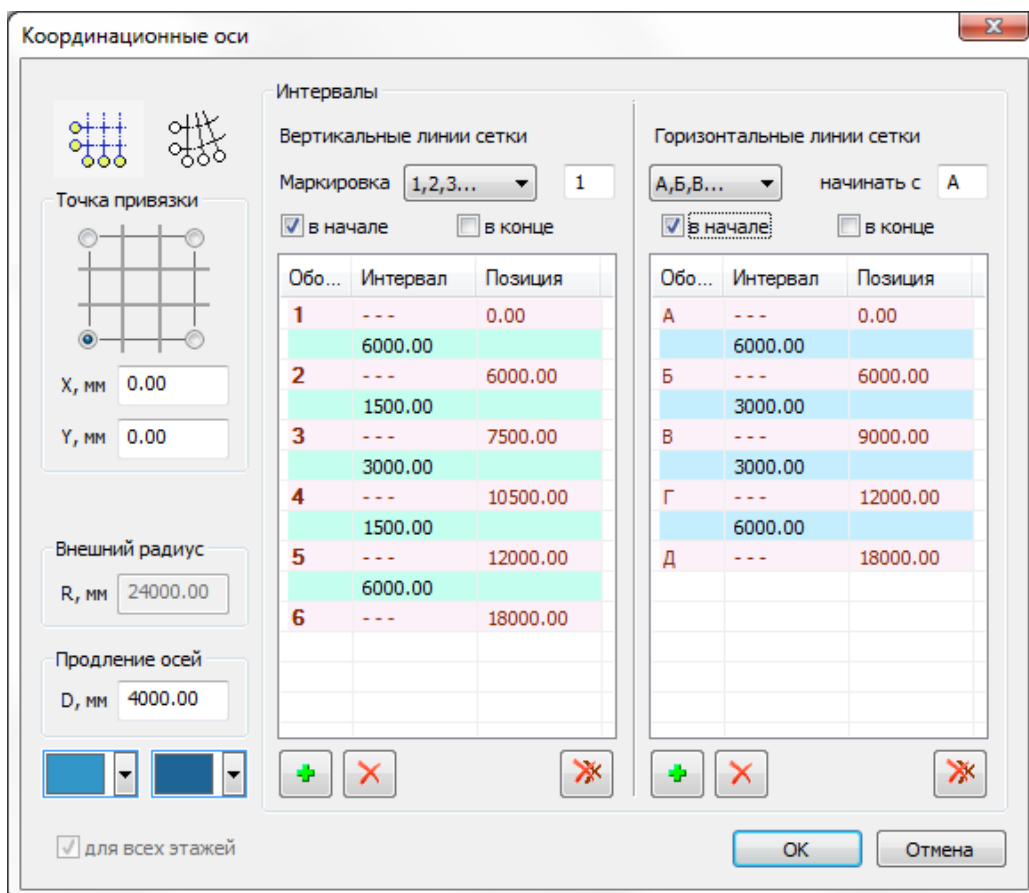


Здание и этаж создаются автоматически после того как в графическом пространстве модели был создан первый объект.

Этап 3. Создание координационных осей

Создание прямоугольной сетки в осях 1–6 и А–Д


- С помощью пункта меню **Создать** ⇒ **Координационные оси** вызовите диалоговое окно **Координационные оси** (рис.6.3).



Обо...	Интервал	Позиция
1	---	0.00
	6000.00	
2	---	6000.00
	1500.00	
3	---	7500.00
	3000.00	
4	---	10500.00
	1500.00	
5	---	12000.00
	6000.00	
6	---	18000.00

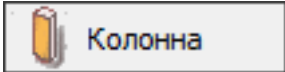
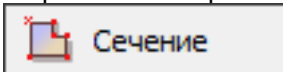
Обо...	Интервал	Позиция
A	---	0.00
	6000.00	
Б	---	6000.00
	3000.00	
В	---	9000.00
	3000.00	
Г	---	12000.00
	6000.00	
Д	---	18000.00

Рис.6.3. Диалоговое окно Координационные оси

- В этом диалоговом окне задайте следующие параметры:
 - выберите тип сетки – **Прямоугольная сетка осей** (по умолчанию левый нижний угол указан как точка привязки; координаты точки привязки – $X = 0$ мм, $Y = 0$ мм;
 - задайте продление осей $D=4000$ мм;
 - щелкните по кнопке  - **Добавить интервал** в поле для вертикальных линий сетки;
 - выделите значение в столбце **Интервал** и измените его на 6000;
 - добавьте таким способом еще несколько интервалов между вертикальными линиями сетки (маркировка вертикальных линий выполняется арабскими цифрами 1,2,3...) со значениями **1500, 3000, 1500, 6000** мм. Результирующие позиции осей высчитываются автоматически;
 - выберите для горизонтальных линий сетки из раскрывающегося списка маркировку **А, Б, В...**
 - задайте интервалы между горизонтальными линиями сетки – **6000, 3000, 3000, 6000** мм. Результирующие позиции осей высчитываются автоматически.
- После этого щелкните по кнопке **ОК** (в результате в графическом окне получаем изображение прямоугольной сетки координационных осей).

Этап 4. Создание колонн

Создание колонн

- Воспользуйтесь меню **Создать** ⇒ **Колонна** (кнопка  на панели **Инструменты**).
- Чтобы задать материал для колонн в группе **Материал** откройте раскрывающийся список и выберите строку **Бетон Б25** (после закрытия списка строка **Бетон Б25** демонстрируется в окне группы **Материал**, обеспечивая индикацию названия текущего выбранного материала).
- Для назначения сечения колонны щелкните по кнопке  - **Сечение** на панели свойств инструмента **Колонна**.
- В открывшемся диалоговом окне **Параметры сечения** (рис.6.4) задайте следующие параметры:
 - в списке типов сечений выберите тип **Прямоугольник(S0)**;
 - задайте параметр $b=500$ мм;
 - задайте параметр $h=500$ мм
- Щелкните по кнопке **ОК**, чтобы применить сделанные изменения и закрыть диалоговое окно.

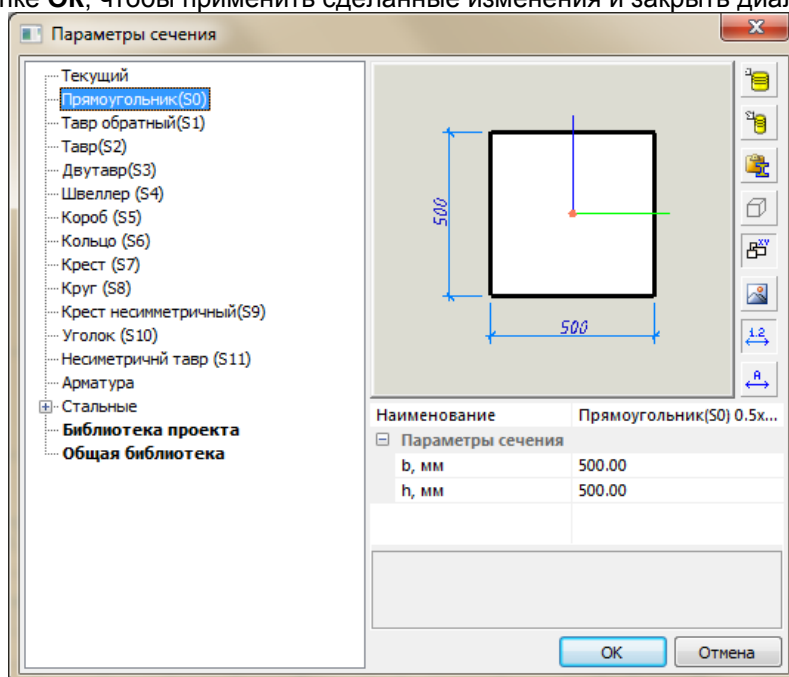
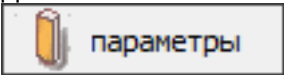
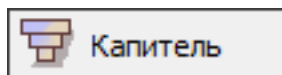




Рис.6.4. Диалоговое окно **Параметры сечения**

- Для автоматической генерации АЖТ в теле плиты по контуру сечения колонны щелкните по кнопке  - **Параметры** на панели свойств инструмента **Колонна**.
- В открывшемся диалоговом окне **Параметры создаваемого объекта** выделите строку **Формировать АЖТ** и установите для нее значение **Да**.
- Щелкните по кнопке **Применить**, чтобы применить сделанные изменения и закрыть диалоговое окно.
- Расположите колонны в осях Б-2 и Б-5 (рис.6.6).

Создание колонн с капителями



- Для создания капители нажмите кнопку **Капитель** на панели свойств инструмента **Колонна**.
- В открывшемся диалоговом окне **Капитель** (рис.6.5) щелкните по кнопке  - **Добавить ступень**, чтобы создать ступень капители и введите для нее следующие данные:
 - **h**, мм = 200
 - **b**, мм = 300
 - установите флажок – **Наклон**.
- Еще раз щелкните по кнопке  - **Добавить ступень**, чтобы создать вторую ступень капители и введите для нее следующие данные:
 - **h**, мм = 200
 - **b**, мм = 300
- Установите флажок **Аналитическая модель** для визуализации вида созданной капители в аналитике.
- Щелкните по кнопке **Применить**, чтобы применить сделанные изменения и закрыть диалоговое окно.

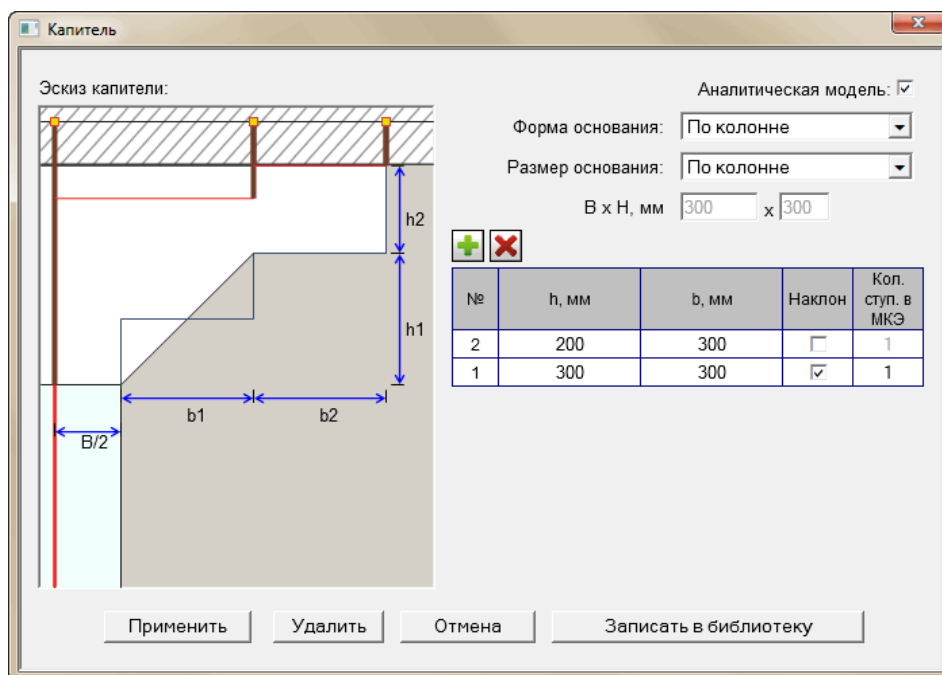


Рис.6.5. Диалоговое окно **Капитель**

- Расположите колонны как показано на рис.6.6.



Поворот схемы для выбора удобного ракурса как перед, так и во время построения выполняется при нажатой правой кнопке мыши. Навигация в графической области проекта выполняется при нажатой средней кнопке мыши. Для приближения к объектам схемы необходимо использовать колесо прокрутки.

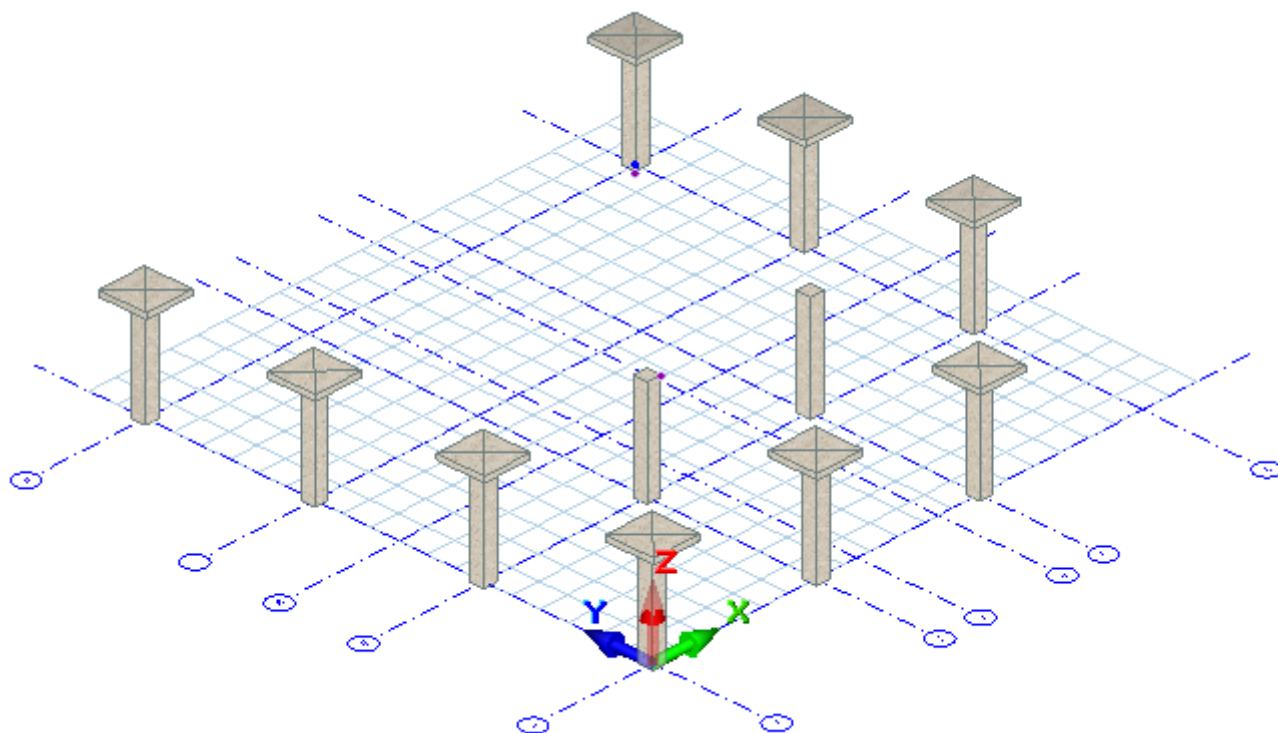





Рис. 6.6. Схема расположения колонн

Этап 5. Создание стен

Создание стен для лестничной клетки

- Воспользуйтесь меню **Создать** ⇒ **Стена** (кнопка  **Стена** на панели **Инструменты**).
- Чтобы задать материал для стен в группе **Материал** разверните раскрывающийся список и выберите строку **Бетон Б25**.
- В окне редактирования **Толщина** задайте толщину стены равную **200** мм и подтвердите ввод, нажав клавишу **Enter** на клавиатуре.
- Проконтролируйте значения других параметров, принятых по умолчанию: **уровень основания** – 0; **наклон** – 0; **верхняя отметка** – 0 от верха этажа, **привязка** – по оси.
- Выберите способ построения  – **Прямоугольник**.
- Для автоматической генерации АЖТ в теле плиты по толщине стены щелкните по кнопке  **параметры** на панели свойств инструмента **Стена**.
- В открывшемся диалоговом окне **Параметры создаваемого объекта** выделите строку **Формировать АЖТ** и установите для нее значение **Да**.
- Щелкните по кнопке **Применить**, чтобы применить сделанные изменения и закрыть диалоговое окно.
- Выполните построение ядра жесткости, последовательно вводя пару точек 2Д-4Г (рис.6.7).

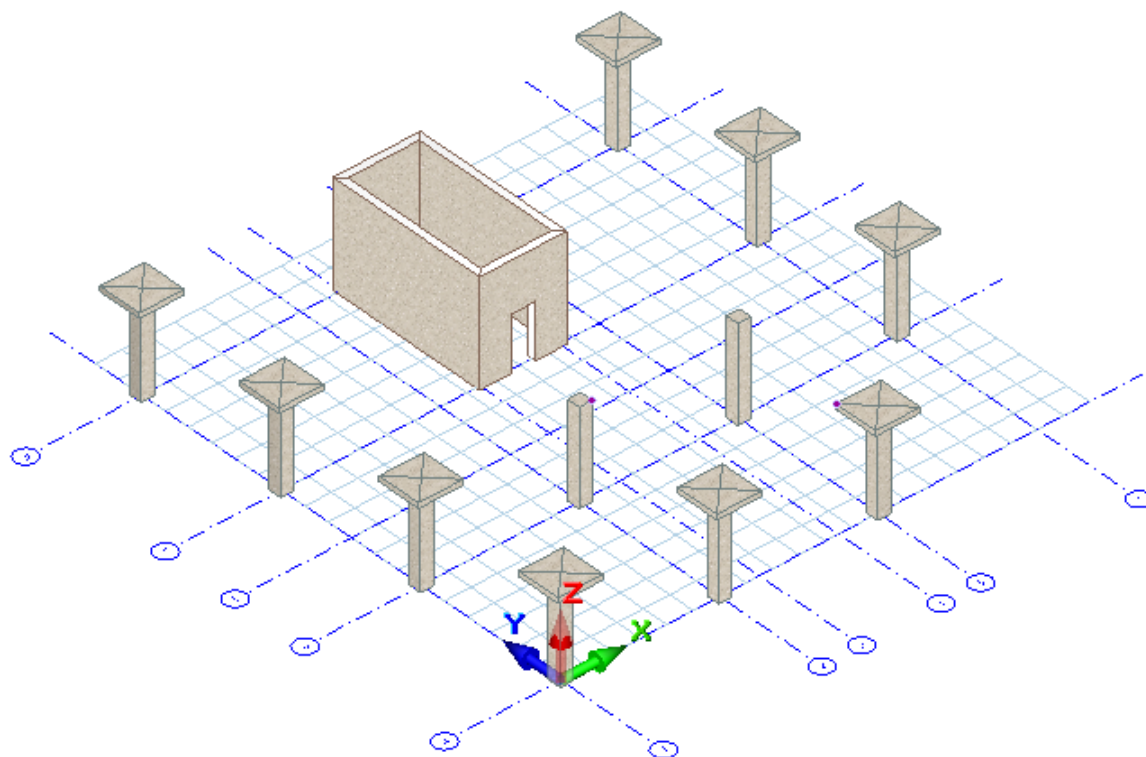





Рис.6.7. Схема расположения колонн и стен

Этап 6. Задание дверного проема

Задание дверного проема

- Воспользуйтесь меню **Создать** ⇒ **Дверь** (кнопка  **Дверь** на панели **Инструменты**).
- Выберите способ привязки проема  - **по центру**.
- Щелкните по кнопке  **параметры** - **Параметры**.
- В открывшемся диалоговом окне **Параметры дверей** задайте следующие характеристики:
 - разверните список **Прямоугольные** и выберите тип двери – **Прямоугольный проем**;
 - **В**, мм – 900;
 - **Н**, мм – 2100.
- Щелкните по кнопке **ОК**, чтобы сохранить изменения и закрыть диалоговое окно.
- Переместите курсор в окно графического вида и поместите его на изображение стены, расположенной на оси Г (рис.6.7).
- Установите проем в центр стены (центр стены подсвечивается желтой точкой).



Вслед за 3D локатором перемещается каркасное изображение дверного проёма. Используйте 3D локатор для задания желаемой позиции. Зафиксируйте позицию проёма посредством одинарного щелчка левой кнопкой мыши.



Этап 7. Создание и редактирование плиты перекрытия

Перенос локальной системы координат (ЛСК)





- Для ввода координат точки, в которую необходимо перенести ЛСК выполните следующие действия:
- Щелкните левой кнопкой мыши по значению координаты **X** в окне координат (клавиша **X** на клавиатуре) и введите значение **(-1170)**;

- Переключитесь с помощью стрелки вниз на клавиатуре на координату **Y** и введите для нее значение **(-1420)**.
- Нажмите клавишу **Enter** на клавиатуре (точка с заданными координатами обозначится в графической области голубым крестиком и локатор привяжется к данной точке);
- Щелкните правую кнопку мыши для вызова контекстного меню и выберите из списка команду **ЛСК в точку (Ctrl+.** на клавиатуре) для переноса локальной системы координат.





Создание плиты перекрытия

- Воспользуйтесь меню **Создать** ⇒ **Перекрытие** (кнопка  **Перекрытие** на панели **Инструменты**).
- Выберите материал из раскрывающегося списка **Бетон Б25**; в окне редактирования **Толщина** задайте толщину плиты **200 мм** и подтвердите ввод, нажав клавишу **Enter** на клавиатуре.
- Проконтролируйте, чтобы в группе **Уровень** было задано значение **0.00 от низа этажа**.
- Выберите способ построения контура плиты  - **Прямоугольник**.
- Начните построение, последовательно вводя 2 точки:
 - точка начала ЛСК;
 - точка с координатами (**X=20590, Y=20840**).
 - Для завершения построения нажмите клавишу **Enter** на клавиатуре.

Редактирование контура плиты перекрытия

- Воспользуйтесь меню **Создать** ⇒ **Линия** (кнопка  **Линия** на панели **Инструменты**).
- На панели свойств инструмента **Линия** выберите из раскрывающегося списка **Вид линии – утолщенная** и **Цвет красный**.
- Проконтролируйте, чтобы был выбран способ построения линии  - **Прямоугольник**.
- Выполните построение контура, указывая следующие точки:
 - правая ближняя точка плиты перекрытия;
 - точка с координатами (**X=14590, Y=6000**), подтвердите построение точки по введенным координатам, нажав клавишу **Enter** на клавиатуре.
- Выберите инструмент  **Указывание** - **Указывание** на панели **Инструменты**.
- Выделите плиту перекрытия и созданную линию, удерживая нажатой клавишу **Shift** на клавиатуре.
- На панели свойств инструмента **Указывание** щелкните по кнопке  - **Вычесть** для вычитания созданного контура из плиты перекрытия.
- Нажмите клавишу **Esc** на клавиатуре, чтобы снять выделение с плиты.
- Выделите линию и воспользуйтесь меню **Редактор** ⇒ **Удалить** (клавиша **Del** на клавиатуре).

Создание отверстия в плите перекрытия

- Для отображения изображения в проекции на горизонтальную плоскость **XOY** воспользуйтесь меню **Вид** ⇒ **Проекции** ⇒ **Вид сверху** (кнопка  на панели инструментов).
- Выберите инструмент  **Проём** - **Проём** на панели **Инструменты** и проконтролируйте, чтобы был выбран тип проема  – **Сквозное отверстие** на панели свойств инструмента.
- Выделите плиту перекрытия и проконтролируйте, чтобы был выбран способ построения проема  - **Прямоугольник**.
- Задайте прямоугольное отверстие для лестничной клетки в ядре жесткости, вводя последовательного пару точек вершин прямоугольника по диагонали (рис.6.8).
- Нажмите клавишу **Esc** на клавиатуре, чтобы снять выделение с плиты.

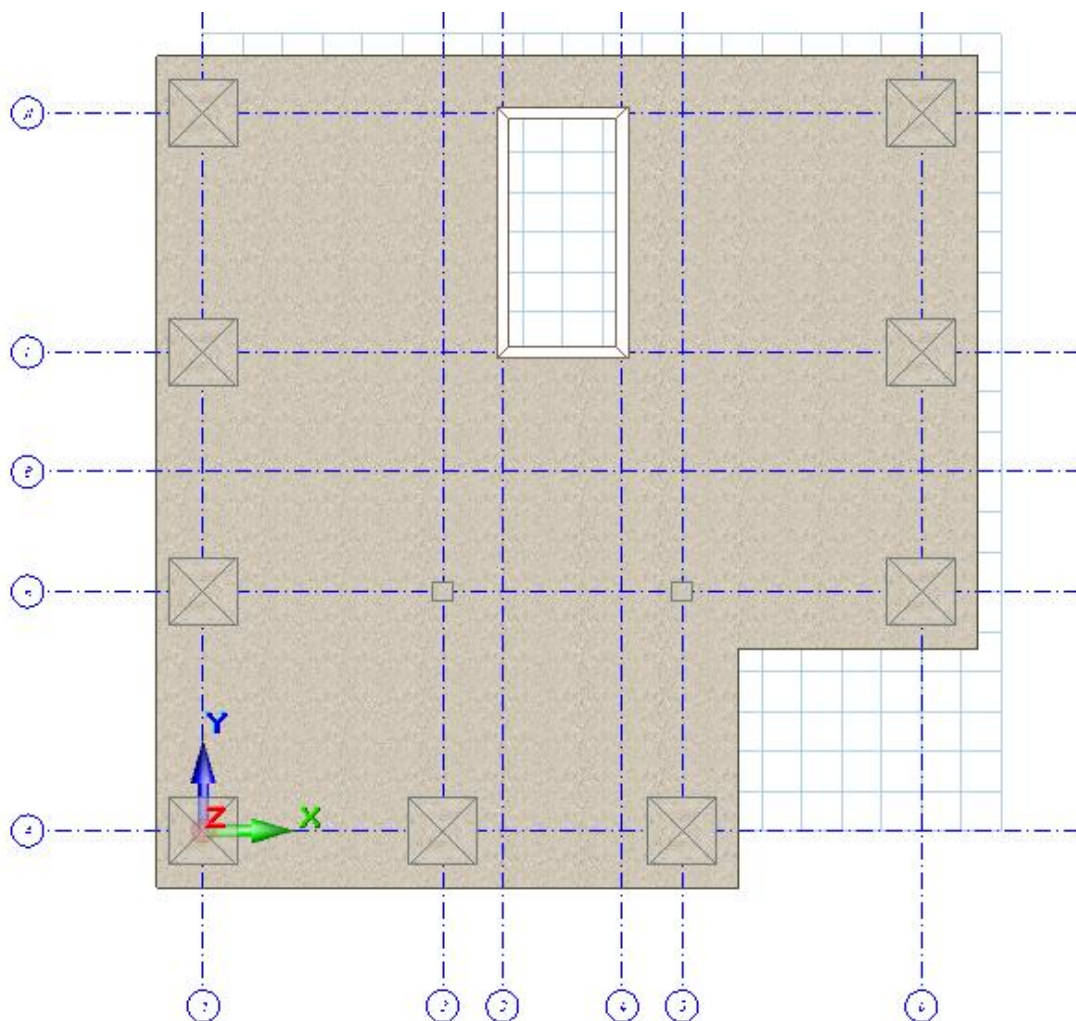










Рис.6.8. Расположение проема в плите перекрытия на виде сверху

Создание участка другой толщины в плите перекрытия

- Выберите изометрическое отображение модели, воспользовавшись меню **Вид** ⇒ **Проекции** ⇒ **Изометрия** (кнопка  на панели инструментов).
- Выберите инструмент  **Проём** на панели **Инструменты**.
- На панели свойств инструмента Проём выберите **Тип**  - **Ниша**.
- В окне редактирования **Глубина** задайте глубину ниши (**- 200мм**) и нажмите клавишу **Enter** на клавиатуре.
- Выберите тыльную сторону проема, щелкнув по кнопке  - **Лицо/Тыл** на панели свойств инструмента **Проём**.
- Выделите плиту перекрытия.
- Проконтролируйте выбранный способ построения ниши  - **Прямоугольник** и выполните построение по следующим точкам:
 - точка с координатами (**X=6420, Y=6670**);
 - точка с координатами (**X=13920, Y=8170**);
 - для подтверждения введенных координат точки необходимо нажать клавишу **Enter** на клавиатуре.
- Нажмите клавишу **Esc** на клавиатуре, чтобы снять выделение с плиты.

Этап 8. Копирование этажей

Копирование этажей

- Воспользуйтесь меню **Создать** ⇒ **Этаж...** (кнопка  – **Создать этаж** в служебном окне **Структура**)
- В появившемся диалоговом окне **Создать новый этаж** (рис.6.9) задайте следующие параметры:
 - в строке **Количество**: введите значение **4**;
 - в строке **Высота этажа**: измените значение на **4000** мм;
 - проверьте, чтобы были включены радио-кнопки **добавить верхний этаж** и **назначить новый этаж** в качестве текущего;
 - установите флажок копировать элементы;
 - щелкните по кнопке  **Фильтр** - **Фильтр** и снимите флажки со всех элементов, щелкнув по кнопке  - **Отключить все**;
 - установите флажки для элементов, которые будут скопированы: **стена, перекрытие, колонна**;
 - щелкните по кнопке **ОК** для того чтобы применить сделанные изменения и закрыть диалоговое окно **Фильтр объектов**.
- Щелкните по кнопке **ОК**, чтобы применить сделанные изменения и закрыть диалоговое окно **Создать новый этаж**.

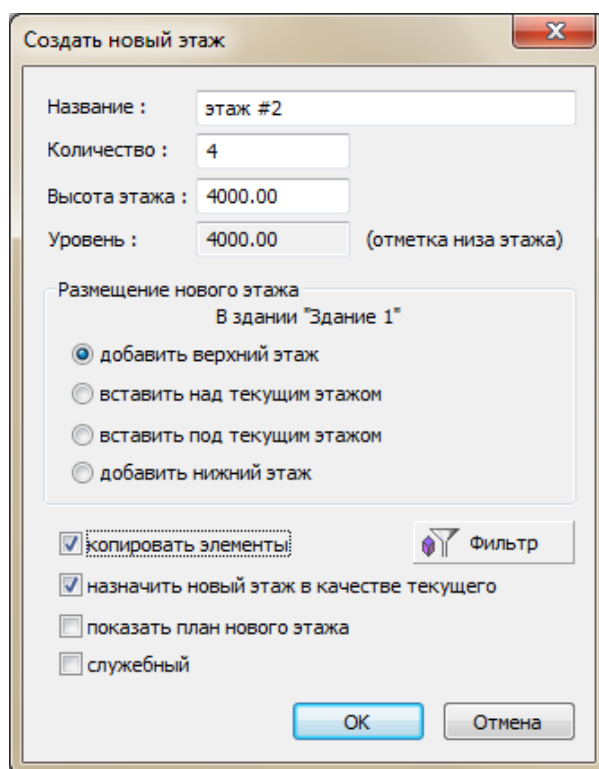



Рис.6.9. Диалоговое окно **Создать новый этаж**

- Чтобы увидеть изображение модели здания целиком, щелкните по кнопке  – **Показать всё** (двойной щелчок средней кнопкой мыши в графической области).

Редактирование 4-го и 5-го этажей

- В служебном окне **Структура** (рис.6.10) щелчком по строке **этаж #4** разверните список элементов 4-го этажа.

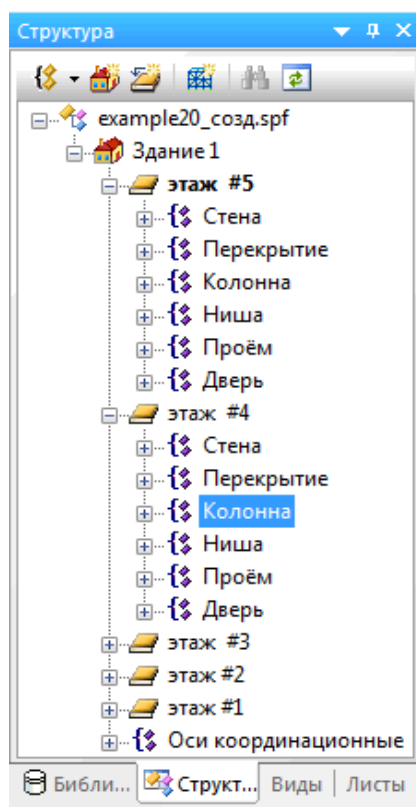






Рис.6.10. Служебное окно **Структура**

- В служебном окне **Структура** выделите строку **Колонна** и выполните щелчок правой кнопкой мыши.
- В появившемся контекстном меню выберите пункт **Выделить** для выделения всех колонн 4-го этажа.
- На панели свойств инструмента **Указывание** щелкните по кнопке  - **Выделить вверх** для выделения колонн на 5-ом этаже.
- Щелкните по кнопке  **параметры** на панели свойств инструмента **Указывание**.
- В открывшемся диалоговом окне **Параметры 24 объектов** выберите строку **Капитель** и щелкните по кнопке  для вызова диалогового окна.
- В открывшемся диалоговом окне **Капитель** щелкните по кнопке **Удалить**, чтобы удалить капители с выбранных колонн.
- Щелкните по кнопке **Применить**, чтобы применить сделанные изменения и закрыть диалоговое окно.
- Нажмите клавишу **Esc** на клавиатуре, чтобы снять выделение с выбранных колонн.
- При нажатой правой кнопке мыши, поверните камеру таким образом, чтобы было видно утолщение в плите пола 5-го этажа.
- При активном инструменте **Указывание** выделите утолщение в плите пола 5-го этажа.
- Воспользуйтесь меню **Редактор** ⇒ **Удалить** (клавиша **Del** на клавиатуре).
- Проверьте в служебном окне **Структура**, чтобы **Этаж #5** был выбран в качестве текущего (текущий этаж выделяется жирным цветом).
- При активном инструменте **Указывание** выделите плиту пола 5-го этажа.
- Скопируйте модель плиты в буфер с помощью меню **Редактор** ⇒ **Копировать**.
- Вставьте копию модели плиты из буфера в текущий этаж (**этаж #5**) с помощью меню **Редактор** ⇒ **Вставить**.



Теперь в рамках этажа присутствуют две модели плиты в одном уровне, причём одна из них продолжает оставаться выделенной. Поскольку выделен элемент типа **Плита перекрытия**, панель свойств прикладного инструмента отображает свойства инструмента **Перекрытие**.

- Воспользуйтесь управляющими элементами группы **Уровень** на панели свойств инструмента **Перекрытие** и установите **От верха этажа**.
- Нажмите клавишу **Esc**, чтобы снять выделение с плиты.

- Используя колесо прокрутки, приблизьтесь к проему лестничной клетки в верхней плите перекрытия и выделите его, щелкнув левой кнопкой мыши в грань проема.
- Воспользуйтесь меню **Редактор** ⇒ **Удалить** (клавиша **Del** на клавиатуре) для удаления данного проема из плиты.
- Щелкните по кнопке  – **Показать всё** (двойной щелчок средней кнопкой мыши в графической области), чтобы увидеть отображение всей модели на экране.

Редактирование фундаментной плиты


- В древовидном списке служебного окна **Структура** выделите строку **этаж #1** и выполните щелчок правой кнопкой мыши.
- В появившемся контекстном меню выберите пункт **Назначить этаж текущим** (двойной щелчок левой кнопкой мыши по строке **этаж #1**).
- Приблизьтесь к плите в уровне низа первого этажа, используя колесо прокрутки.
- Выделите утолщение в плите и проем лестничной клетки, удерживая нажатой клавишу **Shift** на клавиатуре.
- Удалите утолщение и проем воспользовавшись меню **Редактор**⇒**Удалить** (клавиша **Del** на клавиатуре).
- При активном инструменте **Указывание** выделите фундаментную плиту.
- В панели свойств инструмента **Перекрытие** в окне редактирования **Толщина** измените толщину плиты на **600мм** и нажмите клавишу **Enter** на клавиатуре, чтобы применить сделанные изменения.
- Нажмите клавишу **Esc** на клавиатуре, чтобы снять выделение с фундаментной плиты.


Этап 9. Моделирование пандуса


Изменение положения ЛСК в пространстве



- Щелкните правой кнопкой мыши в графической области и выберите из контекстного меню команду **ЛСК повернуть**.
- В открывшемся диалоговом окне **Ввод угла поворота** задайте угол поворота локальной системы координат **270 градусов**.
- Щелкните по кнопке **ОК**, чтобы применить сделанные изменения и закрыть диалоговое окно.
- Перенесите ЛСК в левую ближнюю точку плиты, притянувшись к этой точке и воспользовавшись командой контекстного меню правой кнопки мыши **ЛСК в точку** (**Ctrl+** на клавиатуре).

Создание траектории и образующих для пандуса

- Для создания линии воспользуйтесь меню **Создать** ⇒ **Линия** (кнопка  **Линия** на панели **Инструменты**).

- Выберите способ построения линии  - **Отрезок**.
- Проконтролируйте чтобы флажки **Цепочка** и **Замыкать** были сняты.
- Выполните построение первой образующей линии по следующим точкам:
 - начальная точка (**X=0, Y=2000**);
 - конечная точка (**X=0, Y=6000**);
 - для подтверждения введенных координат точки необходимо нажать клавишу **Enter** на клавиатуре.
- Выполните построение второй образующей линии по следующим точкам:
 - начальная точка (**X=10000, Y=14000**);
 - конечная точка (**X=6000, Y=14000**);
 - для подтверждения введенных координат точки необходимо нажать клавишу **Enter** на клавиатуре.

- Для выбора необходимого способа построения нажмите и удержите кнопку  в панели свойств инструмента **Линия**.

- Выберите из раскрывающегося списка способ построения  - **Дуга T1 T3 T2**.
- Для построения дуговой траектории введите следующие точки:
 - первая точка траектории = **начальная точка первой образующей**;
 - вторая точка траектории = **начальная точка второй образующей**.
 - третья точка траектории (**X=8000, Y=6000**);
 - для подтверждения введенных координат точки необходимо нажать клавишу **Enter** на клавиатуре.
- Выберите инструмент  **Указывание** - **Указывание** на панели **Инструменты** (клавиша **Esc** на клавиатуре).
- Выделите первую образующую.
- Переместите первую образующую, воспользовавшись меню **Редактор** ⇒ **Перемещение...**
- В открывшемся диалоговом окне **Перемещение объектов** (рис.6.11) введите для параметра **Приращение Z, мм** значение **4000**.

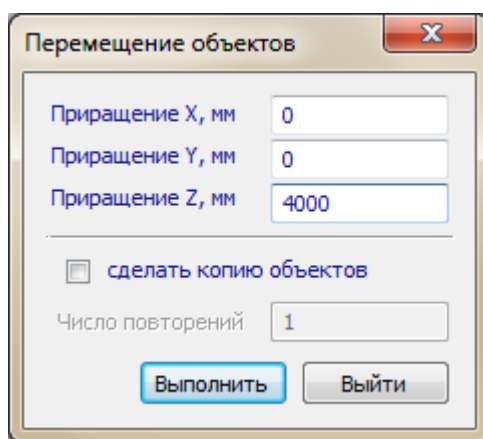





Рис.6.11. Диалоговое окно **Перемещение объектов**

- Щелкните по кнопке **Выполнить**, чтобы применить сделанные изменения и закрыть диалоговое окно.
- Нажмите клавишу **Esc** на клавиатуре, чтобы снять выделение с перемещенной линии.

Создание пандуса

- При активном инструменте **Указывание** выделите последовательно траекторию, первую образующую, вторую образующую (порядок имеет значение), удерживая нажатой клавишу **Shift** на клавиатуре.
- Выберите инструмент **Тело** (кнопка  **Тело**) на панели **Инструменты**.
- Из раскрывающегося списка на панели свойств инструмента **Тело** выберите материал для поверхности - **Бетон Б25**.
- Щелкните по кнопке создаваемого типа поверхности  - **Кинематическая с 2-мя образующими**.
- Нажмите клавишу **Del** на клавиатуре, чтобы удалить траекторию и образующие линии.
- Нажмите клавишу **Esc** на клавиатуре, чтобы вернуться к инструменту **Указывание**.
- Выделите созданный пандус и в служебном окне **Свойства** задайте для него следующие параметры:
 - Проверьте, чтобы для параметра **Интерпретация** было задано значение **Несущий конструктив**;
 - Задайте число участков образующей – **8**;
 - Задайте толщину оболочки, мм – **180**.
- В служебном окне **Свойства** щелкните по кнопке  - **Применить к объекту**, чтобы применить заданные параметры к пандусу.




В окне **Свойства**, которое находится под окном **Структура**, отображаются свойства объекта модели, выбранного в списке. В данном случае – свойства поверхности. Свойства представлены в виде таблицы параметров. Для каждого параметра приведено название и значение.

- Нажмите клавишу **Esc** на клавиатуре, чтобы снять выделение с пандуса.

Этап 10. Моделирование процесса возведения конструкции (МОНТАЖ)

Автоматическая генерация монтажных событий

- Воспользуйтесь меню **Сервисы** ⇒ **Монтаж**.
- В открывшемся диалоговом окне **Монтаж** щелкните по кнопке **Авто**.
- В открывшемся диалоговом окне **Автоматическая генерация событий** выберите способ генерации событий **По типам элементов**, отметив соответствующую радио-кнопку.
- Снимите флажок **Стадии по этажам**.
- Щелкните по кнопке  - **Порядок типов элементов для генерации событий**, чтобы просмотреть в каком порядке будут возводиться элементы.
- Щелкните по кнопке **Создать**, чтобы применить сделанные изменения и закрыть диалоговое окно.

Назначение монтажных стадий вручную

- Чтобы поменять порядок возведения конструкции в диалоговом окне **Монтаж** щелкните по событию **4,Прочее (этаж#1)** и удерживая нажатой левую кнопку мыши перетащите его вправо, поменяв местами с событием **5,Перекрытие низ (этаж#2)**.
- Выделите событие **5,Прочее (этаж#1)** и установите для него флажок **Стадия**.
- Установите флажок **Стадия** как описано в предыдущем пункте для событий: **8,Перекрытие низ (этаж #3)**; **11,Перекрытие низ (этаж #4)**; **14,Перекрытие низ (этаж #5)**; **17,Перекрытие верх (этаж #5)** (рис.6.12).

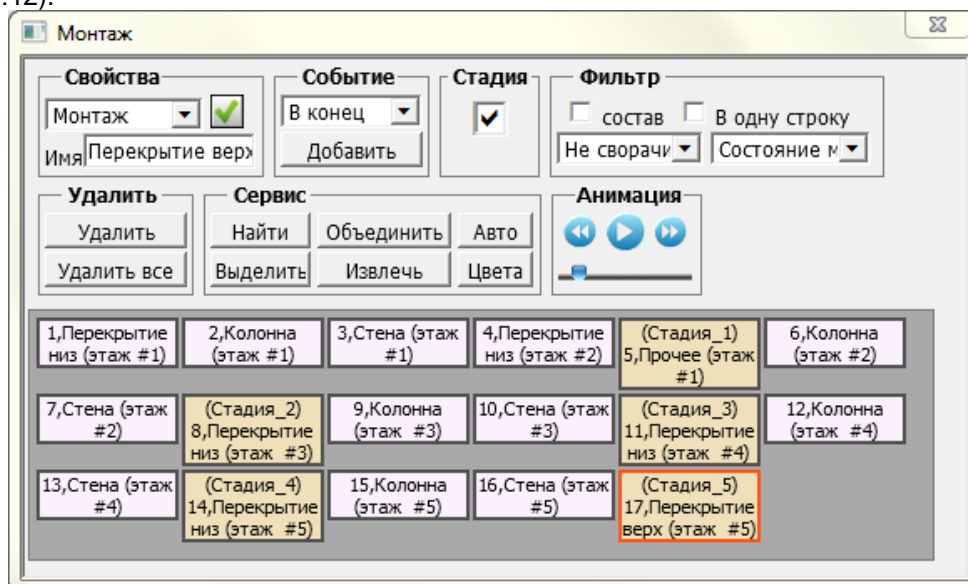


Рис.6.12. Диалоговое окно **Монтаж**

Просмотр анимации процесса возведения конструкции

- В диалоговом окне **Монтаж** щелчком левой кнопки мыши выделите первое событие монтажа.
- В поле **Фильтр** для визуализации объектов входящих в текущее событие выберите из раскрывающегося списка значение **Состояние модели на момент текущего события**.

- В поле **Анимация** передвиньте слайдер для задержки отрисовки события чуть правее.
- Щелкните по кнопке **Воспроизвести** для воспроизведения анимации появления событий и стадий (рис.6.13; 6.14).
- Щелкните по кнопке **Остановить** для остановки анимации и закройте диалоговое окно **Монтаж** щелчком по кнопке **Закреть**.

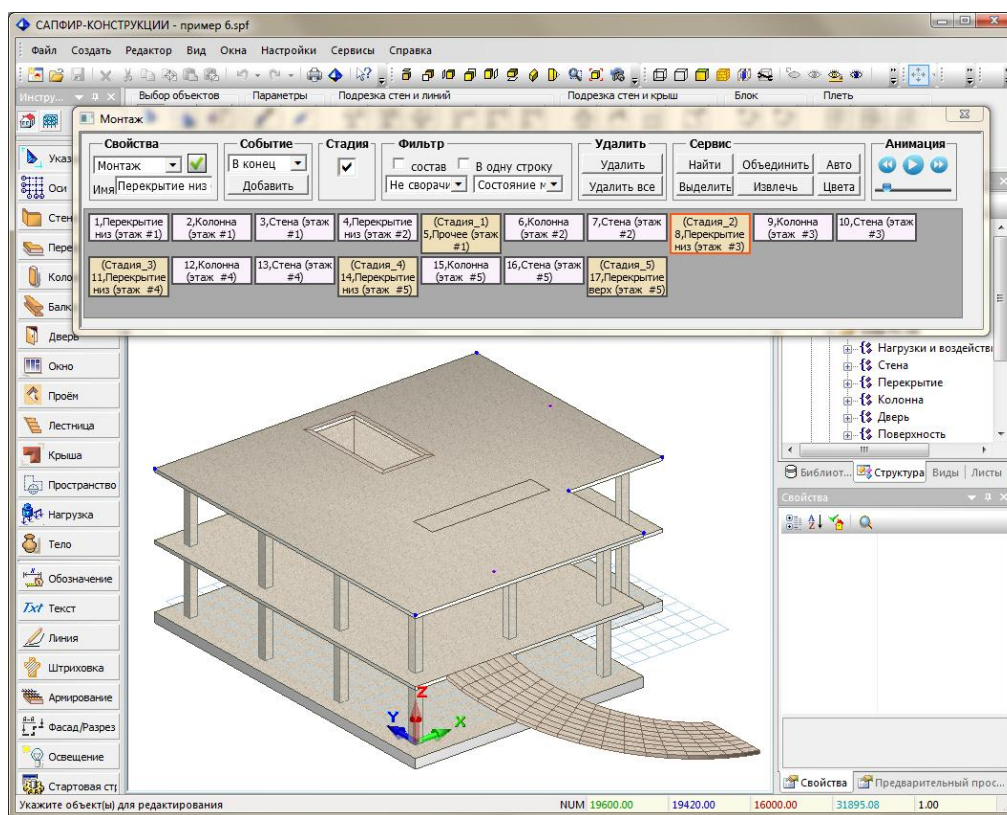


Рис.6.13. Вторая стадия монтажа

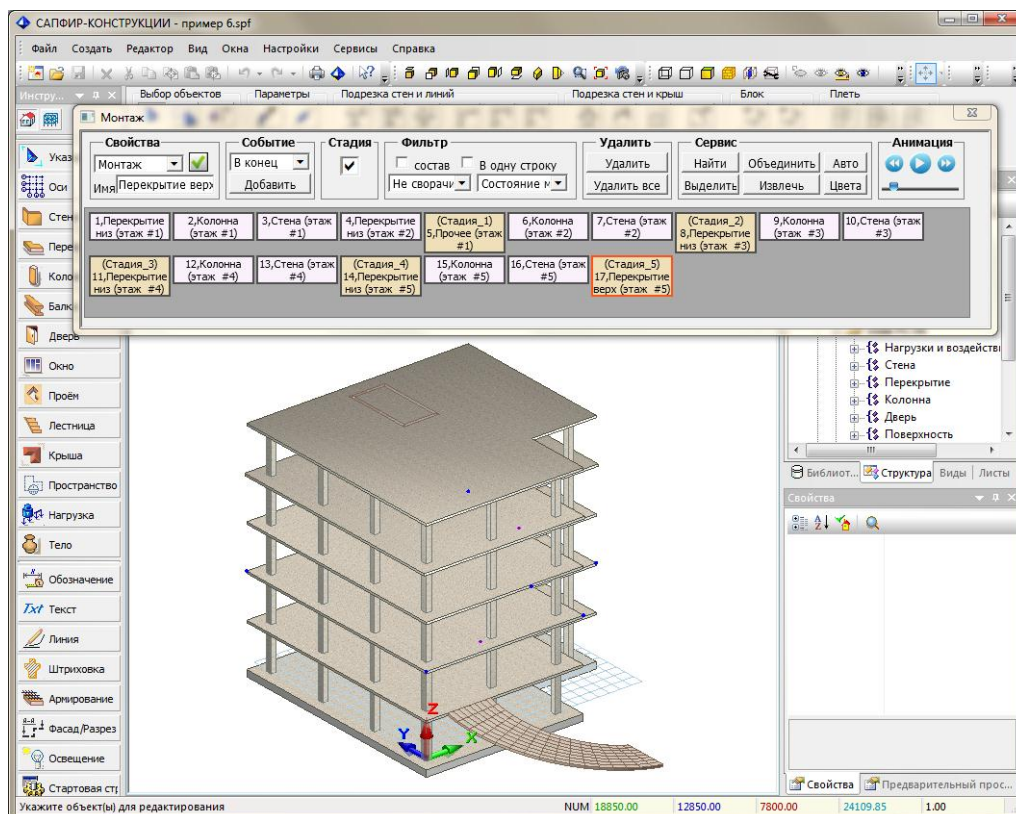
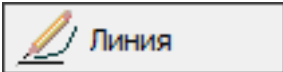


Рис.6.14. Последняя стадия монтажа

Этап 11. Создание загрузок и назначение нагрузок

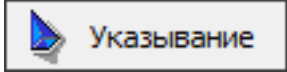
Загрузка №1 (Постоянная нагрузка)

➤ Воспользуйтесь меню **Создать** ⇒ **Линия** (кнопка  на панели **Инструменты**).

➤ В панели свойств инструмента **Линия** выберите способ построения линии  - **Осевая**.

➤ Щелкните в грань плиты, чтобы взять ее контур (контур плиты подсветится синим цветом).

➤ Нажмите клавишу **Enter** на клавиатуре, чтобы подтвердить построение по выделенному контуру.

➤ Выберите инструмент  - **Указывание** на панели **Инструменты** и выделите созданную линию.

➤ Воспользуйтесь меню **Редактор** ⇒ **Эквидистанта...**

➤ В открывшемся диалоговом окне **Эквидистанта** (рис.6.15) задайте значение отступа **-100мм**.

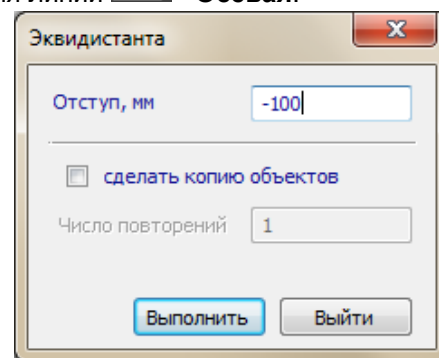
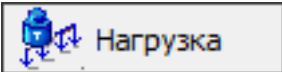



Рис.6.15. Диалоговое окно **Эквидистанта**

➤ Щелкните по кнопке **Выполнить**, чтобы применить сделанные изменения и закрыть диалоговое окно.

➤ Нажмите клавишу **Esc** на клавиатуре, чтобы снять выделение с линии.


➤ Воспользуйтесь меню **Создать** ⇒ **Нагрузки** ⇒ **Силы** (кнопка  на панели **Инструменты**).

➤ В поле **Загрузка** щелкните по кнопке .

➤ В открывшемся диалоговом окне **Загрузки** выполните следующие действия:

- выделите строку **Загрузка 1** и введите для нее название **Длительная нагрузка**.
- для строки **Загрузка 2** введите название **Постоянная нагрузка**.

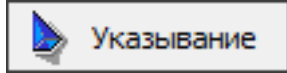
➤ Щелкните по кнопке **ОК**, чтобы применить сделанные изменения и закрыть диалоговое окно.

➤ Выберите тип нагрузки  - **равномерно-распределенная по линии** на панели свойств инструмента **Нагрузка**.

➤ В поле редактирования **Значение нагрузки** задайте значение нагрузки **1.6тс/м²** в начале и в конце линии действия нагрузки.

➤ При выбранном способе построения  - **Осевая** щелкните в линию, чтобы взять образцом для построения ее контур.

➤ Нажмите клавишу **Enter** на клавиатуре, чтобы подтвердить построение по выделенному контуру.


➤ Выберите инструмент  - **Указывание** и выделите созданную нагрузку по линии.

➤ Воспользуйтесь меню **Вид** ⇒ **Скрыть выделенные** (кнопка  на панели инструментов).

➤ Выделите линию, которая была основой для построения и воспользуйтесь меню **Редактор** ⇒ **Перемещение....**

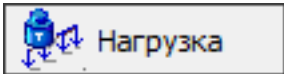




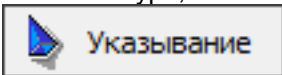


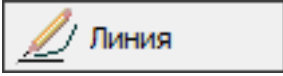

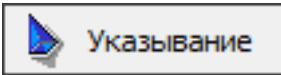

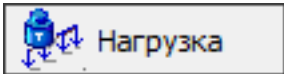
➤ В открывшемся диалоговом окне **Перемещение объектов** в строке **Приращение Z, мм** введите значение **4000** и щелкните по кнопке **Выполнить**, чтобы применить сделанные изменения и закрыть диалоговое окно.








➤ Нажмите клавишу **Esc** на клавиатуре, чтобы снять выделение с линии.

➤ Воспользуйтесь меню **Вид** ⇒ **Показывать все элементы** (кнопка  на панели инструментов).







➤ Выполните щелчок правой кнопкой мыши в графической области.

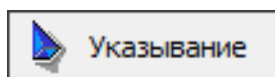
➤ В появившемся контекстном меню выберите команду **ЛСК в абс.0,0,0**.

- Воспользуйтесь меню **Создать** ⇒ **Нагрузки** ⇒ **Силы** (кнопка  на панели **Инструменты**).
- При выбранном типе нагрузки  - **равномерно-распределенная по линии** проконтролируйте значение **1.6тс/м** **в начале** и **в конце** линии действия нагрузки.
- Выберите способ построения  - **Отрезок**
- Выполните построение равномерно-распределенной по линии нагрузки по следующим точкам
 - начало линии точка с координатами (**X=3000, Y=7500**);
 - конец линии точка с координатами (**X=3000, Y=13500**);
 - для подтверждения введенных координат точки необходимо нажать клавишу **Enter** на клавиатуре.
- Выберите тип нагрузки  - **распределенная по площади** на панели свойств инструмента **Нагрузка**.
- В поле редактирования **Значение нагрузки** введите значение **0.3тс/м²**.
- Выберите способ построения  - **Осевая** и щелкните в грань плиты.
- Нажмите клавишу **Enter** на клавиатуре, чтобы подтвердить построение по выделенному контуру.
- Выберите инструмент  - **Указывание** и выделите созданные нагрузки, удерживая нажатой клавишу **Shift**.
- В служебном окне **Структура** выделите строку **Здание 1** и выполните щелчок правой кнопкой мыши.
- В появившемся контекстном меню выберите пункт **Вставить выделенные элементы**.
- В открывшемся диалоговом окне **Фильтр объектов** установите флажки для всех этажей, щелкнув по кнопке  - **Включить все**.
- Снимите флажок с первого этажа и щелкните по кнопке **ОК**, чтобы применить сделанные изменения и закрыть диалоговое окно.
- Нажмите клавишу **Esc** на клавиатуре, чтобы снять выделение с нагрузки.
- В служебном окне **Структура** назначьте **этаж #2** текущим.
- Выделите равномерно-распределенную нагрузку по линии и воспользуйтесь меню **Редактор** ⇒ **Удалить** (клавиша **Del** на клавиатуре).
- Выделите распределенную нагрузку по площади и воспользуйтесь меню **Вид** ⇒ **Скрыть выделенные** (кнопка  на панели инструментов).
- Выполните перенос ЛСК в точку с координатами (**X=830, Y=-1420**).
- Воспользуйтесь меню **Создать** ⇒ **Линия** (кнопка  на панели **Инструменты**).
- Выберите способ построения  - **Прямоугольник** в панели свойств инструмента **Линия**.
- Выполните построения прямоугольника по следующим точкам:
 - точка начала ЛСК;
 - точка с координатами (**X=4000, Y=300**);
 - для подтверждения введенных координат точки необходимо нажать клавишу **Enter** на клавиатуре.
- Выберите инструмент  - **Указывание** и выделите скопированную линию контура и созданный прямоугольник, удерживая нажатой клавишу **Shift**.
- Щелкните по кнопке  - **Вычесть** на панели свойств инструмента **Указывание**.
- Нажмите клавишу **Esc** на клавиатуре, чтобы снять выделение с линий.
- Воспользуйтесь меню **Создать** ⇒ **Нагрузки** ⇒ **Силы** (кнопка  на панели **Инструменты**).

- Выберите тип нагрузки  - **равномерно-распределенная по линии** на панели свойств инструмента **Нагрузка**.
- В поле редактирования **Значение нагрузки** задайте значение нагрузки **1.6тс/м²** в начале и в конце линии действия нагрузки.
- Выберите способ построения  - **Осевая** в панели свойств инструмента **Нагрузка**.
- Выполните щелчок левой кнопкой мыши в линию, повторяющую контур плиты и нажмите клавишу **Enter**, чтобы подтвердить построение по выделенному контуру.
- В служебном окне **Структура** при развернутом древовидном списке **этаж #2** выделите строку **Линия** и выполните щелчок правой кнопкой мыши.
- В появившемся контекстном меню выберите пункт **Удалить**.
- В служебном окне **Структура** разверните древовидный список **этаж #1**, выделите строку **Линия** и выполните щелчок правой кнопкой мыши.
- В появившемся контекстном меню выберите пункт **Удалить**.
- Воспользуйтесь меню **Вид** ⇒ **Показывать все элементы** (кнопка  на панели инструментов).
- В служебном окне **Структура** назначьте **этаж #5** текущим.
- Щелкните по кнопке  – **Показать всё** (двойной щелчок средней кнопкой мыши в графической области), чтобы увидеть отображение всей модели на экране.
- Воспользуйтесь меню **Создать** ⇒ **Нагрузки** ⇒ **Силы** (кнопка  **Нагрузка** на панели **Инструменты**).
- Выберите тип нагрузки  - **распределенная по площади** на панели свойств инструмента **Нагрузка**.
- В поле редактирования **Значение нагрузки** введите значение **0.1тс/м²**.
- При выбранном способе построения  - **Осевая**, щелкните в грань плиты.
- Нажмите клавишу **Enter** на клавиатуре, чтобы подтвердить построение по выделенному контуру.

Загрузка №2 (Длительная нагрузка)

- В служебном окне **Структура** назначьте **этаж #1** текущим
- В поле **Загрузка** выберите из раскрывающегося списка **Длительная нагрузка**.
- В поле свойств инструмента **Нагрузка** проконтролируйте выбранный тип нагрузки  - **распределенная по площади**.
- Введите значение интенсивности нагрузки **2тс/м²**.
- Выберите способ построения распределенной нагрузки по площади  - **Прямоугольник**.
- Щелкните правой кнопкой мыши в графической области и выберите из контекстного меню команду **ЛСК в 0,0,0**.
- Выполните построение распределенной нагрузки по площади по следующим точкам:
 - точка с координатами (**X=13000, Y=11000**);
 - точка с координатами (**X=15500, Y=15000**);
 - для подтверждения введенных координат точки необходимо нажать клавишу **Enter** на клавиатуре.
- В поле свойств инструмента **Нагрузка** щелкните по кнопке  - **Фильтр визуализации по загрузкам**, чтобы отключить его.
- В поле **Тип** проконтролируйте, чтобы был выбран тип нагрузки  - **распределенная по площади**.
- В поле редактирования **Значение нагрузки** введите значение **1.0тс/м²**.
- При выбранном способе построения  - **Осевая**, щелкните в контур равномерно-распределенной нагрузки по линии.
- Нажмите клавишу **Enter** на клавиатуре, чтобы подтвердить применение данного контура (появится полезная нагрузка на плиту).
- В поле свойств инструмента **Нагрузка** щелкните по кнопке  - **Фильтр визуализации по загрузкам**, чтобы включить его.



- Выберите инструмент **Указывание** на панели **Инструменты** и выделите созданные нагрузки в загрузке **Длительная нагрузка**, удерживая нажатой клавишу **Shift**.
- В служебном окне **Структура** выделите строку **Здание 1** и выполните щелчок правой кнопкой мыши.
- В появившемся контекстном меню выберите пункт **Вставить выделенные элементы**.
- В открывшемся диалоговом окне **Фильтр объектов** установите флажки для всех этажей, щелкнув по кнопке - **Включить все**.
- Снимите флажок с первого этажа и щелкните по кнопке **ОК**, чтобы применить сделанные изменения и закрыть диалоговое окно.
- Нажмите клавишу **Esc** на клавиатуре, чтобы снять выделение с нагрузки.

Этап 12. Создание конечно-элементной модели в системе САПФИР-КОНСТРУКЦИИ

- Для перехода в систему **САПФИР-КОНСТРУКЦИИ** выполните пункт меню **Создать** ⇒ **Аналитическая модель** (кнопка - **Конструкции** на панели **Инструменты**).
- В появившемся диалоговом окне **Создать новую аналитическую модель** (рис. 6.16) щелкните по кнопке **ОК**.

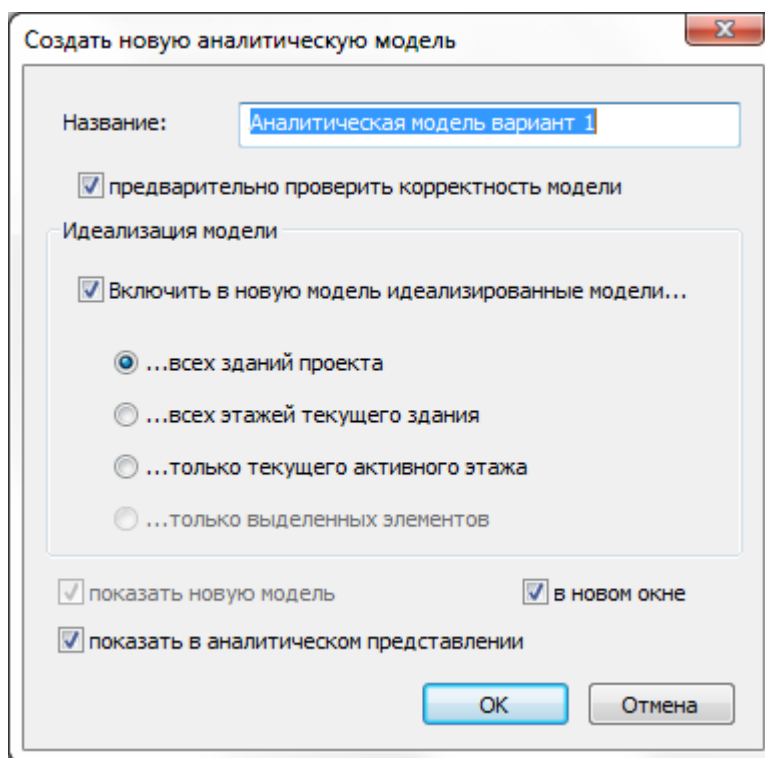
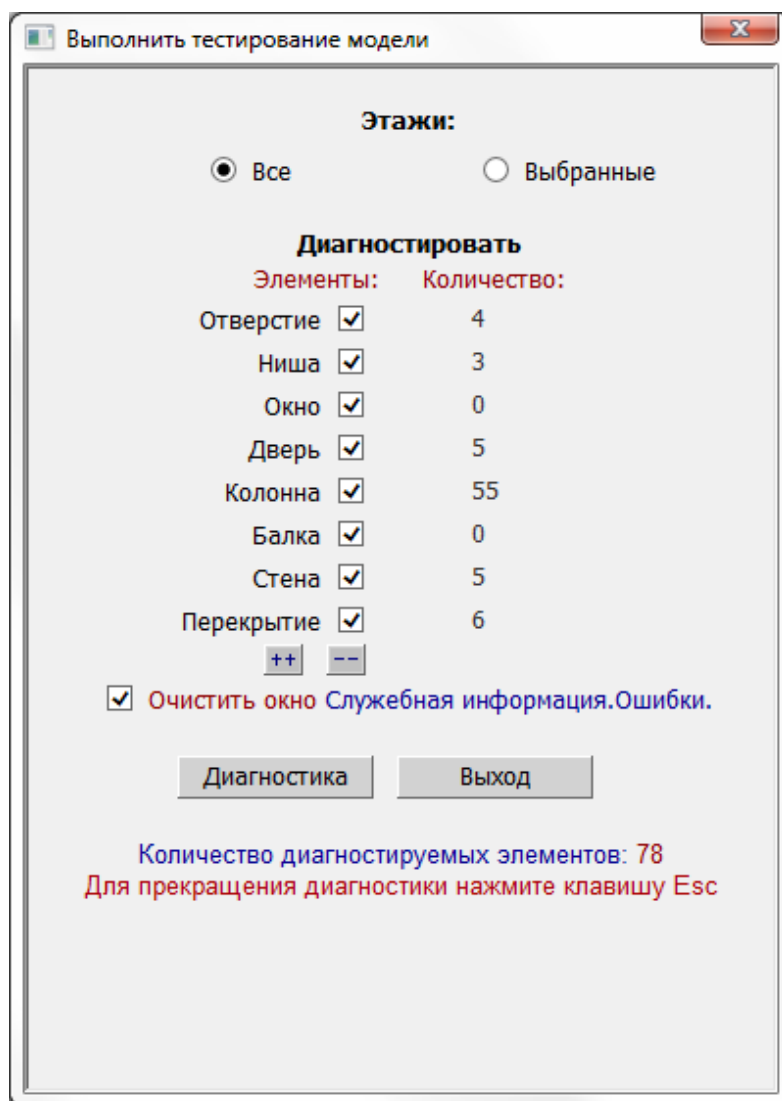


Рис.6.16. Диалоговое окно **Создать новую аналитическую модель**

- В открывшемся диалоговом окне **Выполнить тестирование модели** (рис.6.17) щелкните по кнопке **Диагностика**.

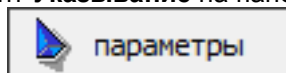
Рис.6.17. Диалоговое окно **Выполнить тестирование модели**

- По завершению диагностики в окне Служебной информации и в диалоговом окне Выполнить тестирование модели появится сообщение Ошибочных элементов не обнаружено.
- Выполните щелчок по кнопке Закреть, чтобы закрыть диалоговое окно и создать аналитическую модель.



После выполнения диагностики в окне **Служебная информация** на закладке **Ошибки** выводятся сообщения об ошибочных элементах в модели. При выполнении двойного щелчка по строке в окне **Служебной информации** происходит выделение ошибочного элемента.

- Выберите инструмент **Указывание** на панели **Инструменты**.



- Щелкните по кнопке **параметры** - **Параметры**.
- В открывшемся диалоговом окне **Параметры** выделите строку **L поиска**, мм и установите для нее значение **350**.
- Нажмите кнопку **ОК**, чтобы применить сделанные изменения и закрыть диалоговое окно.
- Для корректности дальнейшего поиска пересечений щелкните по кнопке – **Дотянуть края стержней и пластин до осевых непараллельных им элементов** и в появившемся диалоговом окне (рис.6.18) щелкните по кнопке **Да**.

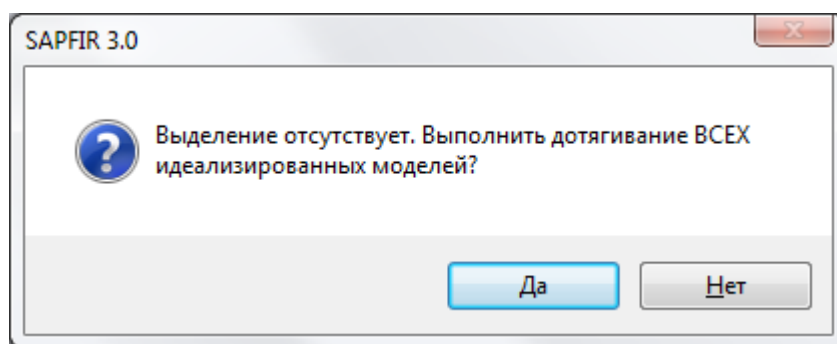


Рис. 6.18. Диалоговое окно SAPFIR 3.0

- Во избежание неточностей в модели выполните еще раз дотягивание элементов, повторив предыдущий пункт (рис.6.19).

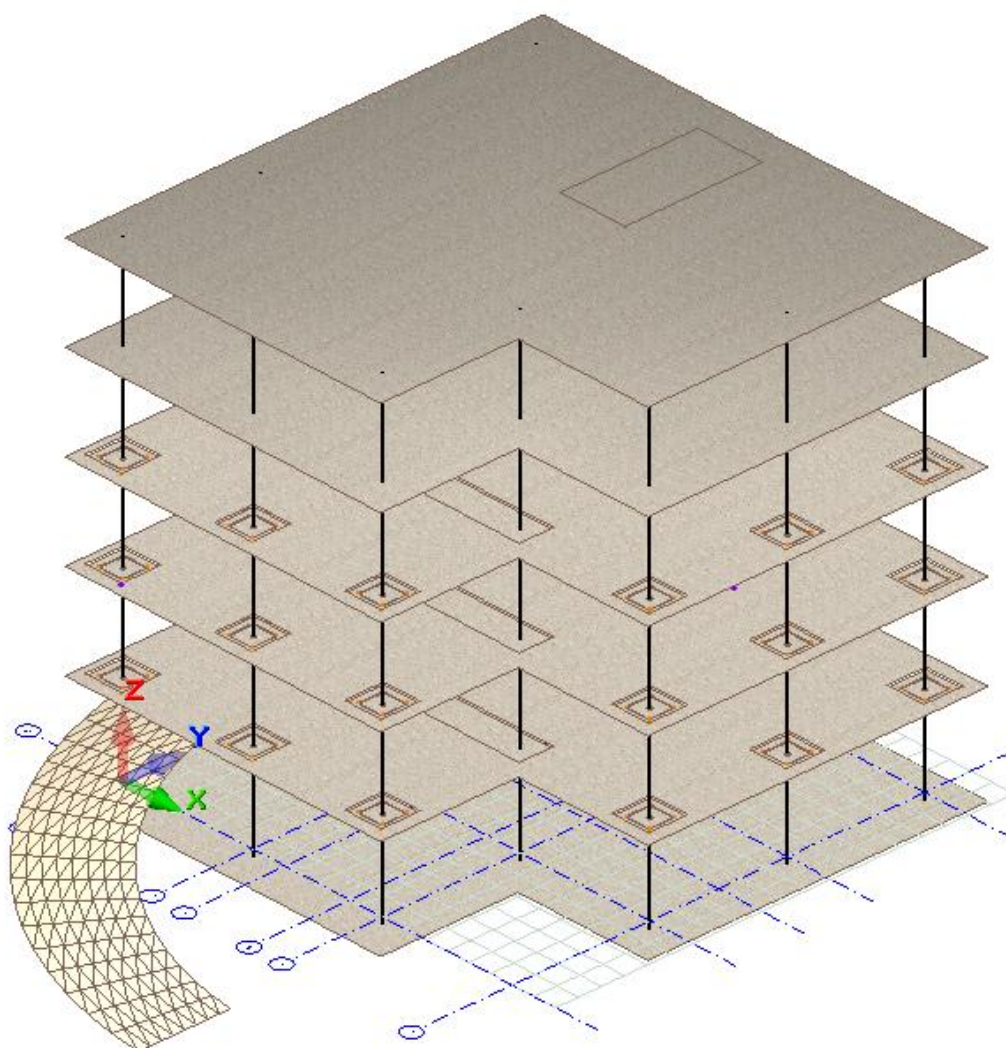


Рис.6.19. Аналитическая модель до пересечения стержней и пластин

- Для обеспечения совместной работы пластин и стержней щелкните по кнопке  - **Найти пересечения выделенных стержней и пластин** и в появившемся диалоговом окне (рис.6.20) щелкните по кнопке **Да** (рис.6.21).

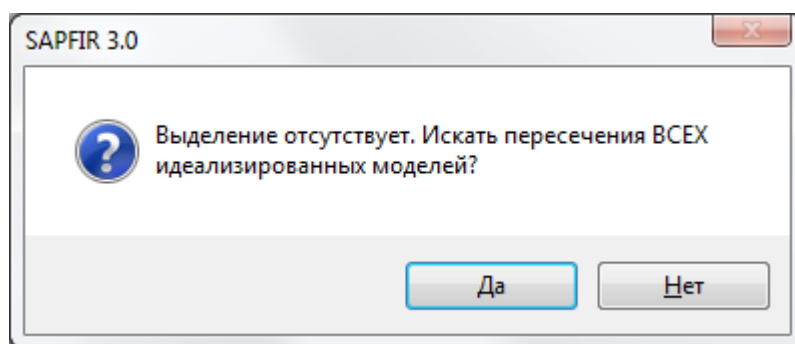


Рис.6.20. Диалоговое окно SAPFIR 3.0

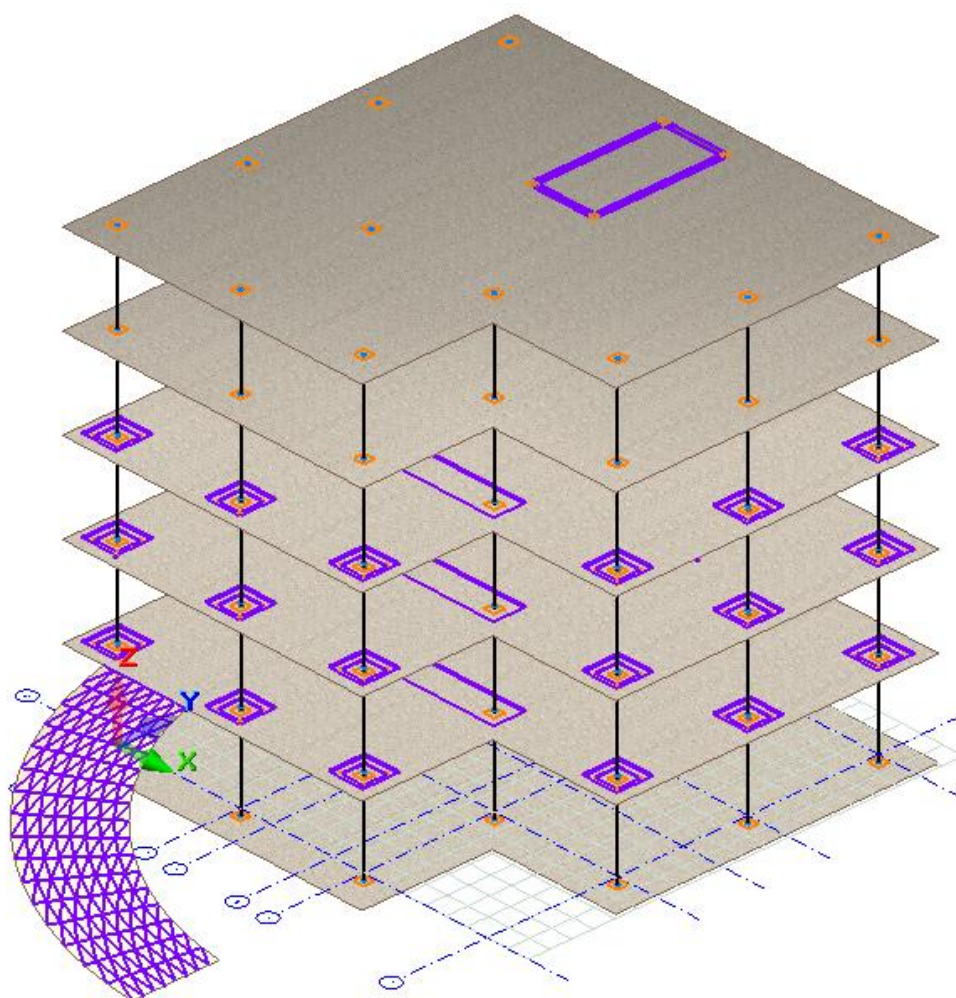





Рис.6.21. Аналитическая модель после пересечения стержней и пластин



После поиска пересечений стержней и пластин на модели каждое пересечение выражается следами пересекающихся объектов. Точки пересечения изображаются окружностью, а пересечения отрезки - линиями: на стержнях синего, на пластинах – фиолетового цвета. Абсолютно жесткие тела изображаются оранжевым цветом и имеют на пересекающей пластине форму поперечного сечения стержня (при пересечении стержней с пластинами) или форму пересекаемой пластины (при пересечении пластины с пластиной).

- Для отображения модели в проекции на плоскость YOZ воспользуйтесь меню **Вид** ⇒ **Проекции** ⇒ **Вид слева** (кнопка  на панели инструментов).
- На панели свойств инструмента **Указывание** в поле **Выбор объектов** щелкните по кнопке  - **Рамкой**.

- Выделите пандус путем растягивания вокруг него резиновой рамки. При нажатой правой кнопке мыши поверните модель и проверьте, чтобы все участки пандуса были выделены.
- Щелкните по кнопке  - **Настройка параметров триангуляции** в панели свойств инструмента **Указывание**.
- В открывшемся диалоговом окне **Настройки триангуляции** (рис.6.22) задайте следующие параметры разбивки на конечные элементы:
- В разделе **Триангуляция пластин** включите радио-кнопку – **адаптивная четырехугольная**;
- Задайте шаг разбивки пластин равным **5м**.
- Щелкните по кнопке **Назначить**, чтобы применить сделанные изменения и закрыть диалоговое окно.

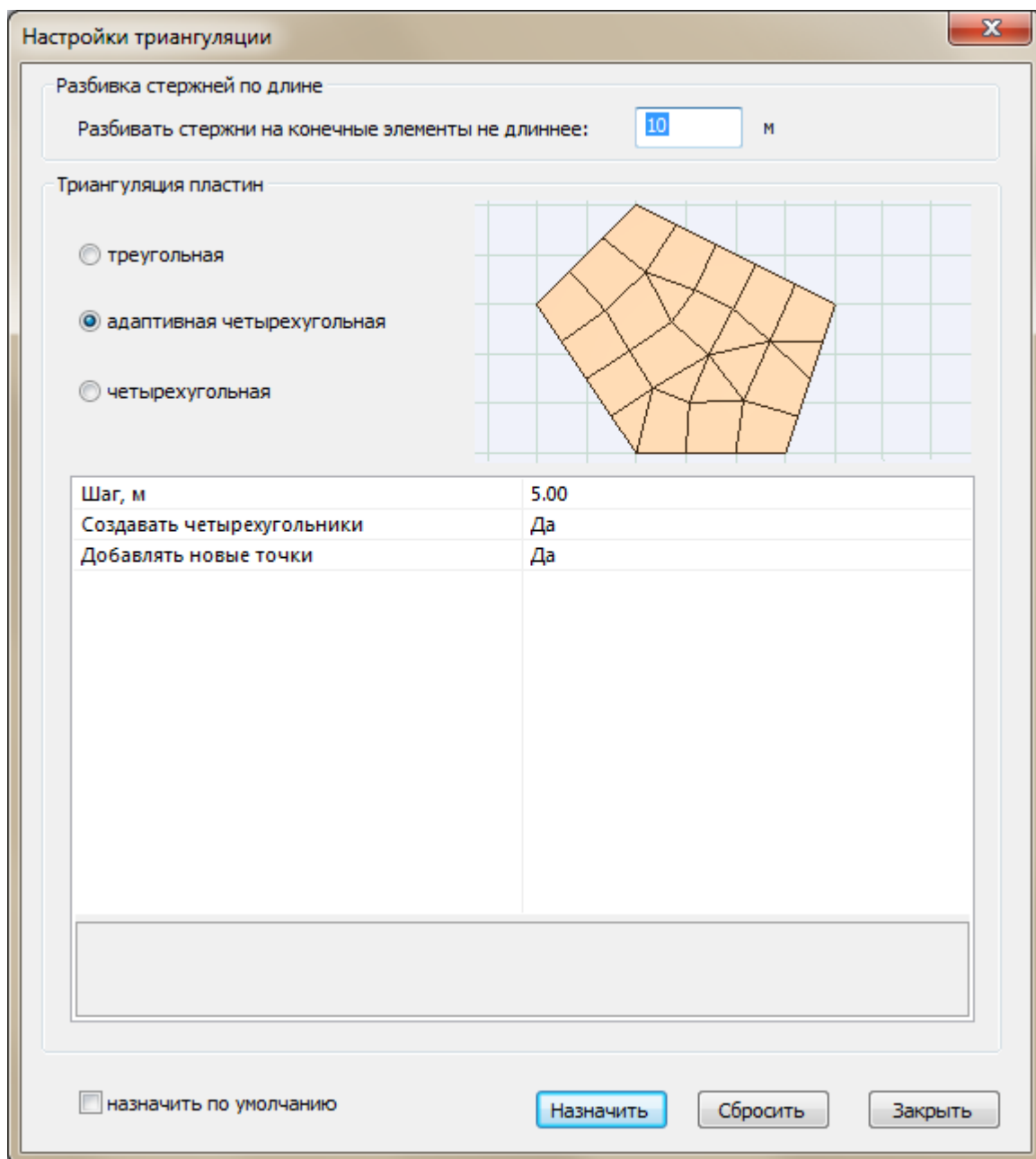










Рис. 6.22. Диалоговое окно **Настройки триангуляции**


- Для разбивки пандуса на конечные элементы щелкните по кнопке  - **Триангулировать выделенные стержни и пластины**.
- Нажмите клавишу **Esc** на клавиатуре, чтобы снять выделение с пандуса.
- Для отображения модели в проекции на плоскость YOZ воспользуйтесь **меню Вид ⇒ Проекция ⇒ Вид слева** (кнопка  на панели инструментов).

- На панели свойств инструмента **Указывание** в поле **Выбор объектов** щелкните по кнопке  - **Рамкой**.
- Выделите все элементы модели, кроме пандуса путем растягивания вокруг них резиновой рамки. При нажатой правой кнопке мыши поверните модель и проверьте, чтобы вся модель кроме пандуса была выделена.
- Щелкните по кнопке  - **Настройка параметров триангуляции** в панели свойств инструмента **Указывание**.
- В открывшемся диалоговом окне **Настройки триангуляции** включите радио-кнопку **адаптивная четырехугольная** и задайте шаг разбивки пластин равным **0.6м**.
- Щелкните по кнопке **Назначить**, чтобы применить сделанные изменения и закрыть диалоговое окно.
- Для разбивки на конечные элементы щелкните по кнопке  - **Триангулировать выделенные стержни и пластины**.
- Нажмите клавишу **Esc** на клавиатуре, чтобы снять выделение со стержней и пластин.


Этап 13. Задание параметров упругого основания

- При активном инструменте **Указывание** выделите пластину фундаментной плиты.
- Выполните щелчок по кнопке  и выберите из раскрывающегося списка вариант **Вся пластина**.
- Проверьте чтобы была выбрана опция **Накладывать связи и С1, С2**.
- В поле редактирования для коэффициента постели введите значение **С1=1000т/м³**.
- Установите флажки для **X** и **Y** и щелкните по кнопке  - **Назначить связи и С1, С2**.
- Нажмите клавишу **Esc** на клавиатуре, чтобы снять выделение с пластины фундаментной плиты.
- Для отображения изображения в проекции на горизонтальную плоскость XOY воспользуйтесь меню **Вид ⇒ Проекции ⇒ Вид сверху** (кнопка  на панели инструментов).
- На панели свойств инструмента **Указывание** в поле **Выбор объектов** щелкните по кнопке  - **Рамкой**.
- Выделите рамкой справа налево нижний ряд узлов пандуса.
- Выполните щелчок по кнопке  и выберите из раскрывающегося списка вариант **Низ пластин**.
- Установите флажок для **Z** и щелкните по кнопке  - **Назначить связи и С1, С2**.
- Нажмите клавишу **Esc** на клавиатуре, чтобы снять выделение с узлов пандуса.

Этап 14. Создание файла для ПК ЛИРА-САПР 2013



- Чтобы сохранить конечно-элементную схему для дальнейшего расчета в ПК ЛИРА-САПР щелкните по кнопке  – **Сохранить аналитическую модель для ПК ЛИРА-САПР**.
- В появившемся диалоговом окне **Сохранить как**, при выбранной папке **Data**, заданном типе файла **Задача ПК ЛИРА-САПР 2013 (*.s2l)** и имени файла **Пример6**, щелкните по кнопке **Сохранить**.
- После выполнения сохранения файла в окне **Служебная информация** появится сообщение **Для части нагрузки не найдены конечные элементы, к которым она приложена. Потеряно 4.58%**. (потерянная часть нагрузки располагается над проемом лестничной клетки).
- Воспользуйтесь меню **Файл ⇒ Сохранить**, чтобы сохранить модель САПФИР.

Этап 15. Импорт расчетной схемы в ПК ЛИРА-САПР

- Для того чтобы начать работу с **ПК ЛИРА-САПР**, выполните следующие команды Windows:
- **Пуск ⇒ Программы ⇒ LIRA SAPR ⇒ ЛИРА-САПР 2013 ⇒ ЛИРА-САПР 2013**.
- Для импорта файла, созданного в программе **САПФИР-КОНСТРУКЦИИ**, в системе **ВИЗОР-САПР** нужно открыть диалоговое окно **Импорт данных из файлов *#00.*, *.txt, *.dxf**. Для этого в меню приложения **Файл** в раскрывающемся списке пункта **Импортировать задачу** выберите команду  – **Файлы S2L (САПФИР)(*.s2l)**.

- В этом диалоговом окне при выбранном типе файлов **Файлы S2L (САПФИР)(*.s2l)** перейдите в папку, в которой находится файл, созданный в результате экспорта (папка **Data**).
- Выделите файл **Пример6** и щелкните по кнопке **Открыть**.

Этап 16. Задание вариантов конструирования

- Вызовите диалоговое окно **Варианты конструирования** (рис.6.23) щелчком по кнопке  – **Варианты конструирования** (панель **Конструирование** на вкладке **Расширенное редактирование**).
- В этом диалоговом окне задайте параметры для первого варианта конструирования:
- В раскрывающемся списке **Расчет сечений по:** выберите строку **Усилия**;
- Остальные параметры принимаются по умолчанию.
- После этого щелкните по кнопке  – **Применить**.

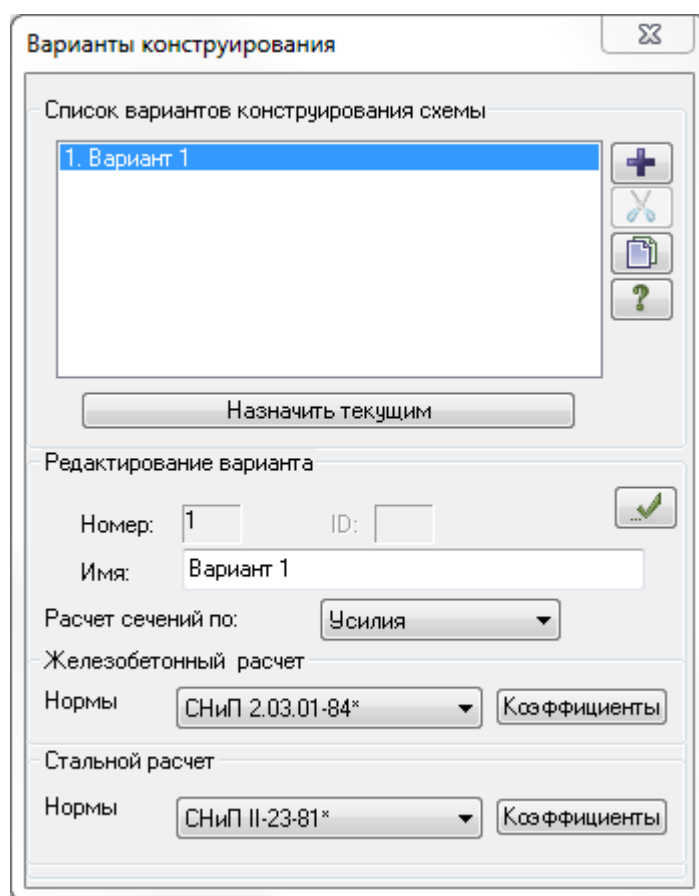



Рис.6.23. Диалоговое окно **Варианты конструирования**

- Закройте диалоговое окно **Варианты конструирования** щелчком по кнопке  – **Заккрыть**.

Этап 17. Задание параметров материалов элементам схемы

Задание материалов для железобетонных конструкций

- Щелчком по кнопке  – **Жесткости и материалы** (панель **Жесткости и связи** на вкладке **Создание и редактирование**) вызовите диалоговое окно **Жесткости и материалы**.
- В этом диалоговом окне щелкните по второй закладке **Ж/Б (Задание параметров для железобетонных конструкций)** (рис.6.24).

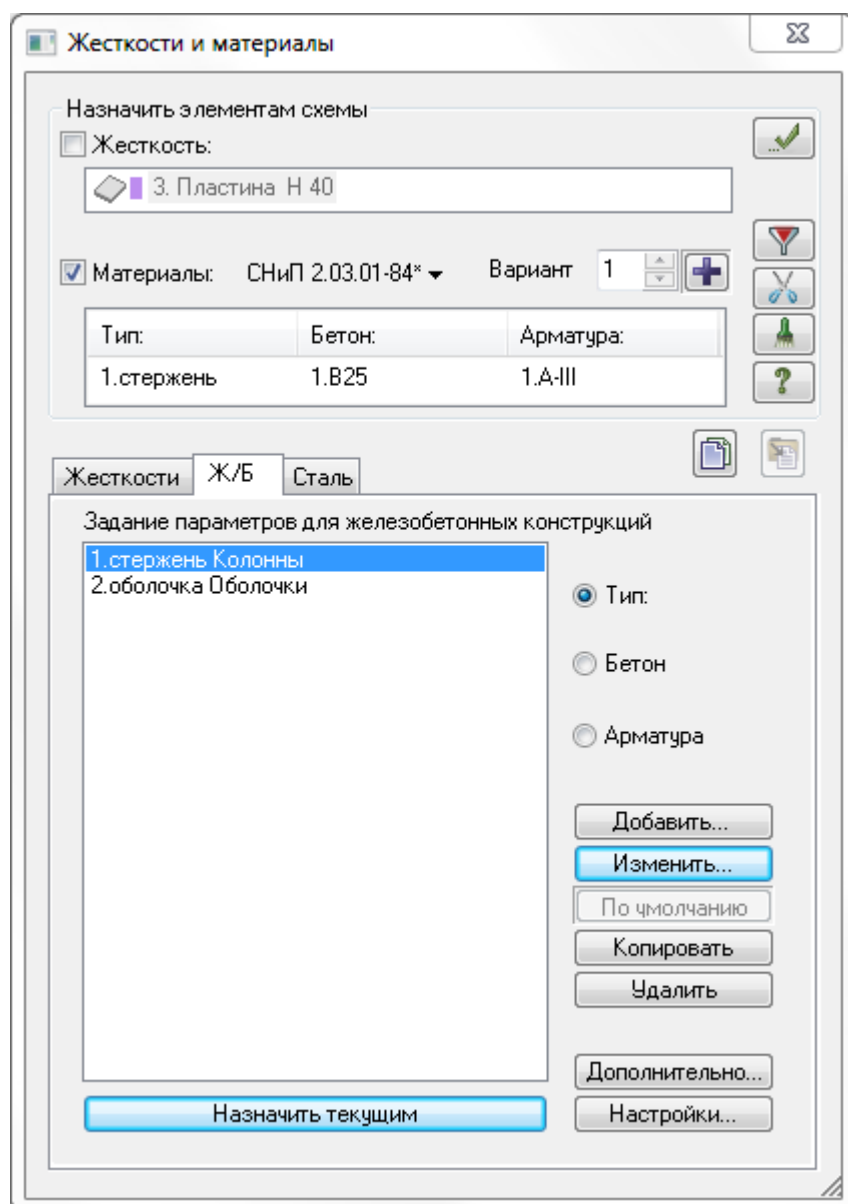


Рис.6.24. Диалоговое окно Жесткости и материалы




- После этого включите радио-кнопку **Тип** и щелкните по кнопке **Добавить**.
- На экран выводится диалоговое окно **Общие характеристики** (рис.6.25), в котором задайте следующие параметры для колонн:
 - в раскрывающемся списке **Модуль армирования** выберите строку **Стержень**;
 - в поле **Армирование** выберите тип армирования **Симметричное**;
 - в поле **Конструктивные особенности стержней** включите радио-кнопку **Колонна рядовая** и снимите флажок **Не учитывать конструктивные требования**;
 - в поле **Расчет по предельным состояниям II-й группы** включите радио-кнопку **Диаметр**;
 - в раскрывающемся списке выберите строку соответствующую диаметру арматуры **25 мм**;
 - в поле **Длина элемента, Расчетные длины** включите радио-кнопку **Коэффициент расчетной длины**;
 - задайте параметры **LY = 0.7, LZ = 0.7**;
 - в строке **Комментарий** задайте **Колонны**;
 - все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.
- После этого щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

Рис.6.25. Диалоговое окно **Общие характеристики**

- Система возвращается к диалоговому окну **Жесткости и материалы**, в котором снова щелкните по кнопке **Добавить**.
- В новом окне **Общие характеристики** задайте следующие параметры для пластинчатых элементов:
 - в раскрывающемся списке **Модуль армирования** выберите строку **Оболочка**;
 - в строке **Комментарий** задайте **Оболочки**;
 - все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.
- После этого щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.
- В диалоговом окне **Жесткости и материалы** включите радио-кнопку **Бетон**.
- Щелкните по кнопке **Добавить**.
- На экран выводится диалоговое окно **Характеристики бетона** (рис.6.26), в котором для ввода данных щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

Характеристики бетона

Класс бетона: B25

Вид бетона: тяжелый

Марка легкого бетона по средней плотности D: 800

Случайные эксцентриситеты

По высоте сечения EY: 0 см

По ширине сечения EZ: 0 см

Условия твердения

☒ естественное твердение ☐ тепловая обработка ☐ автоклавная обработка

Условия эксплуатации конструкции

☒ обычные условия ☐ благоприятные для нарастания прочности бетона

Коэффициенты условий работы

Произведение коэффициентов из т. 15 СНиП 2.03.01-84* (кроме Yb2 и Yb4): 1


Значения

	Значение
Class	B25
Rb	1480.00 т/м**2
Rbt	107.00 т/м**2
Rbn	1890.00 т/м**2
Rbtn	163.00 т/м**2
Eb	3060000.00 т/м**2

Комментарий: Характеристики бетона

Принять по умолчанию ? X ✓

Рис.6.26. Диалоговое окно Характеристики бетона

- В диалоговом окне **Жесткости и материалы** включите радио-кнопку **Арматура**.
- Щелкните по кнопке **Добавить**.
- На экран выводится диалоговое окно **Характеристики арматуры** (рис.6.27), в котором в раскрывающемся списке **Максимальный диаметр арматурных стержней** выберите строку соответствующую диаметру арматуры **25 мм**.
- Для ввода данных щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

Характеристики бетона

Класс бетона: B25

Вид бетона: тяжелый

Марка легкого бетона по средней плотности D: 800

Случайные эксцентриситеты

По высоте сечения EY: 0 см

По ширине сечения EZ: 0 см

Условия твердения

☒ естественное твердение ☐ тепловая обработка ☐ автоклавная обработка

Условия эксплуатации конструкции

☒ обычные условия ☐ благоприятные для нарастания прочности бетона

Коэффициенты условий работы

Произведение коэффициентов из т. 15 СНиП 2.03.01-84* (кроме γ_{b2} и γ_{b4}): 1




Значения

	Значение
Class	B25
Rb	1480.00 т/м**2
Rbt	107.00 т/м**2
Rbn	1890.00 т/м**2
Rbtn	163.00 т/м**2
Eb	3060000.00 т/м**2

Комментарий: Характеристики бетона

Принять по умолчанию ? X ✓

Рис.6.27. Диалоговое окно Характеристики арматуры

- Назначение материалов элементам схемы
- Щелкните по кнопке  – **Отметка элементов** в раскрывающемся списке **Отметка элементов** на панели инструментов **Панель выбора** (по умолчанию находится в нижней области рабочего окна).
- С помощью курсора выделите все элементы схемы.
- В диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке  – **Применить**.
- В появившемся диалоговом окне с предупреждением щелкните по кнопке **ОК**.
- В диалоговом окне **Жесткости и материалы** включите радио-кнопку **Тип** и в списке типов общих свойств материалов для железобетонных конструкций выделите курсором строку **1.стержень 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).
- Затем в диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке  – **Применить**.



ПК САПФИР автоматически выполняет необходимое согласование осей для плит перекрытия и диафрагм.

Этап 18. Редактирование монтажной таблицы



- Щелчком по кнопке – **Стадии монтажа** (панель **Монтаж** на вкладке **Расчет**) вызовите диалоговое окно **Моделирование нелинейных нагружений конструкции** (рис.6.28).
- В этом окне перейдите на закладку **Доп. Загружения**.
- Выделите строку соответствующую пятой стадии монтажа в поле **История**.
- В таблице **Коэффициенты учета дополнительных нагружений** задайте коэф. для 6-го нагружения равным 1 и для 7-го нагружения равным 1.
- Щелкните по кнопке – **Применить**.

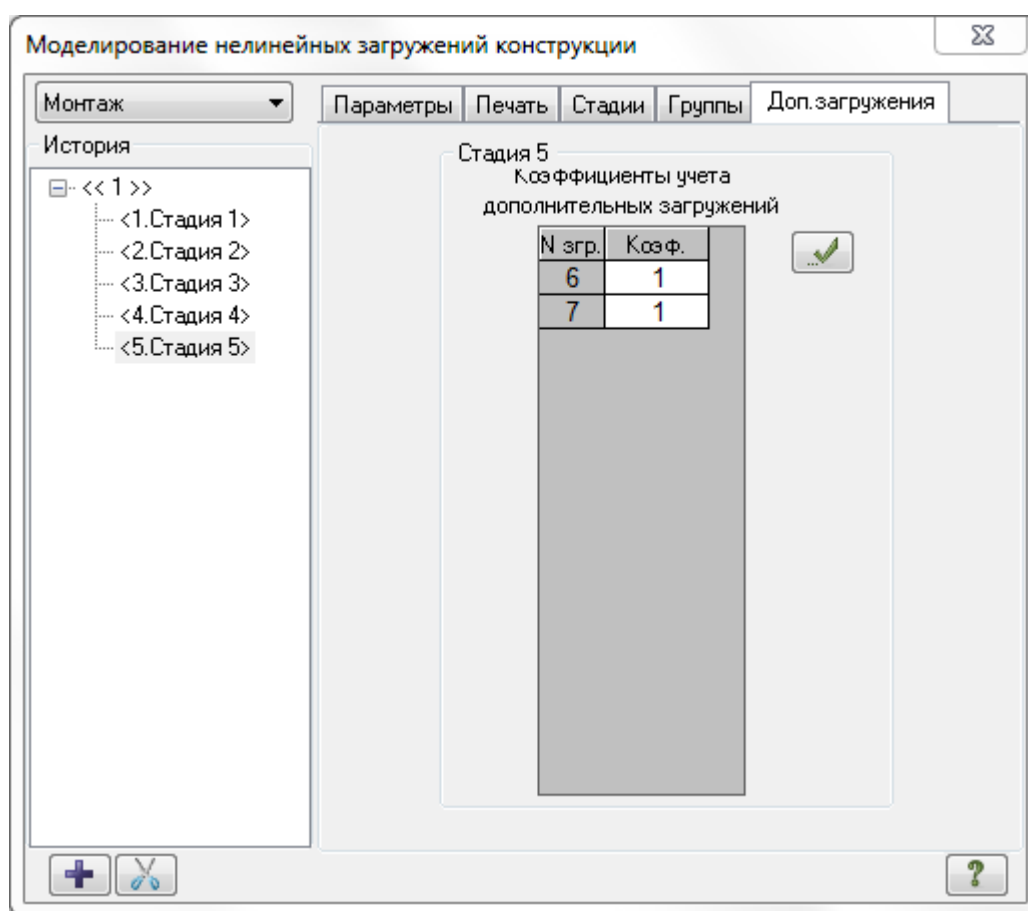


Рис.6.28. Диалоговое окно **Моделирование нелинейных нагружений конструкции**

Этап 19. Полный расчет схемы



- Запустите задачу на расчет щелчком по кнопке – **Выполнить расчет** (панель **Расчет** на вкладке **Расчет**.)
- В появившемся диалоговом окне **Выполнить отмеченные этапы расчета и/или конструирования** (рис.6.29) щелкните по кнопке **Подтвердить**.

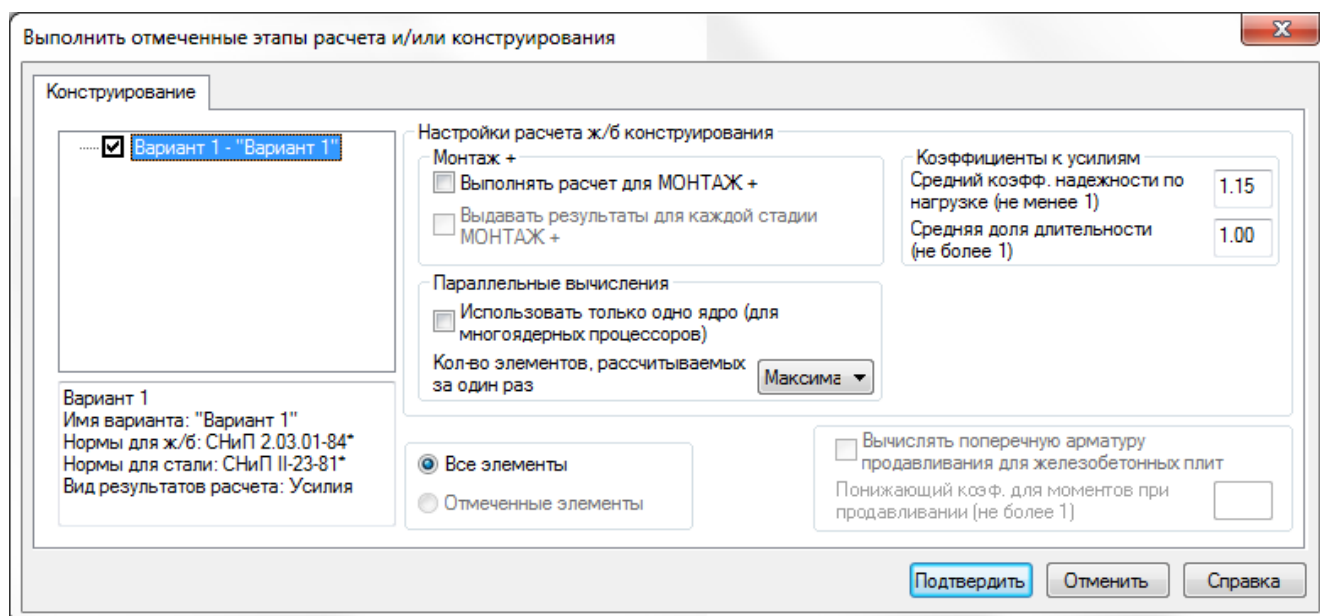



Рис.6.29. Диалоговое окно **Выполнить отмеченные этапы расчета и/или конструирования**





Этап 20. Просмотр и анализ результатов статического расчета




После расчета задачи, просмотр и анализ результатов статического и динамического расчетов осуществляется на вкладке **Анализ**.

- В режиме просмотра результатов расчета по умолчанию расчетная схема отображается с учетом перемещений узлов для первой стадии монтажа. Для отображения схемы без учета перемещений узлов щелкните по кнопке  – **Исходная схема** (панель **Деформации** на вкладке **Анализ**).



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 **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 усилий** (панель **Усилия в стержнях** 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 второй стадии монтажа и щелкните по кнопке  – **Применить**.



Вывод на экран изополей перемещений

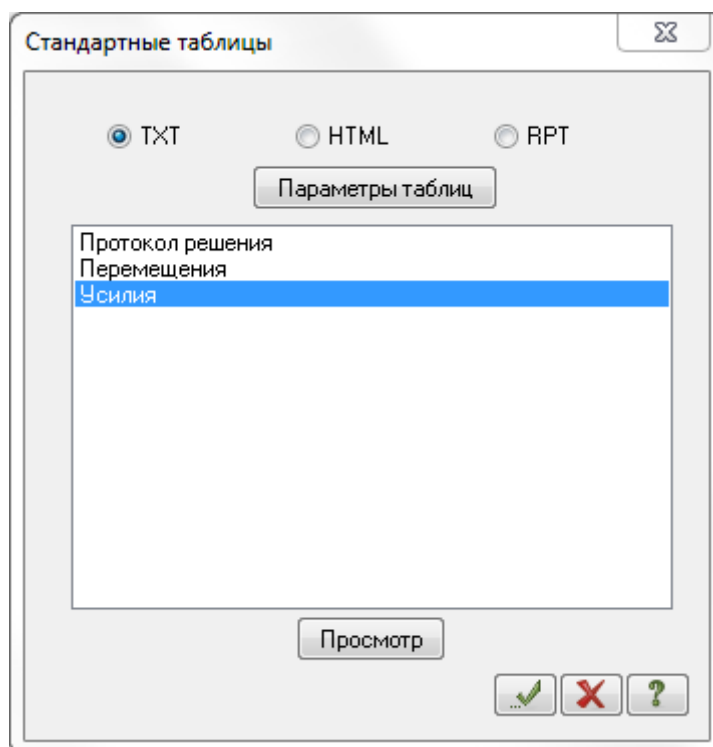
- Чтобы вывести на экран изополя перемещений по направлению Z, выберите команду  – **Изополя перемещений в глобальной системе** в раскрывающемся списке **Мозаика/изополя перемещений** и после этого щелкните по кнопке  – **Изополя перемещений по Z** (панель Деформации на вкладке Анализ).


Вывод на экран мозаик напряжений

- Чтобы вывести на экран мозаику напряжений по Mx, выберите команду  – **Мозаика напряжений** в раскрывающемся списке **Мозаика/изополя напряжений** и после этого щелкните по кнопке  – **Мозаика напряжений по Mx** (панель Напряжения в пластинах и объемных КЭ на вкладке Анализ).
- Для отображения мозаики напряжений по Nx, щелкните по кнопке  – **Мозаика напряжений по Nx** (панель Напряжения в пластинах и объемных КЭ на вкладке Анализ).

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 **Стандартные таблицы** (рис. 6.30) выделите строку **Усилия**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить** (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**).

Рис.6.30. Диалоговое окно **Стандартные таблицы**

- В новом окне **Выбор загрузки** (рис.6.31), при активной строке **Все загрузки**, щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

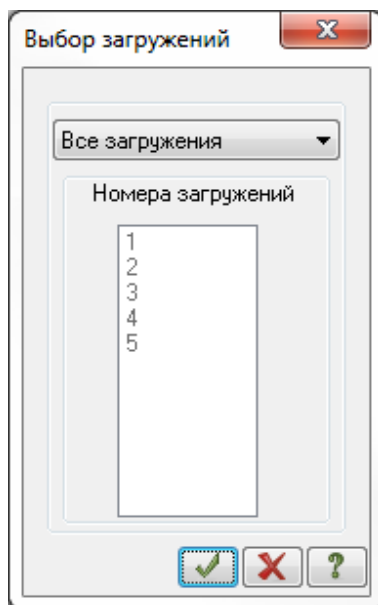








Рис.6.31. Диалоговое окно **Выбор загрузки**


- Для того чтобы закрыть таблицу, выполните пункт меню **Файл** ⇒ **Закрыть**.

Этап 21. Просмотр и анализ результатов конструирования





После расчета задачи, просмотр и анализ результатов конструирования осуществляется на вкладке **Конструирование**.

- Просмотр результатов армирования
- Для просмотра информации о выбранной арматуре в одном из 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**.
- Для установки режима отображения симметричного армирования в сечениях стержней, выберите команду  – **Симметричное армирование** в раскрывающемся списке **Армирование** (панель **Стержни** на вкладке **Конструирование**).
- Чтобы посмотреть мозаику отображения площади продольной арматуры в нижнем левом угле сечения стержня AU1, щелкните по кнопке  – **Угловая арматура AU1** (панель **Стержни** на вкладке **Конструирование**).
- Чтобы посмотреть мозаику отображения площади продольной арматуры в нижнем правом угле сечения стержня AU2, щелкните по кнопке  – **Угловая арматура AU2** (панель **Стержни** на вкладке **Конструирование**).
- Чтобы посмотреть мозаику отображения площади нижней арматуры в пластинах по направлению оси X1, щелкните по кнопке  – **Нижняя арматура в пластинах по оси X1** (панель **Пластины** на вкладке **Конструирование**).

- Чтобы посмотреть мозаику отображения площади нижней арматуры в пластинах по направлению оси Y1, щелкните по кнопке  – **Нижняя арматура в пластинах по оси Y1** (панель **Пластины** на вкладке **Конструирование**).

Формирование и просмотр таблиц результатов подбора арматуры

- После щелчка по кнопке  – **Отметка вертикальных стержней** на панели инструментов **Панель выбора** с помощью курсора выделите все элементы колонн.
- Вызовите диалоговое окно **Таблицы результатов** (рис.6.32), выбрав команду  – **Таблицы результатов для ЖБ** в раскрывающемся списке **Документация** (панель **Таблицы** на вкладке **Конструирование**).
- В этом окне в поле **Элементы** включите кнопку **Арматура в стержнях** (по умолчанию в поле **Создать таблицу** включена радио-кнопка **для всех элементов**, а в поле **Формат таблиц** включена радио-кнопка **Текстовые**).
- Щелкните по кнопке **Таблицу на экран** (для создания таблиц результатов подбора арматуры в формате HTML нужно включить радио-кнопку **HTML**. Для создания таблиц в других форматах нужно включить соответствующую радио-кнопку).

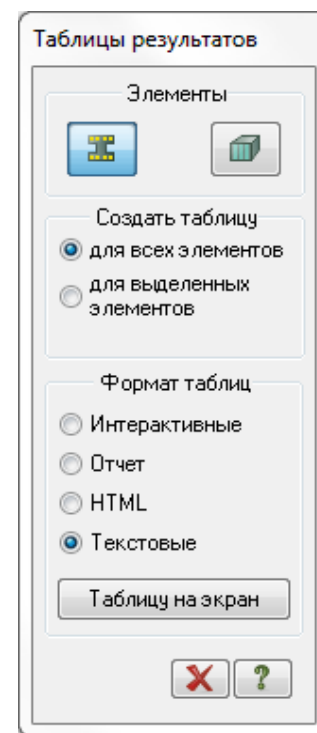



Рис.6.32. Диалоговое окно **Таблицы результатов**

Этап 22. Экспорт результатов армирования плит перекрытий в САПФИР

- Для экспорта результатов армирования плит перекрытия в системе **ВИЗОР-САПР** нужно открыть диалоговое окно **Экспорт в САПФИР результатов армирования**. Для этого откройте меню приложения **Файл** и выберите пункт  – **Экспорт в САПФИР**.
- В этом диалоговом окне, при выбранном типе файлов **Результаты армирования для САПФИР(*.asp)**, заданном имени файла **Пример6** и выбранной папке, в которую будет сохранен файл, созданный в результате экспорта (по умолчанию папка **Data**), щелкните по кнопке **Сохранить**.

Этап 23. Импорт результатов расчета арматуры в систему САПФИР-ЖБК



Для того чтобы продолжить работу с ПК **САПФИР**, выполните следующие команды Windows:

Пуск ⇒ Программы ⇒ LIRA SAPR ⇒ ЛИРА-САПР 2013 ⇒ САПФИР 2013.


Для того чтобы продолжить работу с примером воспользуйтесь меню **Файл ⇒ Открыть**. В открывшемся диалоговом окне **Открыть** выберите папку, в которую вы выполняли сохранение задачи (по умолчанию используется папка **Data**). Выделите строку с именем задачи **пример6.spf** и щелкните по кнопке **Открыть**.

Импорт результатов КЭ расчета

- В ПК **САПФИР** при открытой модели **пример6** в служебном окне **Виды** выполните двойной щелчок левой кнопкой мыши по строке **Общий вид**.
- Воспользуйтесь меню **Вид ⇒ Показать всю модель** (двойной щелчок средней кнопкой мыши в графической области), чтобы увидеть отображение всей модели на экране.

- Выделите плиту перекрытия между четвертым и пятым этажами, выполнив щелчок левой кнопкой мыши в грань плиты.
- В панели свойств инструмента **Плита** щелкните по кнопке  - **Армирование плиты перекрытия**.
- Система откроет новую закладку окна под названием **пример6.spf:Перекрытие на отм.+16,000** с опалубочным чертежом плиты перекрытия и переключится на вид сверху.
- Щелкните по кнопке  - **Импортировать результаты КЭ расчета** на панели свойств инструмента **Армирование** для импорта результатов расчета арматуры.
- В открывшемся диалоговом окне **Загрузка результатов расчета армирования** выделите строку **пример6.asp** и нажмите кнопку **Открыть**.
- Во время импорта результатов расчета армирования в окне **Служебной информации** отображаются следующие данные:
 - нормативный документ, согласно которому был проведен расчет – **СНиП 2.03.01-84***;
 - вид расчета сечений – **Усилия**;
 - номер варианта конструирования – **Вариант 1**;
 - количество КЭ, которые геометрически соотнесены с армируемой плитой перекрытия – **1225 (из 8950)**;
 - класс бетона – **B25**;
 - класс арматуры – **A-III**.

Настройка шкалы армирования

- Щелкните по кнопке  - **Настройка шкалы армирования** на панели свойств инструмента **Армирование**.
- В открывшемся диалоговом окне **Настройка шкалы армирования** (рис.6.33) выполните щелчок правой кнопкой мыши в области окна.

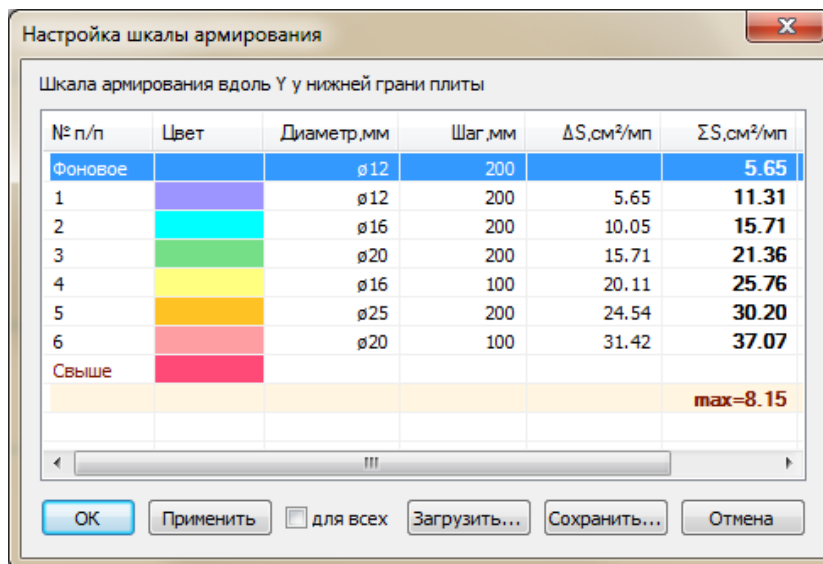


Рис.6.33. Диалоговое окно **Настройка шкалы армирования**

- В появившемся контекстном меню выберите пункт **Цвета DT(M) ДАКК**.
- Установите флажок **Для всех**.
- Щелкните по кнопке **ОК**, чтобы применить сделанные изменения и закрыть диалоговое окно (рис.6.34).



В диалоговом окне **Настройка шкалы армирования** сложная шкала позволяет варьировать диаметрами и шагом для фоновое и дополнительное армирования, создавать новые комбинации диаметра и шага арматуры и удалять существующие. Настроенная шкала может быть сохранена в файл и в дальнейшем загружена в другие проекты.

Перекрытие на отм.+16,000

Схема расположения нижней арматуры вдоль цифровых осей

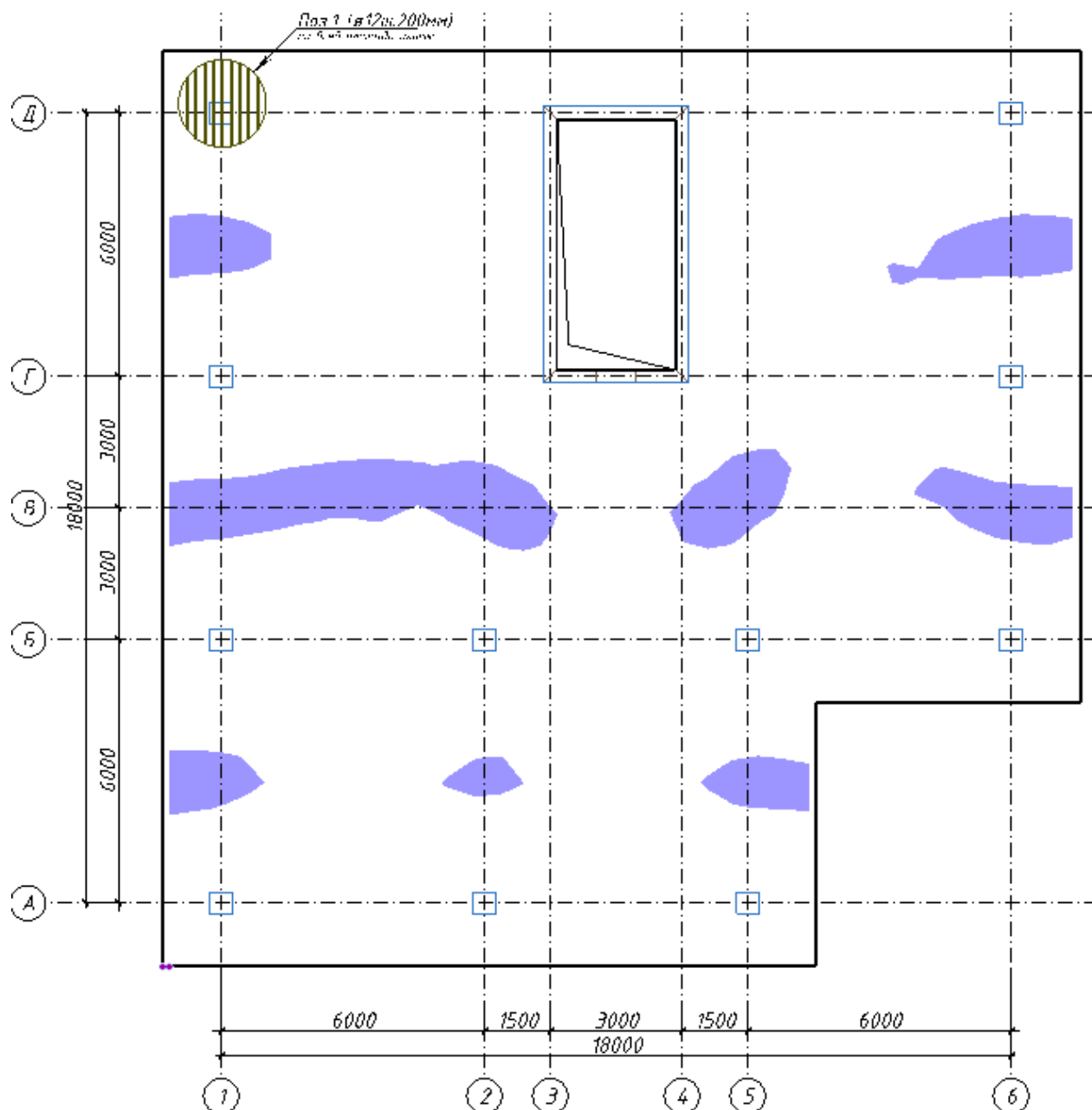


Рис.6.34. Изополя площадей армирования у нижней грани плиты вдоль оси Y.

Этап 24. Расположение на схеме участков дополнительного армирования

Расчет длины анкеровки

- Для расчета длины анкеровки воспользуйтесь меню **Сервисы** ⇒ **Анкеровка**.
- В открывшемся диалоговом окне **Анкеровка ненапрягаемой арматуры** (рис.6.35) задайте следующие данные:
 - выберите из раскрывающегося списка **класс бетона В25**;
 - выберите из раскрывающегося списка **диаметр арматуры 12мм**;
 - щелкните по кнопке **Расчет**.
- Щелкните по кнопке **ОК**, чтобы закрыть диалоговое окно.

Анкеровка ненапрягаемой арматуры

Нормы: СНиП 2.03.01-84*

Вид бетона: Тяжелый и мелкозернистый

☐ Мелкозернистый бетон группы Б

Класс бетона: B25 Rb: 14.5 МПа

Класс арматуры: A-III d=6...40 Rs: 365 МПа

Диаметр: 12 мм Профиль арматуры: Периодический

Отношение необходимой по расчету и фактической площади сечения арматуры: $A_s \text{ расч.} / A_s \text{ факт.} = 1$

$A_s \text{ расч.} = 2.54469 \text{ см}^2$
 $A_s \text{ факт.} = 2.54469 \text{ см}^2$

Условия работы ненапрягаемой арматуры:

- ☒ Заделка растянутой арматуры в растянутом бетоне
- ☐ Заделка скатой или растянутой арматуры в скатом бетоне
- ☐ Стыки арматуры внахлестку в растянутом бетоне
- ☐ Стыки арматуры внахлестку в скатом бетоне

$\omega_{an} = 0.7$
 $\Delta \lambda_{an} = 11$
 Не менее: $\lambda_{an} = 20$
 $l_{an} = 250 \text{ мм}$
 $\lambda_{an} d = 240 \text{ мм}$

10d: 120 мм

По формуле: $\lambda_{an} = 28.6207$
 $l_{an} = 343.448 \text{ мм}$

Длина анкеровки: $l_{an} = 343 \text{ мм}$

Расчет

Отмена ОК

Рис.6.35. Диалоговое окно Анкеровка ненапрягаемой арматуры

- Щелкните по кнопке **Параметры** на панели свойств инструмента **Армирование**.
- В открывшемся диалоговом окне **Параметры создаваемого объекта** выделите строку **Длина анкеровки** и задайте для нее значение **340мм**.
- Щелкните по кнопке **ОК**, чтобы применить сделанные изменения и закрыть диалоговое окно.




По умолчанию, все зоны диафрагм получают начальное значение длины анкеровки согласно назначенному диаметру. Значение длины анкеровки берется из таблицы **Набор арматурных стержней** (меню **Настройки** ⇨ **Арматура**). Вы можете создать свой пользовательский набор арматурных стержней и настроек для него, сохранить его в файл. Пользовательский набор может использоваться в дальнейшем в других проектах.

Раскладка прямоугольных зон дополнительного армирования



- На панели свойств инструмента **Армирование** в поле **Расположение** щелкните по кнопке - **Нижняя арматура вдоль Y** для выбора направления, по которому будет происходить раскладка арматуры.
- В поле **данные из расчета** щелкните по кнопке - **Недоармированные участки** для выбора способа визуализации остаточной площади армирования.
- Проконтролируйте, чтоб в поле **Форма** была выбрана форма - **Прямоугольник (дополнительное)** для зоны дополнительного армирования.
- В поле **Расположение** щелкните кнопку - **Обрезать по месту**, чтобы обозначить, что данный участок дополнительного армирования будет обрезаться.



При включенном режиме  - **Получить из модели САПФИР-ЖБК** автоматически получает из мозаики или изополей площади армирование тот диаметр, который необходим по расчету, чтобы покрыть данный участок армирования.

- Расположите в пролетах между осями **А-Б, Г-Д** прямоугольные участки армирования таким образом чтобы покрыть все пятно дополнительного армирования (при включенном режиме визуализации **Недоармированные участки**, как только пятно перекрывается дополнительным армированием, оно перестает отображаться на опалубочном чертеже). Для расположения прямоугольного участка дополнительного армирования необходимо указать две точки – две вершины прямоугольника по диагонали.

Раскладка косоугольных зон дополнительного армирования

- На панели свойств инструмента **Армирование** в поле **Форма** щелкните по кнопке  - **Параллелограмм (дополнительное)**.
- Щелкните по кнопке  - **Обрезать по месту**, чтобы отключить опцию обозначения обреза данного участка.
- Расположите на оси **В** в пролете между осями **4-5** (рис.6.36) косоугольный участок дополнительного армирования таким образом, чтобы покрыть все пятно дополнительного армирования (для расположения косоугольного участка необходимо указать три точки: первую и вторую точку параллелограмма по диагонали и угол поворота).
- Расположите остальные зоны армирования согласно схеме расположения арматуры (рис.6.36) способами описанными выше.

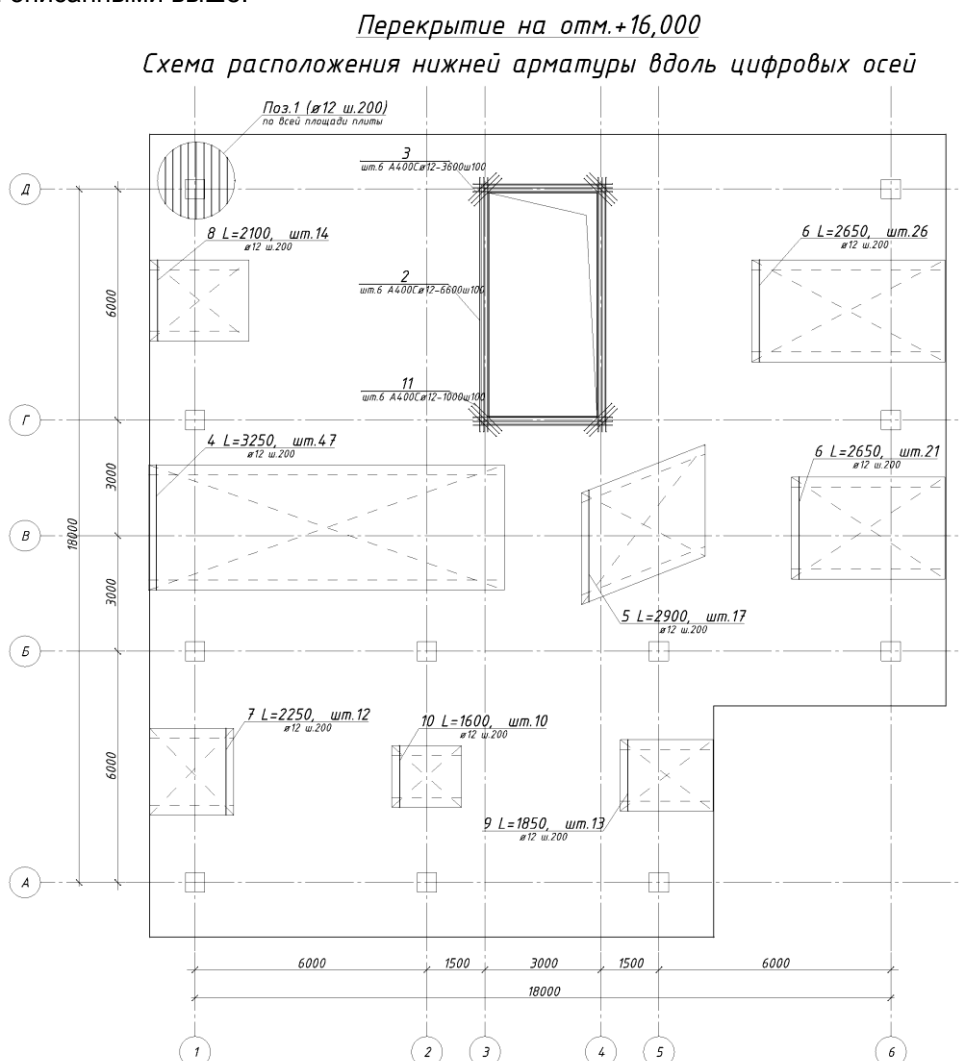






Рис.6.36. Схема расположения нижней арматуры по направлению Y

Этап 25. Обрамление отверстия в плите перекрытия

Обрамление отверстия

- При активном инструменте **Указывание** выделите отверстие в плите перекрытия.
- Выберите инструмент  **Детали** на панели **Инструменты**.
- Выполните щелчок по кнопке  - **Обрамление отверстия** на панели свойств инструмента **Детали**.
- В открывшемся диалоговом окне **Обрамление отверстия** (рис.6.37) введите следующие данные:
 - для прямых стержней шаг S , мм – 100;
 - выполните щелчок по кнопке  - **Одинаковые параметры**;
 - для прямых стержней по диагонали шаг S , мм – 100;
 - выполните щелчок по кнопке  - **П-элементы**, чтобы отключить размещение П-элементов.
- Выполните щелчок по кнопке **ОК**, чтобы применить сделанные изменения и закрыть диалоговое окно.

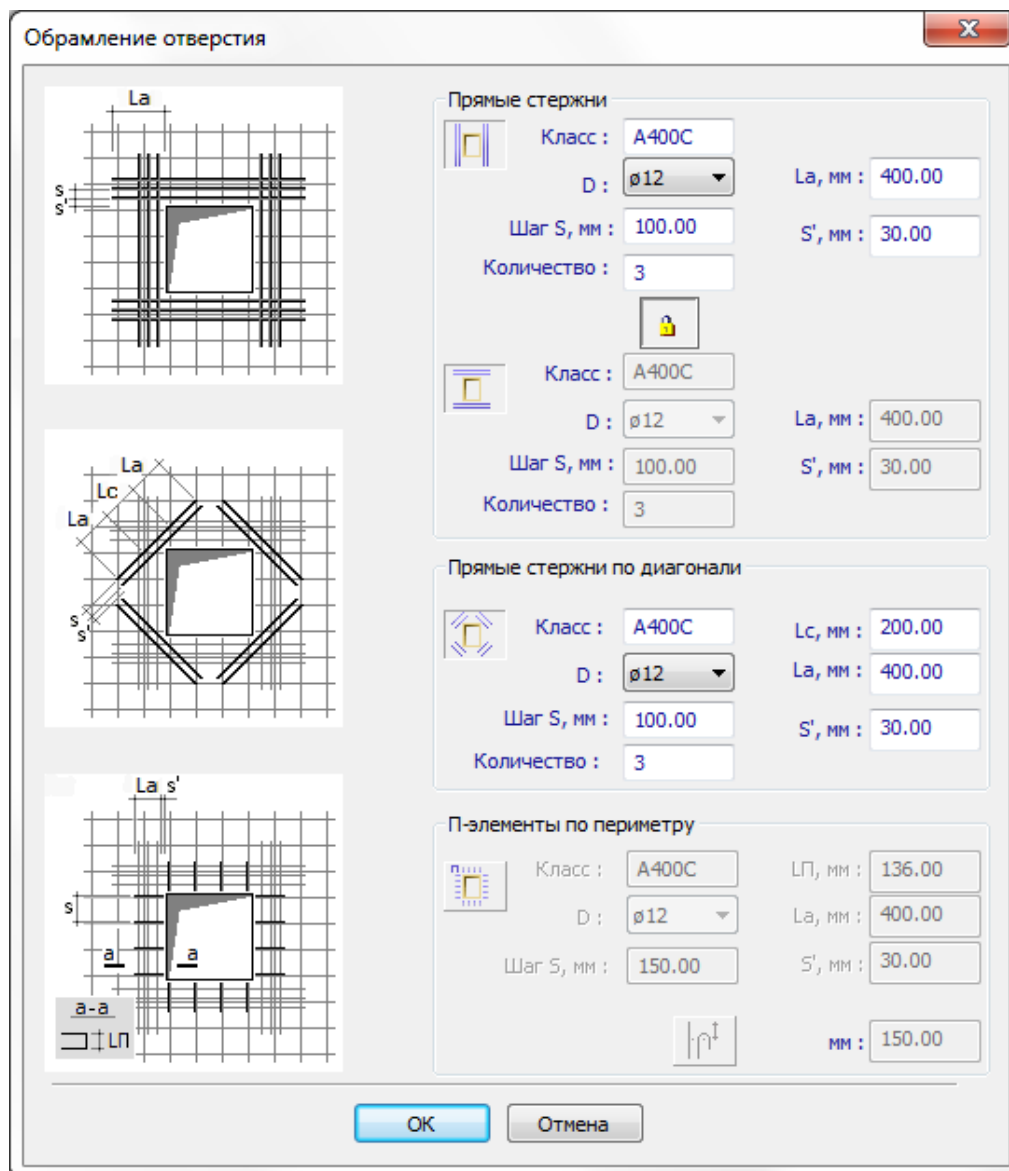















Рис.6.37. Диалоговое окно **Обрамление отверстия**

Создание марок-выносок для арматуры обрешетки

- Выберите инструмент  **Указывание** - **Указывание** на панели **Инструменты** (клавиша **Esc** на клавиатуре).
- Выделите вертикальные стержни обрешетки.
- Выполните щелчок по кнопке  - **Марка-выноска** на панели свойств инструмента **Детали**.
- Создайте выноски для остальных стержней арматуры обрешетки (рис.6.36).
- При необходимости отредактируйте положение выносок, используя инструмент  - **Перенос вершины**, расположенный на панели инструментов **Редактирование**.
- Выполните щелчок по кнопке  **Участки плит** - **Участки плит** на панели **Инструменты**, чтобы отобразить одновременно арматуру обрешетки и участки дополнительного армирования.

Назначение размеров

- Выберите инструмент  **Обозначение** – **Обозначение** на панели **Инструменты**.
- На панели свойств инструмента  **Обозначение** – **Обозначение** выберите тип обозначения/размера  – **Цепочка размеров**.
- Проконтролируйте, чтобы было выбрано направление  – **Вдоль X**.
- Нанесите размеры на участок дополнительного армирования между осями **Г** и **Д** и на ось **1**. Задайте первую точку цепочки размеров в левой крайней точке участка, вторую – в правой крайней, чтобы обозначить начало и конец цепочки.
- Выполните образмеривание участка дополнительного армирования, указав последовательно точки в начале участка, в месте пересечения участка с осью **1**, в конце участка.
- Нажмите клавишу **Enter** на клавиатуре для завершения ввода.
- Воспользуйтесь инструментом  – **Перенос вершины**, расположенном на панели инструментов **Редактирование**, если необходимо перенести цепочку размеров.
- На панели свойств инструмента  **Обозначение** – **Обозначение** выберите тип обозначения/размера  - **Размер линейный**.
- Для создания линейного размера необходимо указать первую и последнюю точку сверху участка дополнительного армирования на оси **1**, затем отметить третью точку в месте, где будет располагаться размер.
- Аналогичным способом нанесите размеры для участка дополнительного армирования вдоль оси **Y**, предварительно выбрав направление расстановки на панели свойств инструмента  **Обозначение** – **Обозначение**  – **вдоль Y**.
- Выполните образмеривание всех участков дополнительного армирования (рис.6.38).

Перекрытие на отм.+16,000

Схема расположения нижней арматуры вдоль цифровых осей

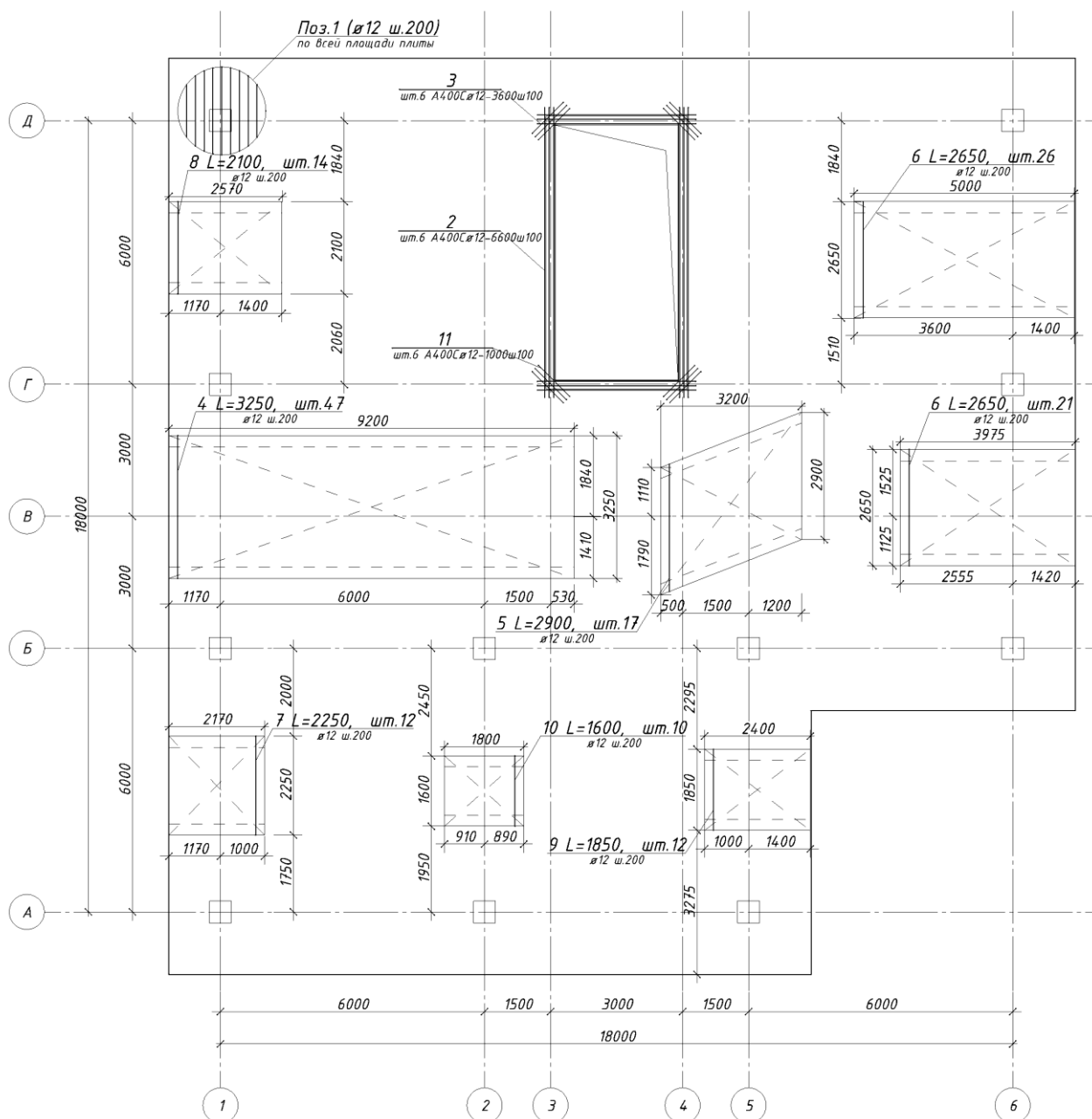



Рис.6.38. Схема расположения нижней арматуры по направлению Y с привязкой участков к осям

Этап 26. Формирование спецификаций арматуры и листа чертежа

Унификация зон дополнительного армирования

- Щелкните по кнопке  - **Спецификация арматуры** на панели свойств инструмента **Армирование**.
- В открывшемся диалоговом окне **Спецификация арматуры** (рис.6.39) выделите позицию, которую необходимо слить с близкой по значению и выполните щелчок правой кнопкой мыши.
- В появившемся контекстном меню выберите пункт **Слить позицию с предыдущей** (после выполнения слияния позиций в столбце **Δт, кг** указывается значение на перерасход арматуры в результате унификации).



Так как раскладка зон дополнительного армирования выполнялась не точно по размерам и зависит от выставленного шага длины стержней и шага арматуры (шаг длины стержней и другие параметры, выставленные по умолчанию можно поменять воспользовавшись меню **Настройки** ⇒ **Настройки САПФИР** ⇒ **Армирование**), то количество и длина стержней в таблице **Спецификация арматуры** может отличаться от приведенной в примере. Слияние позиций необходимо выполнять для участков, где это рационально в зависимости от длины стержней.

Позиция	Обозначение	Наименование	Кол-во	Масса,кг	Униф.Дл,кг	Примечание
1	ГОСТ 10884-94	Ø12А-III, $\Sigma L=8063$ м.п.	-	7158.9	-	Учтён перерасход на на
2	ГОСТ 10884-94	Ø12А400С, L=6600	12 шт.	70.3	-	2 участка
3	ГОСТ 10884-94	Ø12А400С, L=3600	12 шт.	38.4	32.0	2 участка
4	ГОСТ 10884-94	Ø12А-III, L=3250	47 шт.	135.6	14.6	
5	ГОСТ 10884-94	Ø12А-III, L=2900	17 шт.	43.8	5.3	
6	ГОСТ 10884-94	Ø12А-III, L=2650	26 шт.	61.2	5.8	
7	ГОСТ 10884-94	Ø12А-III, L=2600	21 шт.	48.5	0.9	
8	ГОСТ 10884-94	Ø12А-III, L=2250	12 шт.	24.0	3.7	
9	ГОСТ 10884-94	Ø12А-III, L=2100	14 шт.	26.1	1.9	
10	ГОСТ 10884-94	Ø12А-III, L=1850	13 шт.	21.4	2.9	
11	ГОСТ 10884-94	Ø12А-III, L=1600	10 шт.	14.2	2.2	
12	ГОСТ 10884-94	Ø12А400С, L=1000	24 шт.	21.3	12.8	4 участка
ОСп1	ГОСТ 10884-94	Ø10А-I, L=1200	614 шт.	454.3	-	100мм высота
Пм1		B25	75.37 м³			
Итого:				8117.8		в среднем 107.7 кг/м³

Рис.6.39. Диалоговое окно **Спецификация арматуры**

- Для выполнения слияния трех и более позиций, а также, если необходимо задать длину унифицированных стержней выделите три позиции в таблице и щелкните по кнопке **Унифицировать...**
- В открывшемся диалоговом окне **Унификация длин стержней** необходимо задать новое значение длины (по умолчанию это значение принимается наибольшим из тех позиций, которые унифицируются)
- Щелкните по кнопке **ОК**, чтобы применить сделанные изменения и закрыть диалоговое окно (рис.6.40).

Позиция	Обозначение	Наименование	Кол-во	Масса,кг	Униф.Дл,кг	Примечание
1	ГОСТ 10884-94	Ø12А-III, $\Sigma L=8063$ м.п.	-	7158.9	-	Учтён перерасход на на
2	ГОСТ 10884-94	Ø12А400С, L=6600	12 шт.	70.3	-	2 участка
3	ГОСТ 10884-94	Ø12А400С, L=3600	12 шт.	38.4	32.0	2 участка
4	ГОСТ 10884-94	Ø12А-III, L=3250	47 шт.	135.6	14.6	
5	ГОСТ 10884-94	Ø12А-III, L=2900	17 шт.	43.8	5.3	
6	ГОСТ 10884-94	Ø12А-III, L=2650	47 шт.	110.6	10.4	2 участка
7	ГОСТ 10884-94	Ø12А-III, L=2250	12 шт.	24.0	4.3	
8	ГОСТ 10884-94	Ø12А-III, L=2100	14 шт.	26.1	1.9	
9	ГОСТ 10884-94	Ø12А-III, L=1850	13 шт.	21.4	2.9	
10	ГОСТ 10884-94	Ø12А-III, L=1600	10 шт.	14.2	2.2	
11	ГОСТ 10884-94	Ø12А400С, L=1000	24 шт.	21.3	12.8	4 участка
ОСп1	ГОСТ 10884-94	Ø10А-I, L=1200	614 шт.	454.3	-	100мм высота
Пм1		B25	75.37 м³			
Итого:				8118.7		в среднем 107.7 кг/м³

Рис.6.40. Унификация арматуры

Формирование листа чертежа

- В диалоговом окне **Спецификация арматуры** щелкните по кнопке **Поместить на чертеж**.
- В открывшемся диалоговом окне **Создать таблицы армирования** щелкните по кнопке **Таблицы**, чтобы поместить сформированные таблицы унификации и ведомости на лист.
- Система откроет новую закладку окна под названием **пример6.spf:Лист 1**, на котором уже будут размещены спецификация плиты, ведомость расхода стали, ведомость деталей и примечания.
- Чтобы поместить на лист схемы армирования плиты перекрытия, в служебном окне **Виды** необходимо развернуть древовидный список **Сборочные узлы** щелчком по нему левой кнопкой мыши.
- В списке **Сборочные узлы** выделите строку **Перекрытие на отм.+16,000** и выполните щелчок правой кнопкой мыши.
- В появившемся контекстном меню выберите пункт **Поместить на чертеж**.
- На листе чертежа появится опалубочный чертеж плиты со схемой расположения арматуры.
- Выделите схемы расположения арматуры, выполнив щелчок по ней левой кнопкой мыши.
- Для выполнения переноса схемы повторно нажмите левую кнопку мыши и начните перемещение схемы.
- Зафиксируйте положение схемы в свободном пространстве листа выполнив одинарный щелчок левой кнопкой мыши (рис.6.41).
- Нажмите клавишу **Esc** на клавиатуре, чтобы снять выделение со схемы.

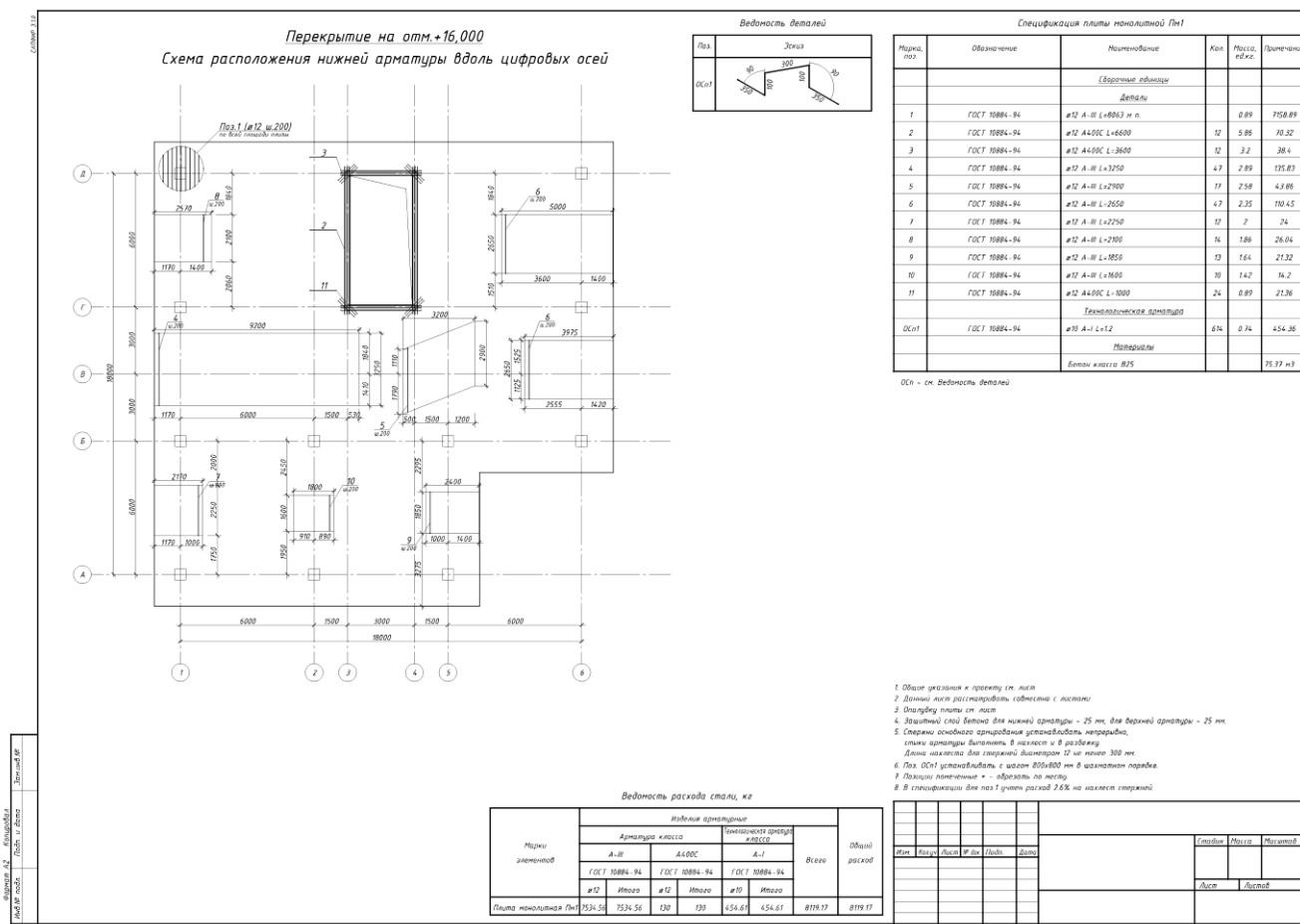


Рис.6.41. Чертеж расположения арматуры в плите перекрытия на отметке +16.000

Пример 7. Расчет пространственного каркаса здания при различных вариантах конструирования железобетонных конструкций

Цели и задачи:

- продемонстрировать процедуру построения расчетной схемы;
- показать процедуру использования разных вариантов конструирования: варьируются характеристики материалов, нормативы, размеры сечения;
- показать процедуру подбора арматуры для элементов каркаса;
- показать технику составления таблицы РСУ.

Исходные данные:

Двухпролетное одноэтажное здание. Размеры пролетов – 7,5 м, шаг колонн – 7 м, высота этажа – 4 м.

Колонны в местах опирания на фундаментную плиту жестко защемлены.

Сечения элементов:

- балки – тавровое сечение высотой 500 мм (ширина полки – 500 мм, толщина полки – 200 мм, толщина стенки – 300 мм);
- колонны – прямоугольное сечение размером 400 x 400 мм;
- плиты покрытия – толщина 200 мм.

Материал:

- для варианта конструирования 1 – железобетон В25, арматура А-III (СниП 2.03.01-84*), армирование колонн симметричное;
- для варианта конструирования 2 – железобетон В25, арматура А-III (СниП 2.03.01-84*), армирование колонн несимметричное;
- для варианта конструирования 3 – железобетон В25, арматура А-III (СниП 2.03.01-84*), армирование колонн симметричное без выделения угловых стержней;
- для варианта конструирования 4 – железобетон В25, арматура А400 (СП 63.13330.2012), армирование колонн симметричное;
- для варианта конструирования 5 – железобетон В30 (балки и колонны), В25 (плиты покрытия), арматура А-III (СниП 2.03.01-84*), армирование колонн симметричное.


Нагрузки:


- загрузка 1 – собственный вес;
- загрузка 2 – постоянная равномерно распределенная $p = 1.5 \text{ т/м}^2$, приложенная на покрытие;
- загрузка 3 – снеговая $p = 0.35 \text{ т/м}^2$;
- загрузка 4 – ветровая по направлению X;
- загрузка 5 – ветровая по направлению Y.

Для того чтобы начать работу с ПК ЛИРА-САПР®, выполните следующую команду Windows:

Пуск ⇒ Программы ⇒ LIRA SAPR ⇒ ЛИРА-САПР 2013 ⇒ ЛИРА-САПР 2013.

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.7.1) задайте следующие параметры:
 - имя создаваемой задачи – **Пример7** (шифр задачи по умолчанию совпадает с именем задачи);

- в раскрывающемся списке **Признак схемы** выберите строку **5 – Шесть степеней свободы в узле**.
- После этого щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

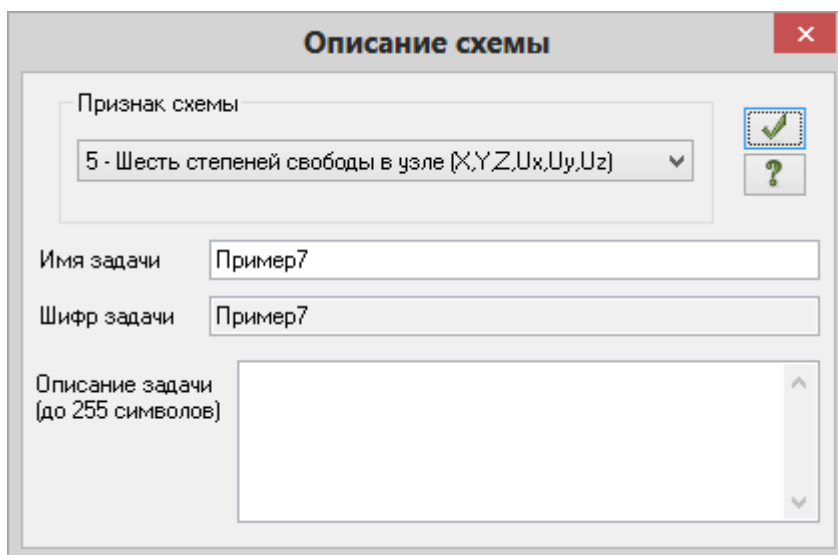



Рис.7.1. Диалоговое окно **Описание схемы**




Диалоговое окно **Описание схемы** также можно открыть с уже выбранным признаком схемы. Для этого в меню **Приложения** в раскрывающемся списке пункта **Новый** выберите команду




5 – Пятый признак схемы (Шесть степеней свободы в узле) или на панели быстрого доступа в раскрывающемся списке **Новый** выберите команду  **5 – Пятый признак схемы (Шесть степеней свободы в узле)**. После этого нужно задать только имя задачи.

Этап 2. Создание геометрической схемы

Создание 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.7.2):
 - Шаг вдоль оси X: Шаг вдоль оси Y: Шаг вдоль оси Z:

L(м)	N	L(м)	N	L(м)	N
7.5	2	7	2	4	1;
 - Шаг разбивки по оси X = **15** частей;
 - Шаг разбивки по оси Y = **14** частей;
 - Остальные параметры принимаются по умолчанию.
- После этого щелкните по кнопке  – **Применить**.

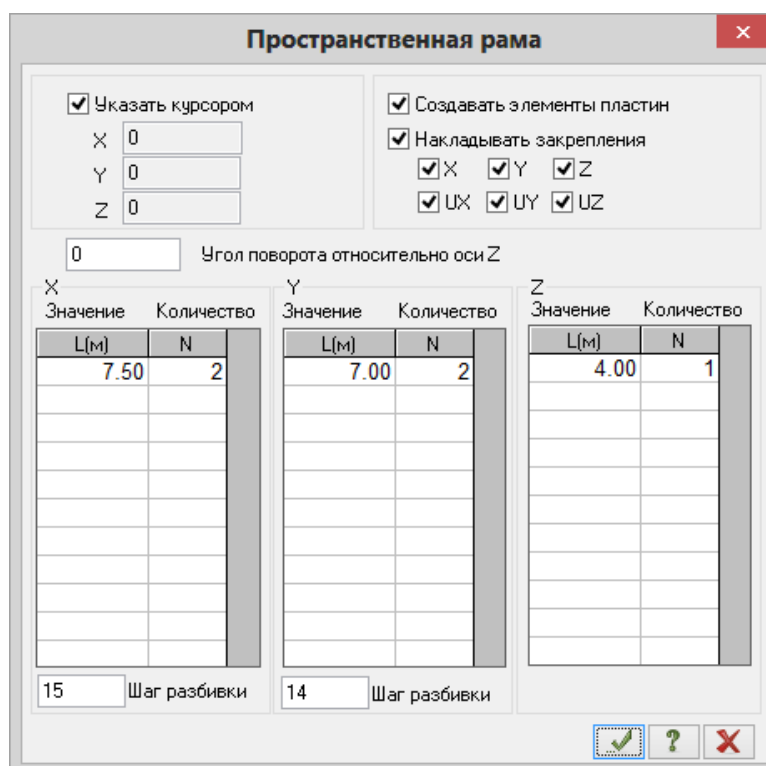




Рис.7.2. Диалоговое окно Пространственная рама

Упаковка схемы

- Щелчком по кнопке  – **Упаковка схемы** (панель **Редактирование** на вкладке **Создание и редактирование**) вызовите диалоговое окно **Упаковка** (рис.7.3).
- 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).

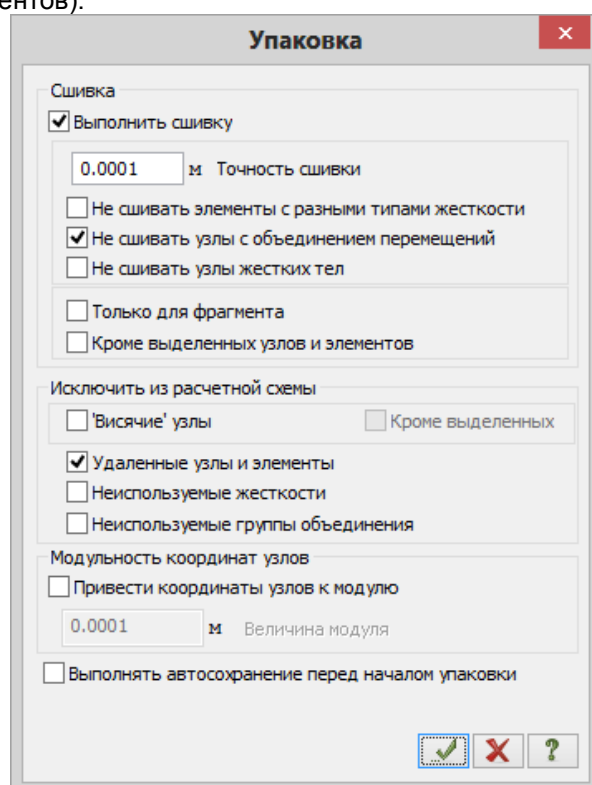





Рис.7.3. Диалоговое окно Упаковка

Сохранение информации о расчетной схеме

- Для сохранения информации о расчетной схеме откройте меню **Приложения** и выберите пункт **Сохранить** (кнопка  на панели быстрого доступа).
- В появившемся диалоговом окне **Сохранить как** задайте:
 - имя задачи – **Пример7**;
 - папку, в которую будет сохранена эта задача (по умолчанию выбирается папка – **Data**).
- Щелкните по кнопке **Сохранить**.

Этап 3. Задание вариантов конструирования

Создание первого варианта конструирования

- Вызовите диалоговое окно **Варианты конструирования** (рис.7.4) щелчком по кнопке  – **Варианты конструирования** (панель **Конструирование** на вкладке **Расширенное редактирование**).
- В этом диалоговом окне задайте параметры для первого варианта конструирования:
 - при выбранных нормах для железобетонного расчета **СНиП 2.03.01-84***, в раскрывающемся списке **Расчет сечений по**: выберите строку **РСУ**;
 - остальные параметры принимаются по умолчанию.
- После этого щелкните по кнопке  – **Применить**.

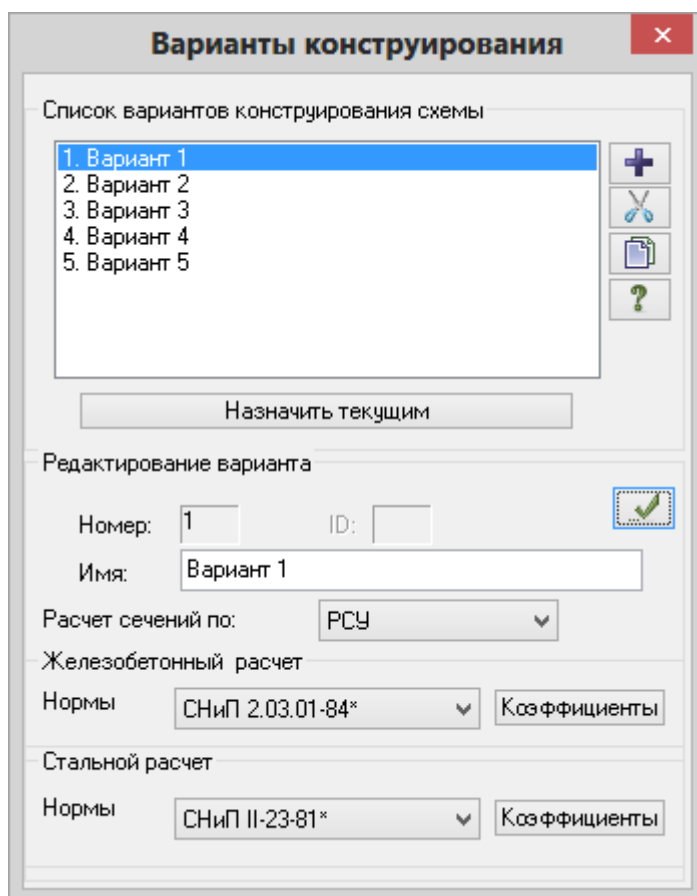




Рис.7.4. Диалоговое окно **Варианты конструирования**



Создание второго варианта конструирования

- Для создания второго варианта конструирования щелкните по кнопке  – **Создать новый вариант конструирования схемы.**
- Далее задайте параметры для второго варианта конструирования:
 - при выбранных нормах для железобетонного расчета СНиП 2.03.01-84*, в раскрывающемся списке **Расчет сечений по:** выберите строку **РСУ**;
 - остальные параметры принимаются по умолчанию.
- После этого щелкните по кнопке  – **Применить.**




Создание третьего варианта конструирования

- Для создания третьего варианта конструирования щелкните по кнопке  – **Создать новый вариант конструирования схемы.**
- Далее задайте параметры для третьего варианта конструирования:
 - при выбранных нормах для железобетонного расчета СНиП 2.03.01-84*, в раскрывающемся списке **Расчет сечений по:** выберите строку **РСУ**;
 - остальные параметры принимаются по умолчанию.
- После этого щелкните по кнопке  – **Применить.**

Создание четвертого варианта конструирования


- Для создания четвертого варианта конструирования щелкните по кнопке  – **Создать новый вариант конструирования схемы.**
- Далее задайте параметры для четвертого варианта конструирования:
 - в раскрывающемся списке для железобетонного расчета Нормы выберите строку **СП 63.13330.2012**;
 - в раскрывающемся списке **Расчет сечений по:** выберите строку **РСУ**;
 - остальные параметры принимаются по умолчанию.
- После этого щелкните по кнопке  – **Применить.**

Создание пятого варианта конструирования

- Для создания пятого варианта конструирования щелкните по кнопке  – **Создать новый вариант конструирования схемы.**
- Далее задайте параметры для пятого варианта конструирования:
 - при выбранных нормах для железобетонного расчета СНиП 2.03.01-84*, в раскрывающемся списке **Расчет сечений по:** выберите строку **РСУ**;
 - остальные параметры 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 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.7.5,а).
- В этом окне щелчком по кнопке **Добавить** вызовите диалоговое окно **Добавить жесткость**, для того чтобы вывести список стандартных типов сечений (рис. 7.5,б).
- Выберите двойным щелчком мыши на элементе графического списка тип сечения **Брус** (на экран выводится диалоговое окно для задания жесткостных характеристик выбранного типа сечения).

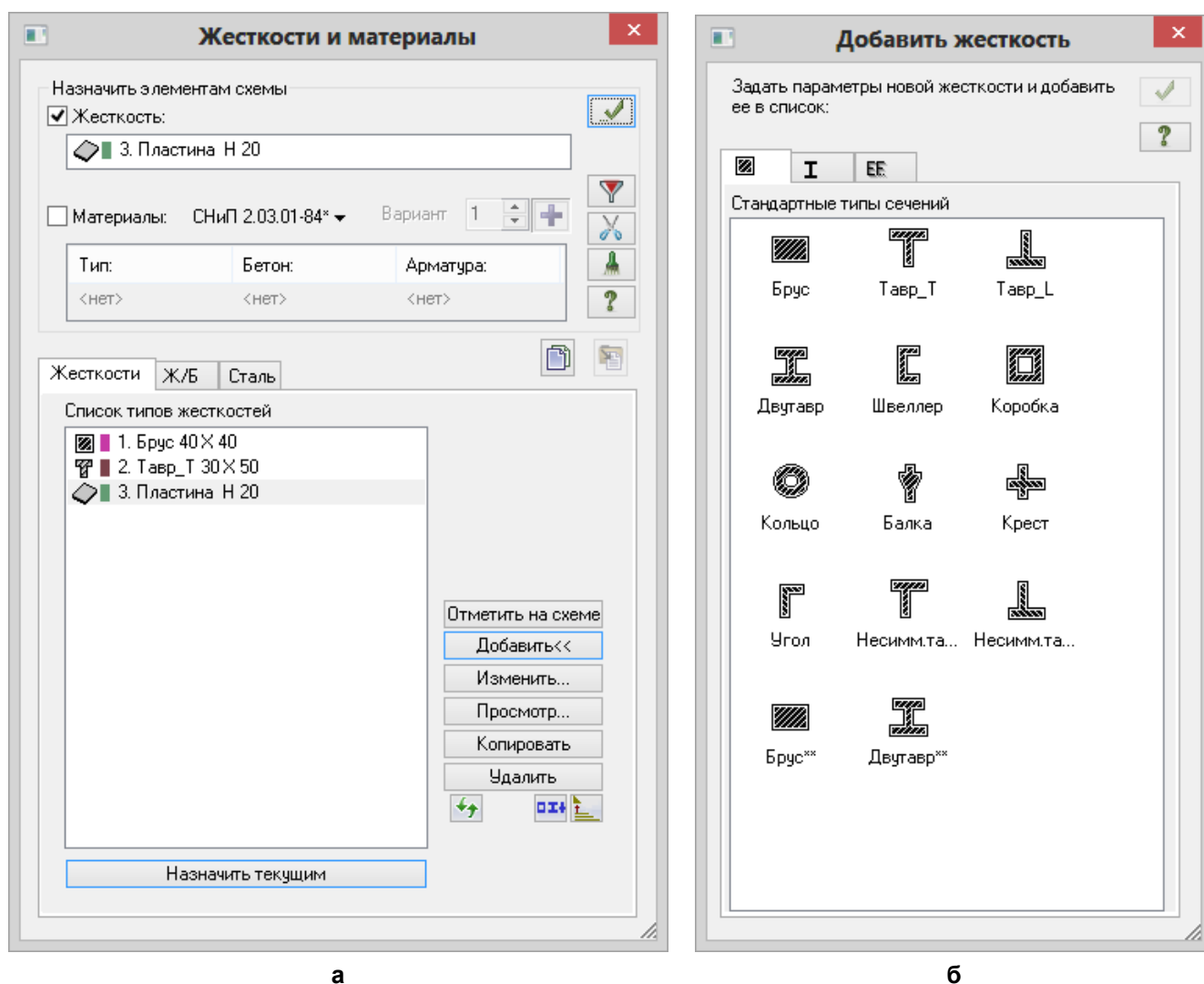



Рис.7.5. Диалоговые окна: а – Жесткости и материалы, б – Добавить жесткость

- В диалоговом окне **Задание стандартного сечения** (рис.7.6) задайте параметры сечения **Брус**:
 - модуль упругости – $E = 2.4 \times 10^6 \text{ т/м}^2$ (при английской раскладке клавиатуры);
 - геометрические размеры – $B = 40 \text{ см}$; $H = 40 \text{ см}$;
 - удельный вес материала – $R_o = 2.75 \text{ т/м}^3$.
- Чтобы увидеть эскиз создаваемого сечения со всеми размерами, щелкните по кнопке **Нарисовать**.
- Для ввода данных щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

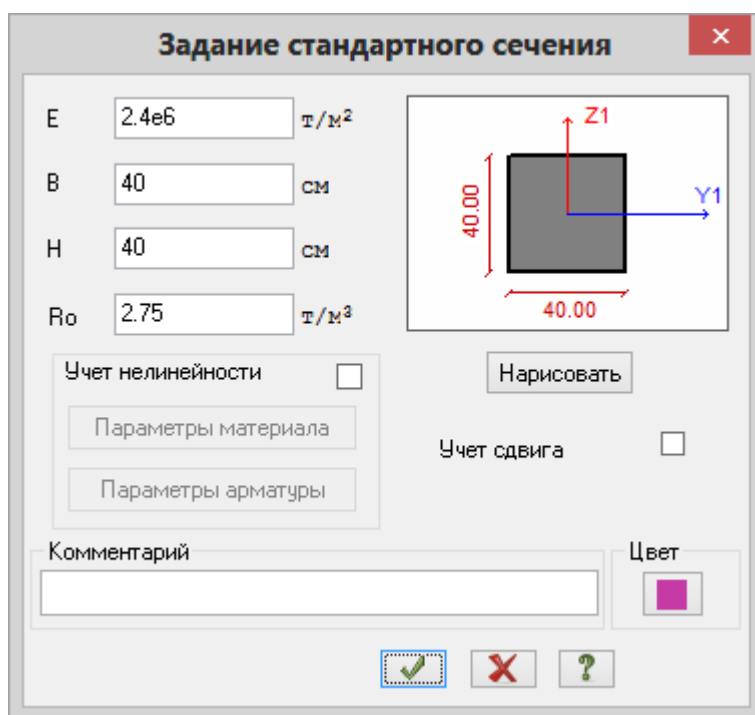


Рис.7.6. Диалоговое окно Задание стандартного сечения

- Далее в диалоговом окне **Добавить жесткость** выберите тип сечения **Тавр_Т**.
- В новом окне **Задание стандартного сечения** задайте параметры сечения **Тавр_Т**:
 - модуль упругости – $E = 1.2e6$ т/м²;
 - геометрические размеры – $B = 30$ см; $H = 50$ см; $B1 = 50$ см; $H1 = 20$ см;
 - удельный вес материала – $R_o = 2.75$ т/м³.

➤ Для ввода данных щелкните по кнопке – **Подтвердить**.

- Далее в диалоговом окне **Добавить жесткость** перейдите на третью закладку численного описания жесткости.
- Двойным щелчком мыши выберите тип сечения **Пластины**.
- В окне **Задание жесткости для пластин** (рис.7.7) задайте параметры сечения **Пластины** (для плиты перекрытия):
 - модуль упругости – $E = 1.2e6$ т/м² (при английской раскладке клавиатуры);
 - коэф. Пуассона – $V = 0.2$;
 - толщина – $H = 20$ см;
 - удельный вес материала – $R_o = 2.75$ т/м³.

➤ Для ввода данных щелкните по кнопке – **Подтвердить**.

- Для того чтобы скрыть библиотеку жесткостных характеристик, в диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке **Добавить**.

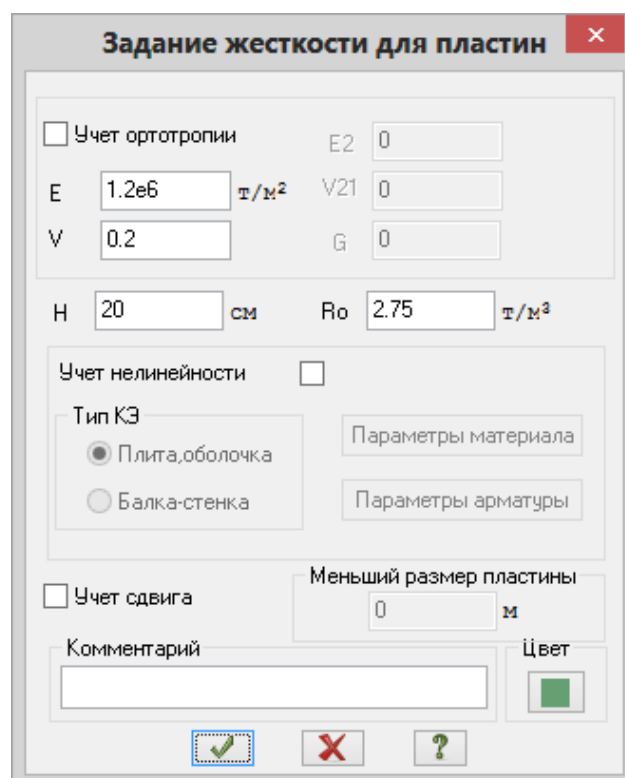



Рис.7.7. Диалоговое окно Задание жесткости для пластин

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)**.
- После этого включите радио-кнопку **Тип** и щелкните по кнопке **Добавить**.
- На экран выводится диалоговое окно **Общие характеристики** (рис.7.8), в котором задайте следующие параметры для колонн:
 - в раскрывающемся списке **Модуль армирования** выберите строку **Стержень**;
 - в поле **Армирование** выберите тип армирования **Симметричное**;
 - в поле **Конструктивные особенности стержней** включите радио-кнопку **Стержень**;
 - в поле **Расчет по предельным состояниям II-й группы** включите радио-кнопку **Диаметр**;
 - в раскрывающемся списке выберите строку соответствующую диаметру арматуры **25 мм**;
 - в поле **Длина элемента, Расчетные длины** включите радио-кнопку **Коэффициент расчетной длины**;
 - задайте параметры **LY = 1, LZ = 1**;
 - в строке **Комментарий** задайте **Колонны1**;
 - все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.
- После этого щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

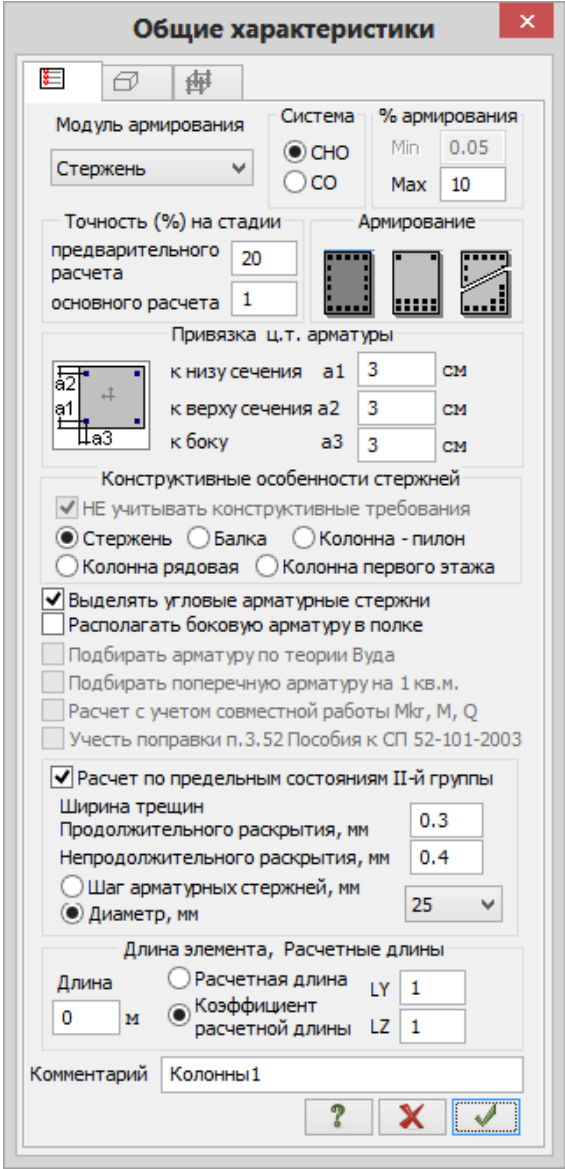

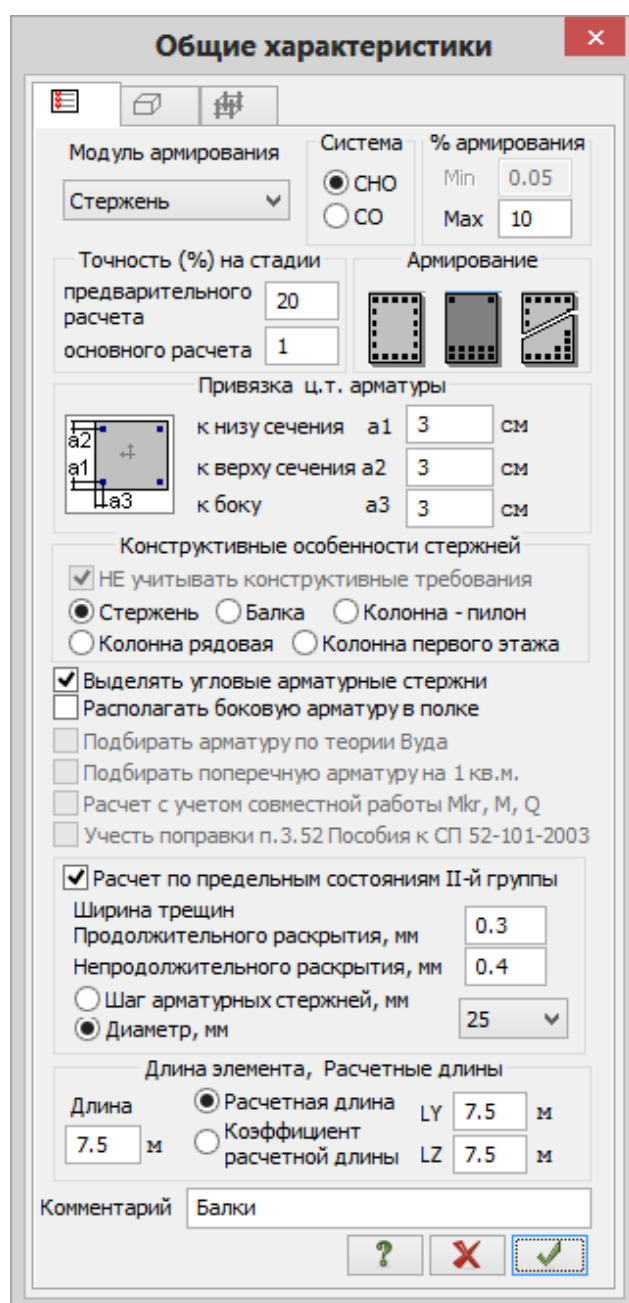


Рис.7.8. Диалоговое окно **Общие характеристики** (для колонн)

- Система возвращается к диалоговому окну **Жесткости и материалы**, в котором снова щелкните по кнопке **Добавить**.
- В новом окне **Общие характеристики** (рис.7.9) задайте параметры для балок (будет использоваться для всех вариантов конструирования по СНиП 2.03.01-84*):
 - в поле **Армирование** выберите тип армирования **Несимметричное**;
 - в поле **Конструктивные особенности стержней** включите радио-кнопку **Стержень**;
 - в поле **Расчет по предельным состояниям II-й группы** включите радио-кнопку **Диаметр**;
 - в раскрывающемся списке выберите строку соответствующую диаметру арматуры **25 мм**;
 - в поле **Длина элемента, Расчетные длины** включите радио-кнопку **Расчетная длина**;
 - задайте параметры **LY = 7.5 м**, **LZ = 7.5 м**;
 - в поле **Длина** задайте максимальное значение для балок равное **7.5 м**;
 - в строке **Комментарий** задайте **Балки**;
 - все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.
- После этого щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.






Общие характеристики

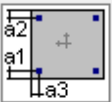
Модуль армирования: Стержень

Система: ☒ СНО ☐ СО

% армирования: Min 0.05, Max 10

Точность (%) на стадии: предварительного расчета 20, основного расчета 1

Армирование:   

Привязка ц.т. арматуры:  к низу сечения a1 3 см, к верху сечения a2 3 см, к боку a3 3 см

Конструктивные особенности стержней: ☒ НЕ учитывать конструктивные требования, ☒ Стержень, ☐ Балка, ☐ Колонна - пилон, ☐ Колонна рядовая, ☐ Колонна первого этажа

☒ Выделять угловые арматурные стержни

☐ Располагать боковую арматуру в полке

☐ Подбирать арматуру по теории Вуда

☐ Подбирать поперечную арматуру на 1 кв.м.

☐ Расчет с учетом совместной работы Mkr, M, Q

☐ Учесть поправки п. 3.52 Пособия к СП 52-101-2003

☒ Расчет по предельным состояниям II-й группы

Ширина трещин: 0.3

Продолжительного раскрытия, мм: 0.4

Непродолжительного раскрытия, мм: 0.4

☐ Шаг арматурных стержней, мм

☒ Диаметр, мм: 25

Длина элемента, Расчетные длины: ☒ Расчетная длина LY 7.5 м, ☐ Коэффициент расчетной длины LZ 7.5 м

Длина: 7.5 м

Комментарий: Балки



? X 

Рис.7.9. Диалоговое окно **Общие характеристики** (для балок)

- Система возвращается к диалоговому окну **Жесткости и материалы**, в котором еще раз щелкните по кнопке **Добавить**.
- На экран выводится диалоговое окно **Общие характеристики** (рис.7.10), в котором задайте следующие параметры для пластинчатых элементов (будет использоваться для всех вариантов конструирования по СНиП 2.03.01-84*):
 - в раскрывающемся списке **Модуль армирования** выберите строку **Оболочка**;
 - в строке **Комментарий** задайте **Пластины**;
 - все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.
- После этого щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

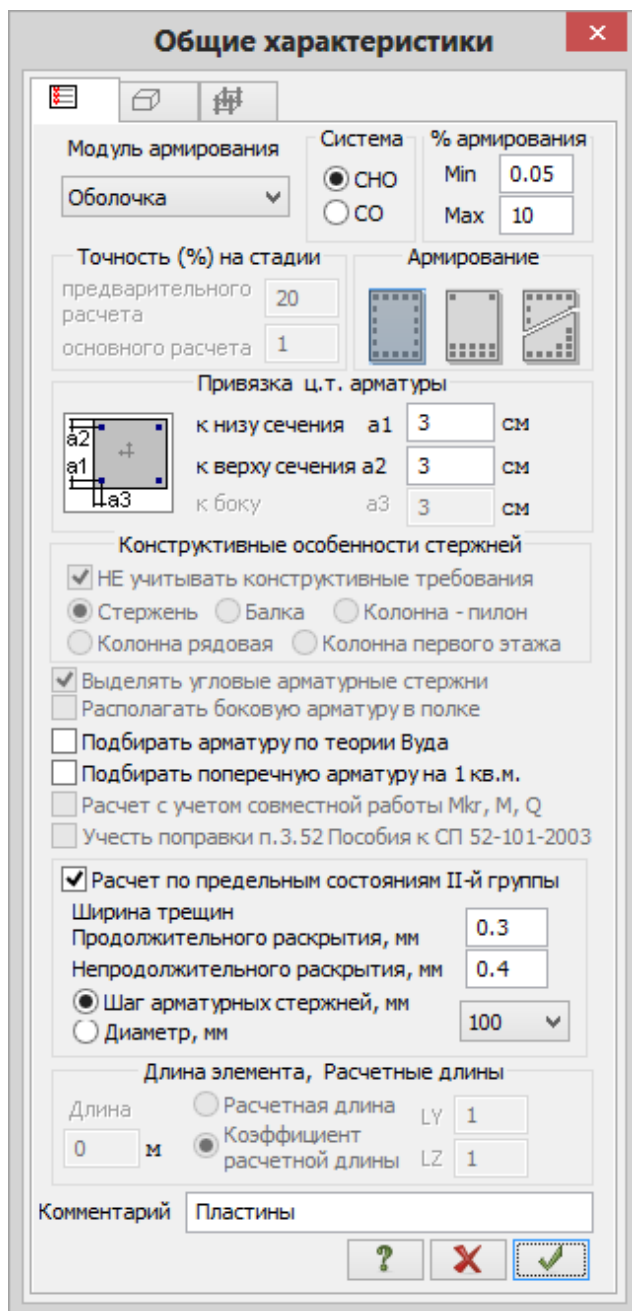

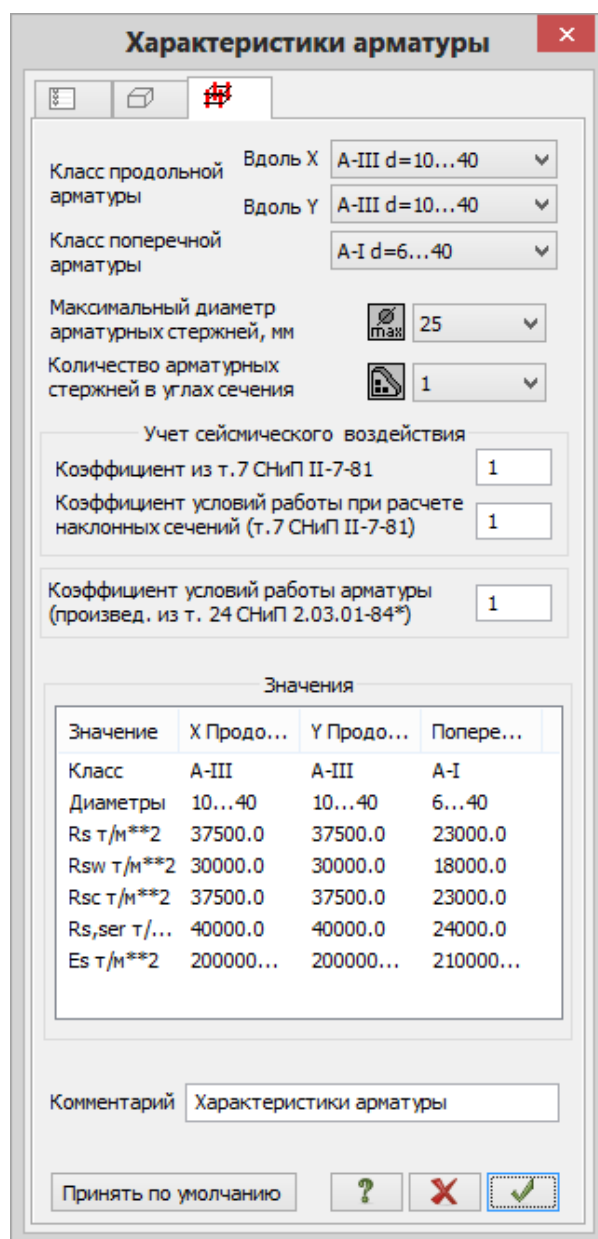


Рис.7.10. Диалоговое окно **Общие характеристики** (для пластин)

- В диалоговом окне **Жесткости и материалы** включите радио-кнопку **Бетон**.
- Щелкните по кнопке **По умолчанию** (этой операцией по умолчанию принимается бетон класса В25).
- В этом же окне включите радио-кнопку **Арматура** и щелкните по кнопке **Добавить**.

- На экран выводится диалоговое окно **Характеристики арматуры** (рис.7.11), в котором в раскрывающемся списке **Максимальный диаметр арматурных стержней** выберите строку соответствующую диаметру арматуры **25 мм**.
- Для ввода данных щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.



Характеристики арматуры

Класс продольной арматуры Вдоль X A-III d=10...40

Класс продольной арматуры Вдоль Y A-III d=10...40

Класс поперечной арматуры A-I d=6...40

Максимальный диаметр арматурных стержней, мм 25

Количество арматурных стержней в углах сечения 1

Учет сейсмического воздействия

Коэффициент из т.7 СНиП II-7-81 1

Коэффициент условий работы при расчете наклонных сечений (т.7 СНиП II-7-81) 1

Коэффициент условий работы арматуры (произвед. из т. 24 СНиП 2.03.01-84*) 1

Значения

Значение	X Продо...	Y Продо...	Попере...
Класс	A-III	A-III	A-I
Диаметры	10...40	10...40	6...40
Rs т/м**2	37500.0	37500.0	23000.0
Rsw т/м**2	30000.0	30000.0	18000.0
Rsc т/м**2	37500.0	37500.0	23000.0
Rs,ser т/...	40000.0	40000.0	24000.0
Es т/м**2	200000...	200000...	210000...

Комментарий Характеристики арматуры



Принять по умолчанию ? X 

Рис.7.11. Диалоговое окно **Характеристики арматуры**

Задание материалов для второго варианта конструирования железобетонных конструкций


- Для переключения на второй вариант конструирования, в диалоговом окне **Жесткости и материалы** с помощью счетчика **Номер текущего варианта конструирования схемы** переключитесь на номер варианта конструирования **2**.
- Затем в диалоговом окне **Жесткости и материалы** включите радио-кнопку **Тип** и щелкните по кнопке **Добавить**.
- На экран выводится диалоговое окно **Общие характеристики**, в котором задайте следующие параметры для колонн:
 - в раскрывающемся списке **Модуль армирования** выберите строку **Стержень**;
 - в поле **Армирование** выберите тип армирования **Несимметричное**;
 - в поле **Конструктивные особенности стержней** включите радио-кнопку **Стержень**;

- в поле **Расчет по предельным состояниям II-й группы** включите радио-кнопку **Диаметр**;
- в раскрывающемся списке выберите строку соответствующую диаметру арматуры **25 мм**;
- в поле **Длина элемента, Расчетные длины** включите радио-кнопку **Коэффициент расчетной длины**;
- задайте параметры **LY = 1, LZ = 1**;
- в строке **Комментарий** задайте **Колонны2**;
- все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.

➤ После этого щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.


Задание материалов для третьего варианта конструирования железобетонных конструкций




- Для переключения на третий вариант конструирования, в диалоговом окне **Жесткости и материалы** с помощью счетчика **Номер текущего варианта конструирования схемы** переключитесь на номер варианта конструирования **3**.
- Далее, при включенной радио-кнопке **Тип**, снова щелкните по кнопке **Добавить**.
- На экран выводится диалоговое окно **Общие характеристики**, в котором задайте следующие параметры для колонн:
 - в раскрывающемся списке **Модуль армирования** выберите строку **Стержень**;
 - в поле **Армирование** выберите тип армирования **Симметричное**;
 - в поле **Конструктивные особенности стержней** включите радио-кнопку **Стержень**;
 - снимите флажок **Выделять угловые арматурные стержни**;
 - в поле **Расчет по предельным состояниям II-й группы** включите радио-кнопку **Диаметр**;
 - в раскрывающемся списке выберите строку соответствующую диаметру арматуры **25 мм**;
 - в поле **Длина элемента, Расчетные длины** включите радио-кнопку **Коэффициент расчетной длины**;
 - задайте параметры **LY = 1, LZ = 1**;
 - в строке **Комментарий** задайте **Колонны3**;
 - все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.

➤ После этого щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

Задание материалов для четвертого варианта конструирования железобетонных конструкций

- Для переключения на четвертый вариант конструирования, в диалоговом окне **Жесткости и материалы** с помощью счетчика **Номер текущего варианта конструирования схемы** переключитесь на номер варианта конструирования **4**.
- Далее, при включенной радио-кнопке **Тип**, еще раз щелкните по кнопке **Добавить**.
- На экран выводится диалоговое окно **Общие характеристики**, в котором задайте следующие параметры для колонн:
 - в раскрывающемся списке **Модуль армирования** выберите строку **Стержень**;
 - в поле **Армирование** выберите тип армирования **Симметричное**;
 - в поле **Конструктивные особенности стержней** включите радио-кнопку **Стержень**;
 - в поле **Расчет по предельным состояниям II-й группы** включите радио-кнопку **Диаметр**;
 - в раскрывающемся списке выберите строку соответствующую диаметру арматуры **25 мм**;
 - в поле **Длина элемента, Расчетные длины** включите радио-кнопку **Коэффициент расчетной длины**;
 - задайте параметры **LY = 1, LZ = 1**;
 - в строке **Комментарий** задайте **Колонны4**;
 - все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.

➤ После этого щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

- Система возвращается к диалоговому окну **Жесткости и материалы**, в котором снова щелкните по кнопке **Добавить**.
- В новом окне **Общие характеристики** задайте параметры для балок:
 - в поле **Армирование** выберите тип армирования **Несимметричное**;
 - в поле **Конструктивные особенности стержней** включите радио-кнопку **Стержень**;
 - в поле **Расчет по предельным состояниям II-й группы** включите радио-кнопку **Диаметр**;
 - в раскрывающемся списке выберите строку соответствующую диаметру арматуры **25 мм**;
 - в поле **Длина элемента, Расчетные длины** включите радио-кнопку **Расчетная длина**;
 - задайте параметры **LY = 7.5 м, LZ = 7.5 м**;
 - в поле **Длина** задайте максимальное значение для балок равное **7.5 м**;
 - в строке **Комментарий** задайте **Балки**;
 - все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.
- После этого щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.
- Система возвращается к диалоговому окну **Жесткости и материалы**, в котором еще раз щелкните по кнопке **Добавить**.
- На экран выводится диалоговое окно **Общие характеристики**, в котором задайте следующие параметры для пластинчатых элементов:
 - в раскрывающемся списке **Модуль армирования** выберите строку **Оболочка**;
 - в строке **Комментарий** задайте **Пластины**;
 - все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.
- После этого щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.
- В диалоговом окне **Жесткости и материалы** включите радио-кнопку **Бетон** и щелкните по кнопке **Добавить**.
- На экран выводится диалоговое окно **Характеристики бетона** (рис.7.12), в котором задайте следующие параметры:
 - в полях **Коэф. условий работы** задайте значения **$\gamma_{b2} = 1$** и **$\gamma_{b3} = 1$** ;
 - все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.
- После этого щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

Характеристики бетона

Бетон

Класс бетона: B25

Вид бетона: тяжелый

Марка по средней плотности D: 800

Коэфф. условий работы: γ_{b2} , γ_{b3} , γ_{b5}

Случ. эксцентриситеты: По высоте сечения EY: 0 см, По ширине сечения EZ: 0 см

Относительная влажность воздуха, (%): 80

Диаграммы состояния

трехлинейная

двухлинейная

Значения, МПа

	Значение
Rb	14.50
Rbt	1.05
Rbn	18.50
Rbtn	1.55
Rb,ser	18.50
Rbt,ser	1.55
Eb	30000.00

Комментарий: Характеристики бетона

? X [Подтвердить]

Рис.7.12. Диалоговое окно Характеристики бетона

- В диалоговом окне **Жесткости и материалы** включите радио-кнопку **Арматура** и щелкните по кнопке **Добавить**.
- На экран выводится диалоговое окно **Характеристики арматуры** (рис.7.13), в котором в раскрывающемся списке **Максимальный диаметр арматурных стержней** выберите строку соответствующую диаметру арматуры **25** мм.
- Для ввода данных щелкните по кнопке – **Подтвердить**.

Характеристики арматуры

Классы арматуры

Продольная по направлению X: A400

Продольная по направлению Y (для пластин): A400

Поперечная арматура: A400

Максимальный диаметр, мм: 25

Количество арматурных стержней в углах сечения (для стержней): 1

Учет сейсмического воздействия

Коэффициент из т.7 СНиП II-7-2010: 1

Коэффициент условий работы при расчете наклонных сечений (т.7 СНиП II-7-2010): 1

Значения, МПа

Значение	X Продо...	Y Продо...	Попере...
Класс	A400	A400	A400
Диаметры	6-40	6-40	6-40
R _{sn}	400.0	400.0	400.0
R _{s_ser}	400.0	400.0	400.0
R _s	350.0	350.0	350.0
R _{sw}	280.0	280.0	280.0

Обновить

Комментарий


?

✗

✓

Рис.7.13. Диалоговое окно Характеристики арматуры

Задание материалов для пятого варианта конструирования железобетонных конструкций

- Для переключения на пятый вариант конструирования, в диалоговом окне **Жесткости и материалы** с помощью счетчика **Номер текущего варианта конструирования схемы** переключитесь на номер варианта конструирования **5**.
- Далее в диалоговом окне **Жесткости и материалы** включите радио-кнопку **Бетон** и щелкните по кнопке **Добавить**.
- На экран выводится диалоговое окно **Характеристики бетона**, в котором задайте следующие параметры:
 - в раскрывающемся списке **Класс бетона** выберите строку соответствующую классу **B30**;
 - все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.
- После этого щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

Назначение жесткостей и материалов элементам схемы для первого варианта конструирования

- В диалоговом окне **Жесткости и материалы** (рис.7.14), при включенной радио-кнопке **Бетон**, в списке типов свойств бетонов выделите курсором строку **1.В25**.
- Щелкните по кнопке **Назначить текущим** (при этом выбранный тип свойств бетона записывается в строке редактирования **Материалы** поля **Назначить элементам схемы**. Можно назначить текущий тип свойств бетона двойным щелчком по строке списка).
- Затем в диалоговом окне **Жесткости и материалы** включите радио-кнопку **Тип** и в списке типов общих свойств материалов для железобетонных конструкций выделите курсором строку **3.оболочка Пластины**.
- Щелкните по кнопке **Назначить текущим**.
- 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** (при этом в списке текущего типа жесткости должна быть установлена жесткость – **3.Пластина Н 20**).

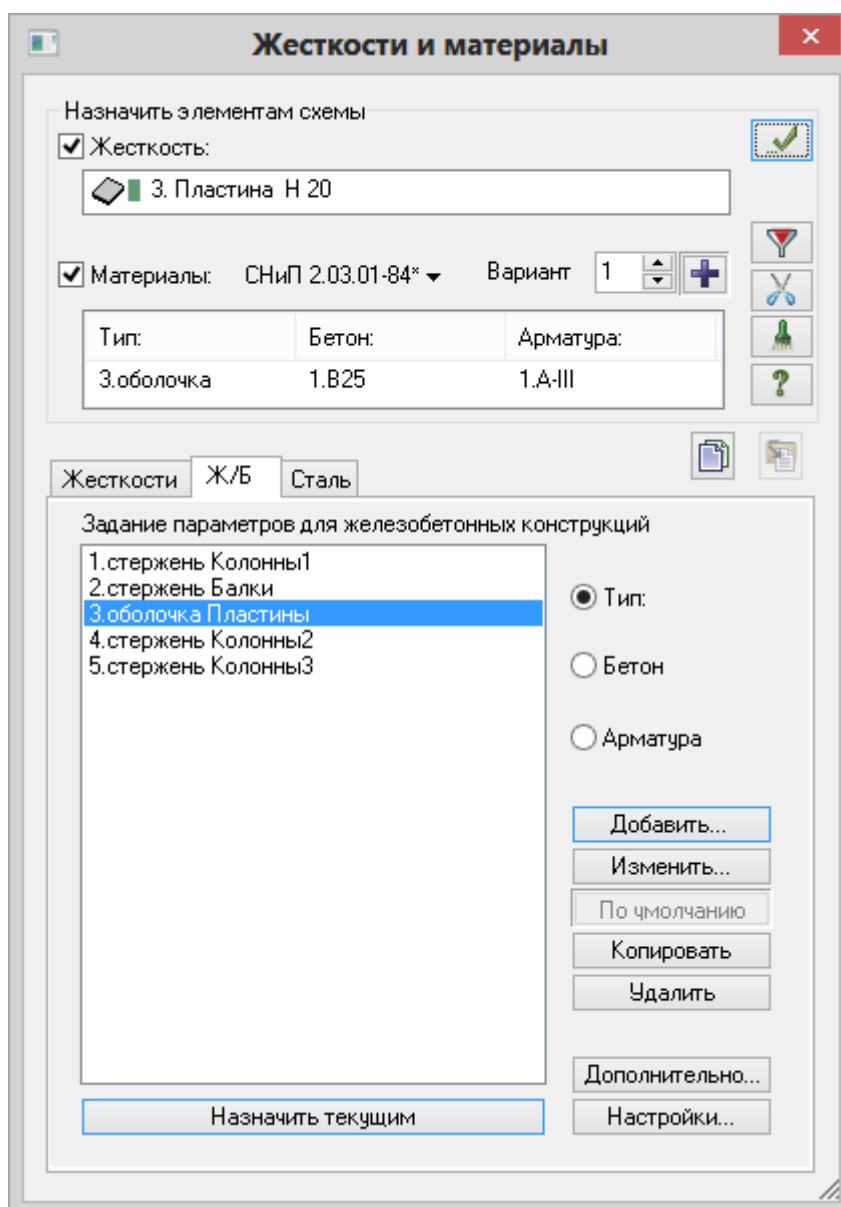




Рис.7.14. Диалоговое окно **Жесткости и материалы**

- Щелкните по кнопке  – **Отметка элементов** в раскрывающемся списке **Отметка элементов** на панели инструментов **Панель выбора** (по умолчанию находится в нижней области рабочего окна).
- С помощью курсора выделите все 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**.
- В диалоговом окне с предупреждением (рис.7.15) щелкните по кнопке **ОК**.

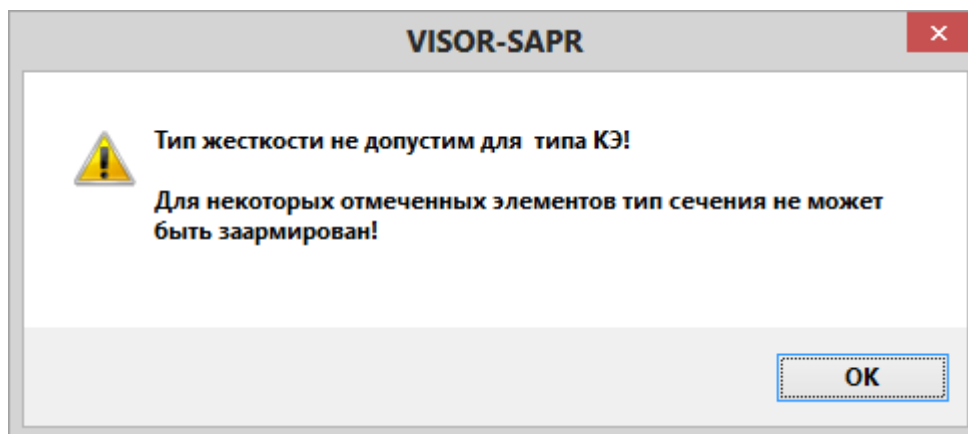










Рис.7.15. Диалоговое окно VIZOR SAPR






- Затем в диалоговом окне **Жесткости и материалы** в списке типов общих свойств материалов для железобетонных конструкций выделите курсором строку **2.стержень Балки**.
- 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. Тавр_Т 30х50**.
- Щелкните по кнопке **Назначить текущим**.
- Затем в диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Далее в диалоговом окне **Жесткости и материалы** в списке типов жесткостей выделите курсором тип жесткости **1. Брус 40х40**.
- Щелкните по кнопке **Назначить текущим**.
- После этого в диалоговом окне **Жесткости элементов** щелкните по второй закладке **Ж/Б** и в списке типов общих свойств материалов для железобетонных конструкций выделите курсором строку **1.стержень Колонны1**.
- Щелкните по кнопке **Назначить текущим**.
- 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**.

Назначение материалов элементам схемы для второго варианта конструирования



- Для переключения на второй вариант конструирования, в диалоговом окне **Жесткости и материалы** с помощью счетчика **Номер текущего варианта конструирования схемы** переключитесь на номер варианта конструирования **2**.
- Чтобы назначить материалы железобетонным конструкциям для второго варианта конструирования, снимите флажок **Жесткость** в поле **Назначить элементам**.
- В диалоговом окне **Жесткости и материалы** в списке типов общих свойств материалов для железобетонных конструкций выделите курсором строку **3.оболочка Пластины**.
- Щелкните по кнопке **Назначить текущим**.
- Щелкните по кнопке  – **Отметка элементов** в раскрывающемся списке **Отметка элементов** на панели инструментов **Панель выбора**.
- С помощью курсора выделите все элементы схемы.


- Затем в диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке  – **Применить**.
- В диалоговом окне с предупреждением щелкните по кнопке **ОК**.
- Назначьте текущим тип общих свойств материалов для железобетонных конструкций **2.стержень Балки**.
- В диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Назначьте текущим тип общих свойств материалов для железобетонных конструкций **4.стержень Колонны2**.
- 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**.

Назначение материалов элементам схемы для третьего варианта конструирования

- Для переключения на третий вариант конструирования, в диалоговом окне **Жесткости и материалы** с помощью счетчика **Номер текущего варианта конструирования схемы** переключитесь на номер варианта конструирования **3**.
- Назначьте текущим тип общих свойств материалов для железобетонных конструкций **3.оболочка Пластины**.
- Щелкните по кнопке  – **Отметка элементов** в раскрывающемся списке **Отметка элементов** на панели инструментов **Панель выбора**.
- С помощью курсора выделите все элементы схемы.
- Затем в диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке  – **Применить**.
- В диалоговом окне с предупреждением щелкните по кнопке **ОК**.
- Назначьте текущим тип общих свойств материалов для железобетонных конструкций **2.стержень Балки**.
- В диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Назначьте текущим тип общих свойств материалов для железобетонных конструкций **5.стержень Колонны3**.
- Щелкните по кнопке  – **Отметка вертикальных стержней** на панели инструментов **Панель выбора**.
- С помощью курсора выделите все вертикальные элементы.
- В диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке  – **Применить**.

Назначение материалов элементам схемы для четвертого варианта конструирования

- Для переключения на четвертый вариант конструирования, в диалоговом окне **Жесткости и материалы** с помощью счетчика **Номер текущего варианта конструирования схемы** переключитесь на номер варианта конструирования **4** (при этом в списке текущих материалов должны быть установлены в качестве текущих: тип – **3.оболочка**, класс бетона – **1.B25** и класс арматуры – **1.A400**).
- Щелкните по кнопке  – **Отметка элементов** в раскрывающемся списке **Отметка элементов** на панели инструментов **Панель выбора**.
- С помощью курсора выделите все элементы схемы.
- Затем в диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке  – **Применить**.
- В диалоговом окне с предупреждением щелкните по кнопке **ОК**.
- В диалоговом окне **Жесткости и материалы** назначьте текущим тип общих свойств материалов для железобетонных конструкций **2.стержень Балки**.

- В диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Назначьте текущим тип общих свойств материалов для железобетонных конструкций **1.стержень Колонны4**.

- 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**.

Назначение материалов элементам схемы для пятого варианта конструирования

- Для переключения на пятый вариант конструирования, в диалоговом окне **Жесткости и материалы** с помощью счетчика **Номер текущего варианта конструирования схемы** переключитесь на номер варианта конструирования **5**.
- Назначьте текущим тип общих свойств материалов для железобетонных конструкций **3.оболочка Пластины**.

- Щелкните по кнопке  – **Отметка элементов** в раскрывающемся списке **Отметка элементов** на панели инструментов **Панель выбора**.

- С помощью курсора выделите все элементы схемы.

- Затем в диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке  – **Применить**.

- В диалоговом окне с предупреждением щелкните по кнопке **ОК**.
- Назначьте текущим тип общих свойств материалов для железобетонных конструкций **2.стержень Балки**.

- В диалоговом окне **Жесткости и материалы** включите радио-кнопку **Бетон**.
- Назначьте текущим тип свойств бетона **2.В30**.

- В диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке  – **Применить**.

- Включите радио-кнопку **Тип**.
- Назначьте текущим тип общих свойств материалов для железобетонных конструкций **1.стержень Колонны1**.


- Щелкните по кнопке  – **Отметка вертикальных стержней** на панели инструментов **Панель выбора**.


- С помощью курсора выделите все вертикальные элементы.

- В диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке  – **Применить**.

Этап 5. 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.7.16).

- 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).

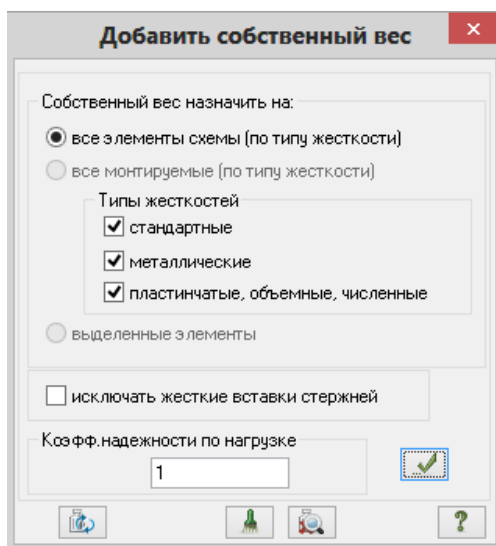





Рис.7.16. Диалоговое окно **Добавить собственный вес**

Формирование загрузки № 2

- Смените номер текущего нагружения щелчком по кнопке  – **Следующее нагружение** в строке состояния (находится в нижней области рабочего окна).
- Щелкните по кнопке  – **Отметка элементов** в раскрывающемся списке **Отметка элементов** на панели инструментов **Панель выбора**.
- Выделите все элементы схемы.
- Вызовите диалоговое окно **Задание нагрузок** на закладке **Нагрузки на пластины** (рис.7.17) 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**.

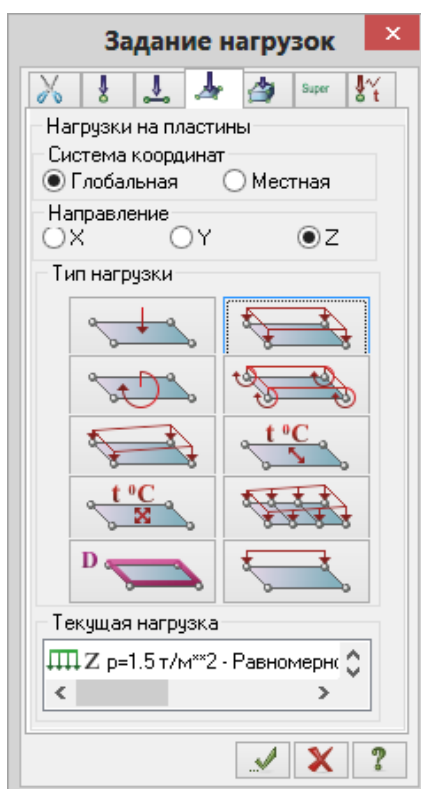



Рис.7.17. Диалоговое окно **Задание нагрузок**

- Щелчком по кнопке равномерно распределенной нагрузки вызовите диалоговое окно **Параметры**.
- В этом окне задайте интенсивность нагрузки $p = 1.5 \text{ т/м}^2$ (рис.7.18).
- Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.
- На экране появляется диалоговое окно **Предупреждение** (рис.7.19) в котором щелкните по кнопке **ОК**.

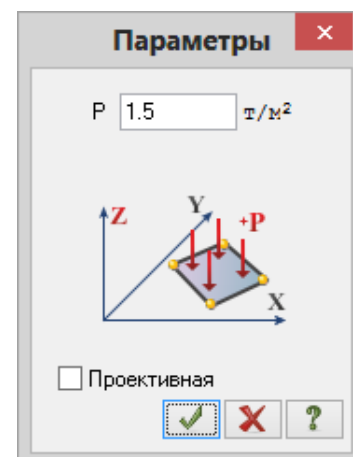


Рис.7.18. Диалоговое окно **Параметры**

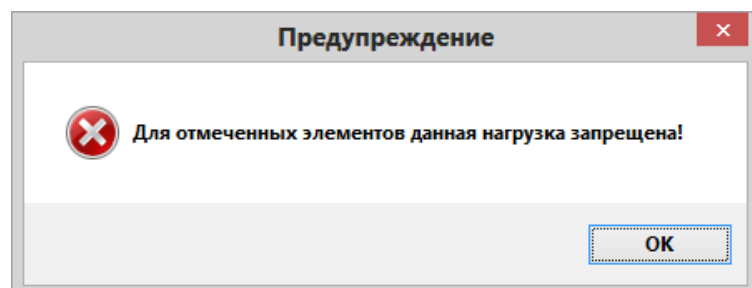




Рис.7.19. Диалоговое окно **Предупреждение**






Предупреждение связано с тем, что при выделении всех элементов схемы выделяются одновременно стержни и пластины. Задаваемая нагрузка на пластины запрещена для стержневых элементов.




Формирование загрузки № 3

- Смените номер текущего загрузки щелчком по кнопке  – **Следующее загрузке** в строке состояния.
- Еще раз выделите все элементы схемы.
- В диалоговом окне **Задание нагрузок** щелчком по кнопке равномерно распределенной нагрузки вызовите диалоговое окно **Параметры**.
- В этом окне задайте интенсивность нагрузки $p = 0.35 \text{ т/м}^2$.
- Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.







Формирование загрузки № 4

- Смените номер текущего загрузки на **4**.
- Перейдите в проекцию на плоскость XOZ щелчком по кнопке  – **Проекция на XOZ** на панели инструментов **Проекция** (по умолчанию находится в нижней области рабочего окна).
- После щелчка по кнопке  – **Отметка вертикальных стержней** на панели инструментов **Панель выбора** выделите крайний левый ряд колонн.
- В диалоговом окне **Задание нагрузок** перейдите на третью закладку **Нагрузки на стержни** и для изменения направления нагрузки включите радио-кнопку **X**.
- Щелчком по кнопке равномерно распределенной нагрузки вызовите диалоговое окно **Параметры**.
- В этом окне задайте интенсивность нагрузки $p = -0.5 \text{ т/м}^2$.
- Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

Формирование загрузки № 5

- Смените номер текущего загрузки на **5**.
- Перейдите в проекцию на плоскость YOZ щелчком по кнопке  – **Проекция на YOZ** на панели инструментов **Проекция**.
- Выделите колонны расположенные спереди здания (крайний левый ряд на проекции).
- В диалоговом окне **Задание нагрузок** для изменения направления нагрузки включите радиокнопку **Y**.
- Щелчком по кнопке равномерно распределенной нагрузки вызовите диалоговое окно **Параметры**.
- В этом окне задайте интенсивность нагрузки $p = -0.5 \text{ т/м}^2$.
- Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.
- Перейдите в диметрическую фронтальную проекцию представления расчетной схемы щелчком по кнопке  – **Диметрическая фронтальная проекция** на панели инструментов **Проекция**.

Задание расширенной информации о загрузках

- Вызовите диалоговое окно **Редактор загрузок** (рис.7.20) 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 **Кратковременное** 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 **Мгновенное** и щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Далее в списке загрузок выделите строку соответствующую пятому загрузке, а затем в поле **Редактирование выбранного загрузки** выберите в раскрывающемся списке **Вид** строку **Мгновенное** и щелкните по кнопке  – **Применить**.

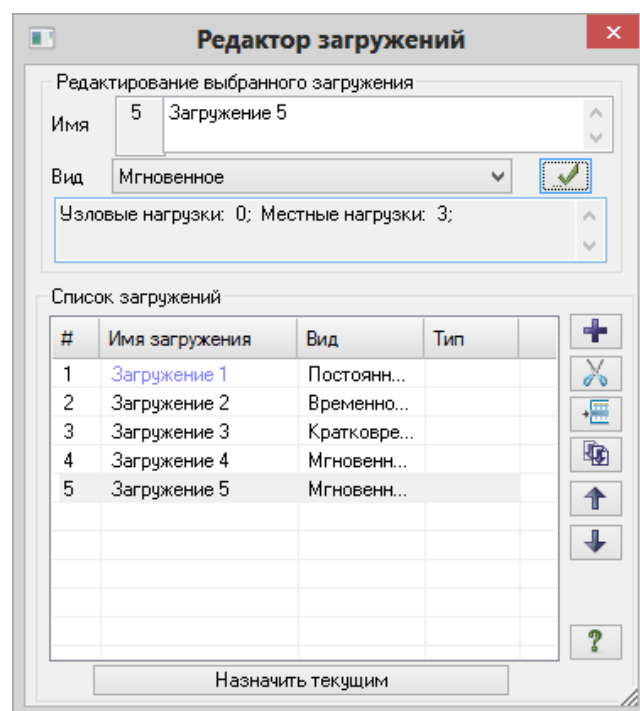







Рис.7.20. Диалоговое окно Редактор загрузок

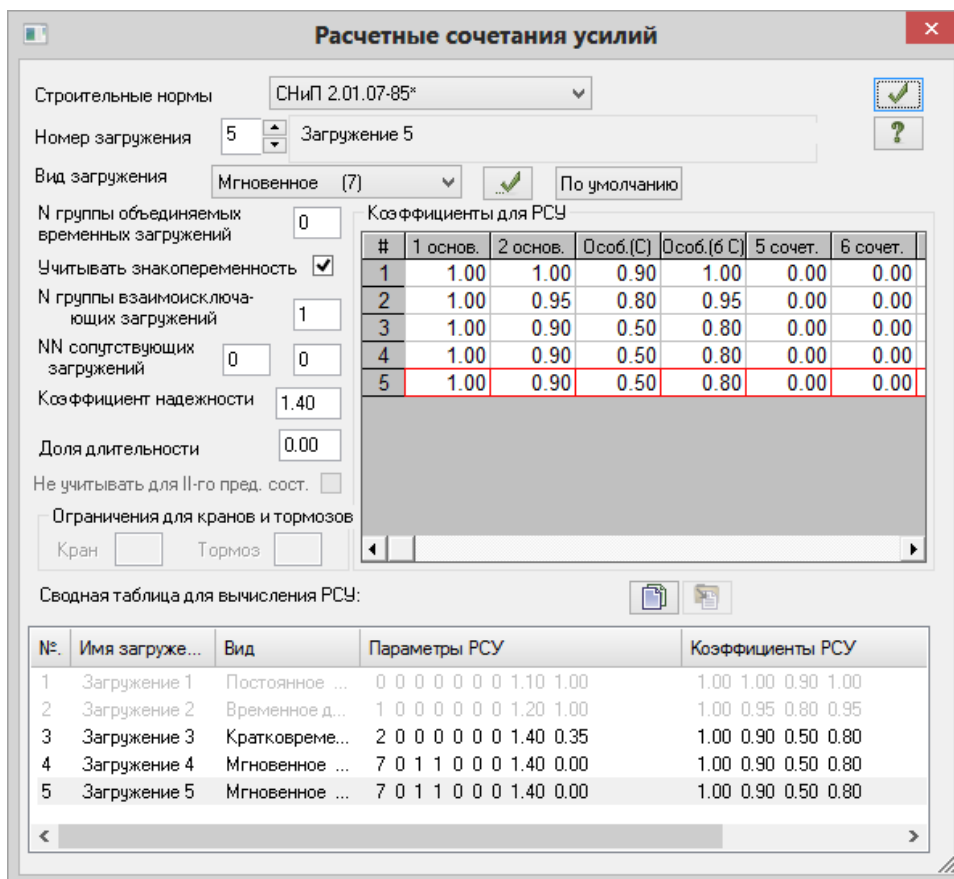
Этап 6. Генерация таблицы РСУ

- Щелчком по кнопке  – **Таблица РСУ** (панель РСУ на вкладке **Расчет**) вызовите диалоговое окно **Расчетные сочетания усилий** (рис.7.21).



Так как вид загружений задавался в диалоговом окне *Редактор загружений* (рис.7.20) таблица РСУ сформировалась автоматически с параметрами, принятыми по умолчанию для каждого загружения. Далее нужно только изменить параметры для третьего, четвертого и пятого загружений.

- В этом окне при выбранных строительных нормах **СНиП 2.01.07-85*** задайте следующие данные:
- в сводной таблице для вычисления РСУ выделите строку соответствующую 3-му загружению. Затем в текстовом поле **Коэффициент надежности** задайте величину **1.4** и после этого щелкните по кнопке  – **Применить**;
 - далее в сводной таблице для вычисления РСУ выделите строку соответствующую 4-му загружению. Затем установите флажок **Учитывать знакопеременность**, в текстовом поле **№ группы взаимоисключающих загружений** задайте **1** и щелкните по кнопке  – **Применить**;
 - далее в сводной таблице для вычисления РСУ выделите строку соответствующую 5-му загружению. Затем установите флажок **Учитывать знакопеременность**, в текстовом поле **№ группы взаимоисключающих загружений** задайте **1** и после этого щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Для окончания формирования таблицы РСУ, щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.



Строительные нормы: **СНиП 2.01.07-85***

Номер загружения: **5** Загружение 5

Вид загружения: **Мгновенное (7)** По умолчанию

№ группы объединяемых временных загружений: **0**

Учитывать знакопеременность: ☒

№ группы взаимоисключающих загружений: **1**

№№ сопутствующих загружений: **0** **0**

Коэффициент надежности: **1.40**

Доля длительности: **0.00**

Не учитывать для II-го пред. сост.: ☐


Ограничения для кранов и тормозов: Кран ☐ Тормоз ☐

Сводная таблица для вычисления РСУ:

№	Имя загрузки...	Вид	Параметры РСУ	Коэффициенты РСУ
1	Загружение 1	Постоянное ...	0 0 0 0 0 0 1.10 1.00	1.00 1.00 0.90 1.00
2	Загружение 2	Временное д...	1 0 0 0 0 0 1.20 1.00	1.00 0.95 0.80 0.95
3	Загружение 3	Кратковреме...	2 0 0 0 0 0 1.40 0.35	1.00 0.90 0.50 0.80
4	Загружение 4	Мгновенное ...	7 0 1 1 0 0 1.40 0.00	1.00 0.90 0.50 0.80
5	Загружение 5	Мгновенное ...	7 0 1 1 0 0 1.40 0.00	1.00 0.90 0.50 0.80

Рис.7.21. Диалоговое окно **Расчетные сочетания усилий**

Этап 7. Полный расчет схемы



- Запустите задачу на расчет щелчком по кнопке  – **Выполнить расчет** (панель **Расчет** на вкладке **Расчет**).

Этап 8. Просмотр и анализ результатов статического расчета





После расчета задачи, просмотр и анализ результатов статического и динамического расчетов осуществляется на вкладке **Анализ**.





Отключение отображения нагрузок на расчетной схеме

- Щелкните по кнопке  – **Флаги рисования** на панели инструментов **Панель выбора**.
- 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.


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 перемещений** и после этого щелкните по кнопке  – **Изополя перемещений по Z** (панель **Деформации** на вкладке **Анализ**).


Вывод на экран эпюр внутренних усилий

- Выведите на экран эпюру **My** щелчком по кнопке  – **Эпюры My** (панель **Усилия в стержнях** на вкладке **Анализ**).
- Для вывода эпюры **Qz** щелкните по кнопке  – **Эпюры поперечных сил Qz** (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 усилий **N**, выберите команду  – **Мозаика усилий в стержнях** в раскрывающемся списке **Эпюры/мозаика усилий** (панель **Усилия в стержнях** на вкладке **Анализ**).



Смена номера текущего загружения

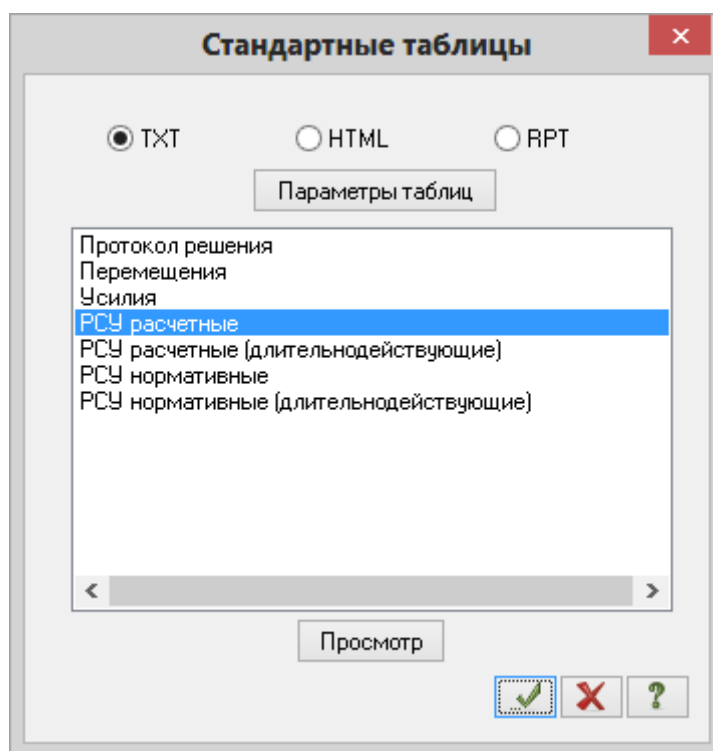
- В строке состояния (находится в нижней области рабочего окна) в раскрывающемся списке **Сменить номер загружения** выберите строку соответствующую второму загружению и щелкните по кнопке  – **Применить**.

Вывод на экран мозаик напряжений

- Чтобы вывести на экран мозаику напряжений по M_x , выберите команду  – **Мозаика напряжений** в раскрывающемся списке **Мозаика/изополя напряжений** 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 N_x , щелкните по кнопке N_x – **Мозаика напряжений по N_x** (панель **Напряжения в пластинах и объемных КЭ** на вкладке **Анализ**).

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 **Стандартные таблицы** (рис.7.22) выделите строку **PCY расчетные**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить** (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**).









Рис.7.22. Диалоговое окно **Стандартные таблицы**

- Для того чтобы закрыть таблицу, выполните пункт меню **Файл** ⇒ **Заккрыть**.


Этап 9. Просмотр и анализ результатов конструирования

После расчета задачи, просмотр и анализ результатов конструирования осуществляется на вкладке **Конструирование**.

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 стержневой или пластинчатый элемент.
- В появившемся диалоговом окне перейдите для пластинчатых элементов на закладку **Информация о выбранной арматуре**, а для стержневых элементов на закладку **Арматура продольная** (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 **Пластины** на вкладке **Конструирование**).
- Чтобы посмотреть мозаику отображения площади нижней арматуры в пластинах по направлению оси Y1, щелкните по кнопке  – **Нижняя арматура в пластинах по оси Y1** (панель **Пластины** на вкладке **Конструирование**).
- Для установки режима отображения симметричного армирования в сечениях стержней, выберите команду  – **Симметричное армирование** в раскрывающемся списке **Армирование** (панель **Стержни** на вкладке **Конструирование**).
- Чтобы посмотреть мозаику отображения площади продольной арматуры в нижнем левом угле сечения стержня AU1, щелкните по кнопке  – **Угловая арматура AU1** (панель **Стержни** на вкладке **Конструирование**).
- Чтобы посмотреть мозаику отображения площади продольной арматуры в нижнем правом угле сечения стержня AU2, щелкните по кнопке  – **Угловая арматура AU2** (панель **Стержни** на вкладке **Конструирование**).
- Для установки режима отображения несимметричного армирования в сечениях стержней, выберите команду  – **Несимметричное армирование** в раскрывающемся списке **Армирование** (панель **Стержни** на вкладке **Конструирование**).

Формирование и просмотр таблиц результатов подбора арматуры

- Вызовите диалоговое окно **Таблицы результатов** (рис.7.23), выбрав команду  – **Таблицы результатов для ЖБ** в раскрывающемся списке **Документация** (панель **Таблицы** на вкладке **Конструирование**).
- В этом окне по умолчанию в поле **Элементы** включена кнопка **Стержни**, в поле **Создать таблицу** включена радио-кнопка **для всех элементов**, а в поле **Формат таблиц** включена радио-кнопка **Текстовые**.
- Щелкните по кнопке **Таблицу на экран** (для создания таблиц результатов подбора арматуры в формате HTML нужно включить радио-кнопку **HTML**. Для создания таблиц в других форматах нужно включить соответствующую радио-кнопку).

Смена номера варианта конструирования

- В строке состояния в раскрывающемся списке **Сменить номер варианта конструирования** выберите строку соответствующую второму варианту конструирования.

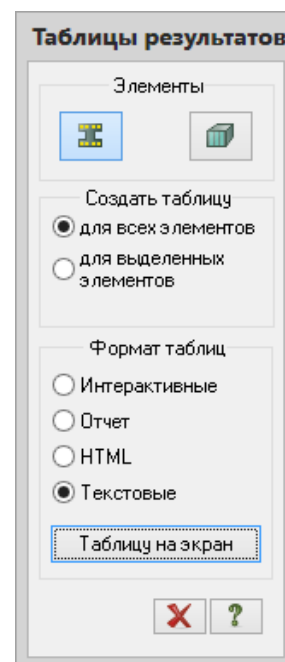



Рис.7.23. Диалоговое окно **Таблицы результатов**



Для альтернативного переключения на другой вариант конструирования, нужно вызвать диалоговое окно **Варианты конструирования** (рис.7.4) щелчком по кнопке  – **Варианты конструирования** (панель **Конструирование** на вкладке **Конструирование**). Чтобы переключиться на другой вариант конструирования, нужно выбрать соответствующую строку в **Списке вариантов конструирования схемы** и щелкнуть по кнопке **Назначить текущим**.






Просмотр и анализ результатов армирования по второму варианту конструирования осуществляется аналогично первому варианту конструирования.



Изменение размеров сечения



Проанализировав результаты армирования по всем вариантам конструирования, за окончательный принимаем четвертый вариант конструирования. Для этого варианта конструирования выполним подбор арматуры при увеличенных размерах сечений стержневых элементов.

- Щелчком по кнопке  – **Жесткости и материалы** (панель **Конструирование** на вкладке **Конструирование**) вызовите диалоговое окно **Жесткости и материалы**.
- В этом окне в списке типов жесткостей выделите курсором тип жесткости **1. Брус 40х40**.
- Щелкните по кнопке **Изменить**.
- В появившемся диалоговом окне **Задание стандартного сечения** задайте новые параметры сечения **Брус**:
 - геометрические размеры – **В** = 50 см; **Н** = 50 см.
- Для ввода данных щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.
- После этого в диалоговом окне **Жесткости и материалы** в списке типов жесткостей выделите курсором тип жесткости **2. Тавр_Т 30х50**.
- Щелкните по кнопке **Изменить**.
- В новом окне **Задание стандартного сечения** задайте новые параметры сечения **Тавр_Т**:
 - геометрические размеры – **Н** = 60 см.
- Для ввода данных щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

Подбор арматуры при измененных размерах сечений

- Переключитесь на четвертый вариант конструирования.
- Запуск задачи на подбор арматуры производится щелчком по кнопке  – **Расчет арматуры** (панель **ЖБ: расчет** на вкладке **Конструирование**).
- В появившемся диалоговом окне **Ж/б расчет** (рис.7.24) щелкните по кнопке **Выполнить расчет**.
- После окончания расчета щелкните по кнопке  – **Заккрыть**.

Ж/б расчет пример7 (пример7.lir)

☒ Расчет по РСУ
☐ Расчет по РСН
☐ Расчет по усилиям

Монтаж +
☐ Выполнять расчет для МОНТАЖ +
☐ Выдавать результаты для каждой стадии МОНТАЖ +

РАСЧЕТ ЗАКОНЧЕН !

☐ Для отмеченных
☐ Использовать только одно ядро (для многоядерных процессоров)

Расчет

Основная схема		Стержни	183
Всего	1023	Пластины	840

Подбор арматуры в пластинах

Выполнить расчет Прекратить расчет

✕ ?

Рис.7.24. Диалоговое окно Ж/б расчет



Просмотр и анализ результатов армирования после подбора арматуры при измененных размерах сечения осуществляется аналогично описанному выше.

Пример 8. Проектирование монолитной железобетонной диафрагмы при помощи системы САПФИР-ЖБК

Цели и задачи:

- отобразить минимально необходимые данные для выполнения подбора армирования диафрагм;
- продемонстрировать технологию импорта в систему **САПФИР-ЖБК** результатов подбора арматуры, выполненного в **ПК ЛИРА-САПР**;
- выполнить проектирование монолитной железобетонной стены (диафрагмы) при помощи системы **САПФИР-ЖБК**.

Исходные данные:

Для работы с данным примером необходимо открыть файл упражнения 8_диафрагма. При установке по умолчанию, все файлы упражнений устанавливаются на жесткий диск компьютера в C:\ProgramData\SAPFIR\Sapfir_2013\Samples. Для того чтобы запустить файл упражнения выполните следующую команду Windows: **Пуск** ⇒ **Все программы** ⇒ **LIRA SAPR** ⇒ **ЛИРА-САПР 2013** ⇒ **Файлы примеров САПФИР**.

Для того чтобы начать работу с ПК САПФИР выполните следующую команду Windows: **Пуск** ⇒ **Все программы** ⇒ **LIRA SAPR** ⇒ **ЛИРА-САПР 2013** ⇒ **САПФИР 2013**.

Интерфейс программы

Окно ПК САПФИР условно можно поделить на несколько областей (рис.8.1).

1. **Графическая область модели**
2. **Локальная система координат (ЛСК)** - является динамической и может быть перенесена в любую точку модели, повернута и сориентирована произвольным образом.
3. Панель **Инструменты** - содержит инструменты необходимые для создания модели здания или сооружения.
4. Подсистемы ПК САПФИР: **Архитектура, Конструкции, Армирование, Чертежи**. Условное разделение программы на несколько режимов с подбором необходимых инструментов в зависимости от выбранного вида.
5. Базовые панели инструментов САПФИР. В порядке слева направо сверху вниз: **Стандарт, Визуализация, Проекция и Виды, Позиционирование локатора, Редактирование, Результаты армирования**.
6. **Панель свойств инструмента** – является динамически обновляемой и зависит от выбранного инструмента
7. Служебное окно **Свойства**
8. Служебные окна **Структура, Библиотеки**
9. Служебное окно **Предварительный просмотр**
10. Служебные окна **Виды и Листы**.
11. Окно **Служебная информация** для отображения процессов происходящих в модели, а также сообщениях об ошибках и некоррекциях.

Все служебные окна являются плавающими, могут быть припаркованы и сгруппированы произвольным образом. Отображением окон и панелей инструментов можно управлять через меню **Вид** ⇒ **Панели инструментов**.

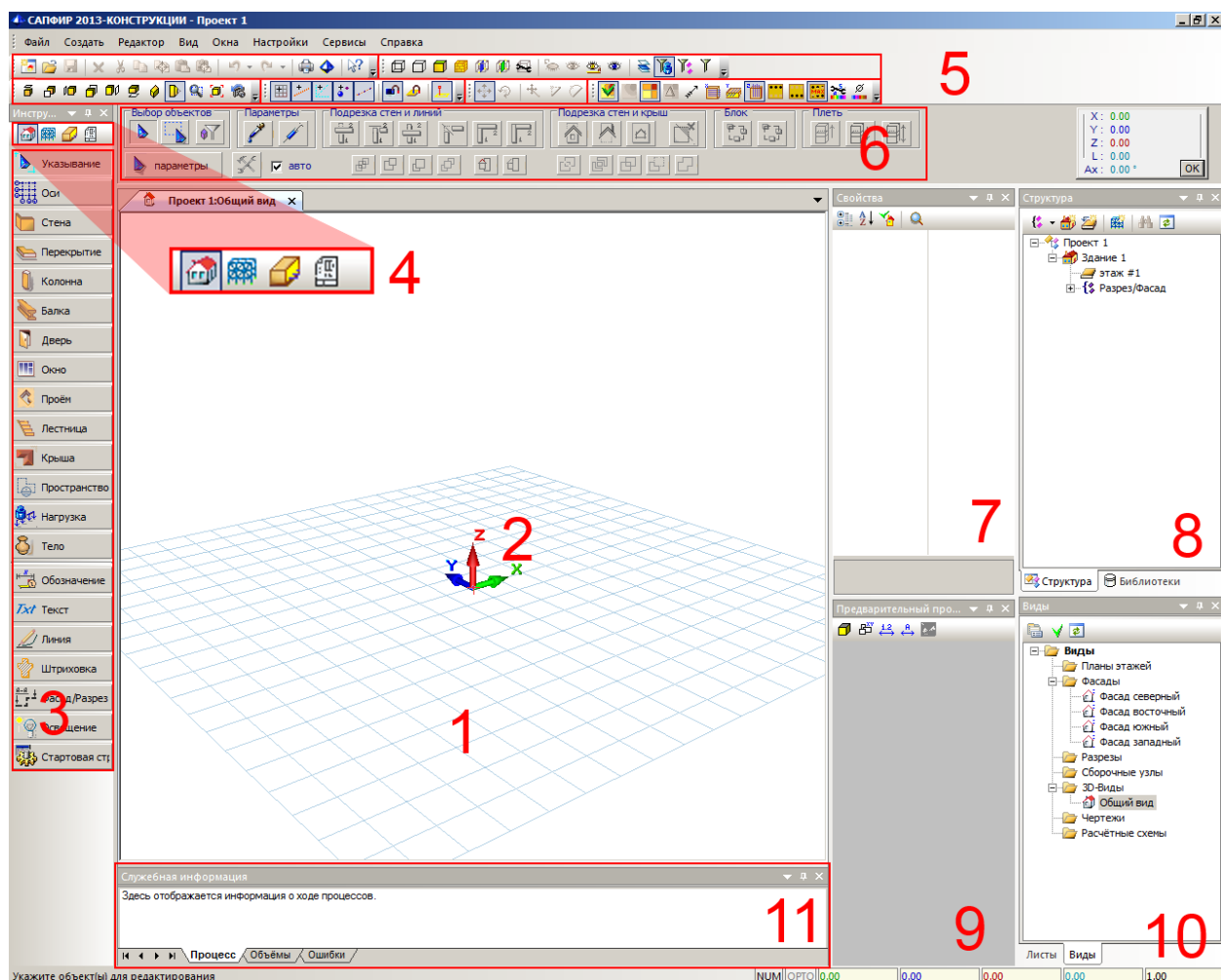


Рис.8.1. Начальные установки и расположение окон в ПК САПФИР

Основные необходимые настройки для работы с ПК САПФИР содержатся в двух диалоговых окнах: **Настройки визуализации** и **Настройки САПФИР**. **Настройки визуализации** позволяют настроить отображение модели в проекте (основные способы визуализации модели вынесены на панели инструментов Визуализация), настроить цветное отображение выделения и сечений модели, а также шаг сетки в модели и на чертежах.

Остальные параметры модели хранятся в диалоговом окне **Настройки САПФИР** (рис.8.2). Данное диалоговое окно содержит все настройки для комфортного функционирования программы. Настройки сгруппированы по тематике и разделены на закладки. В этом примере нас будет интересовать закладка **Армирование**, в которой содержатся параметры для вида графических обозначений зон армирования, обозначения арматуры, настройки для плит, узлов продавливания и стен.

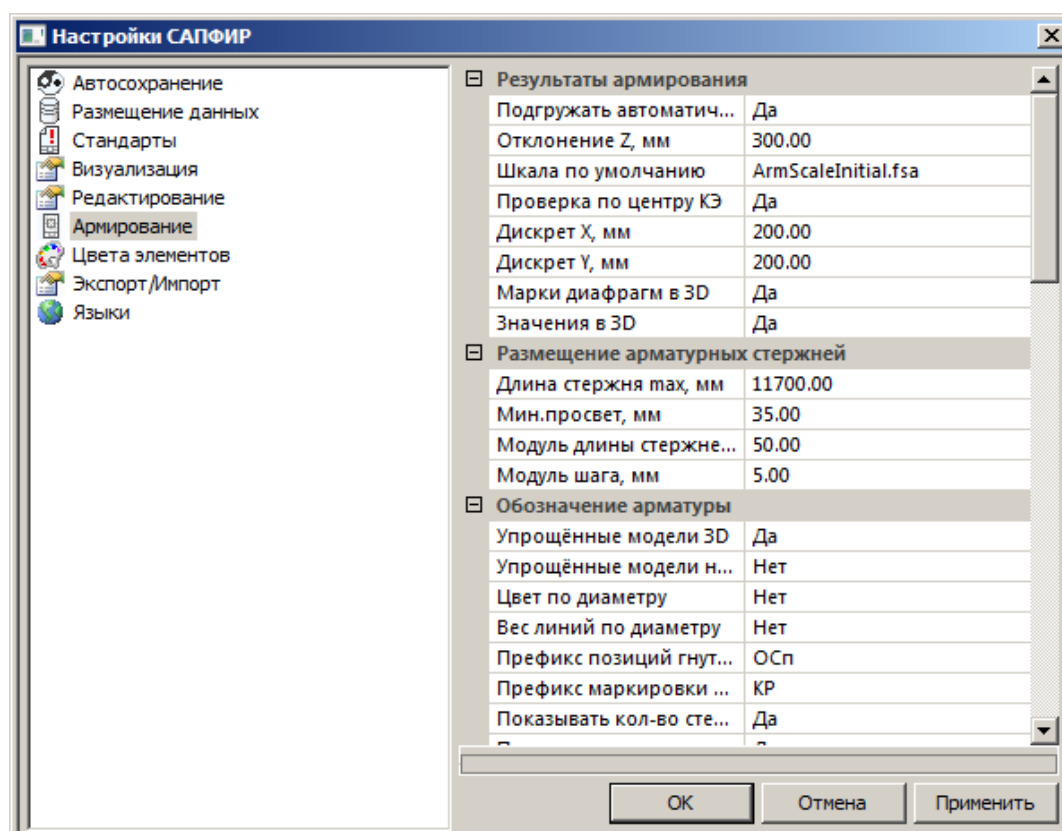


Рис.8.2. Диалоговое окно Настройки САПФИР

Этап 1. Минимально необходимые данные для расчета армирования и проектирования диафрагм

Для проектирования диафрагм необходимо, чтобы модель соответствовала следующим требованиям:

1. В модели ПК САПФИР должны присутствовать стены;
2. Для несущего материала стен (бетона) должна быть задана интерпретация **Несущий конструктив**;
3. Материал должен иметь признак ЖБК (настраивается в диалоговом окне **Материалы**) (рис.8.3);
4. Пластинам стен в ПК ЛИРА-САПР должен быть назначен материал;
5. Для пластин стен должен быть выполнен подбор армирования.

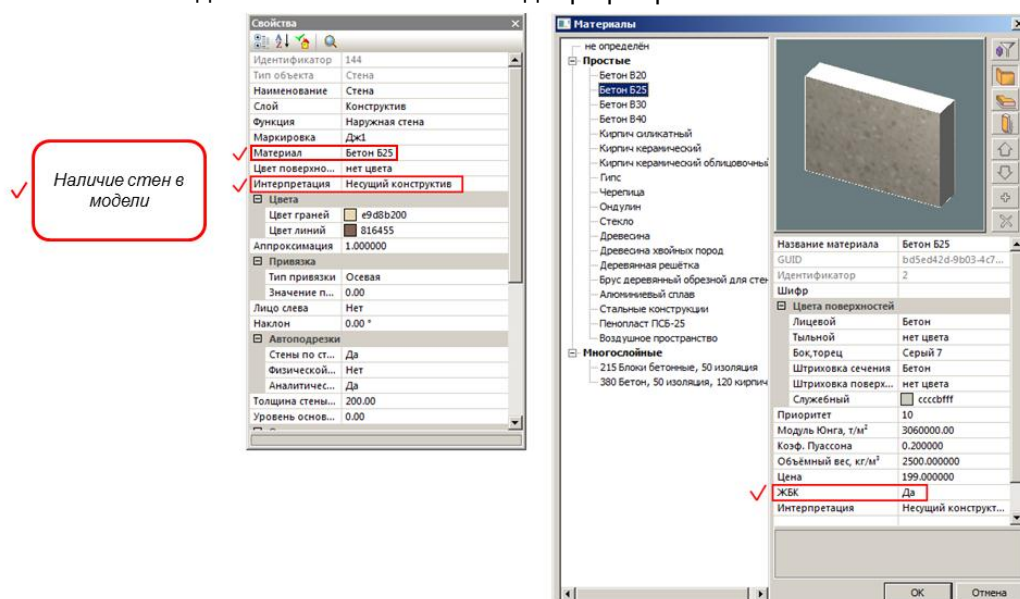


Рис.8.3. Необходимый минимум параметров для расчета армирования и проектирования диафрагм



Чтобы получить из расчетного комплекса ПК ЛИРА-САПР результаты, пригодные для конструирования диафрагмы на их основе, необходимо проверить согласование осей конечных элементов. При необходимости – выполните согласование.

Используйте **Полифильтр** для выделения конечных элементов пластин (стен), расположенных вертикально в плоскости XOZ . Вызовите диалоговое окно **Местные оси пластин** (рис.8.4) с контекстной вкладки **Работа с пластинами**. Выполните сонаправление осей КЭ. Затем заново выделите КЭ пластин, расположенных вертикально в плоскости XOZ и выполните согласование осей $XOY+$ (рис.8.4). Результат выполнения команды отображается на элементах, если в диалоговом окне **Флаги рисования** (рис.8.5) установить флажок **Согласование осей пластин и объемных КЭ (для результатов)**.

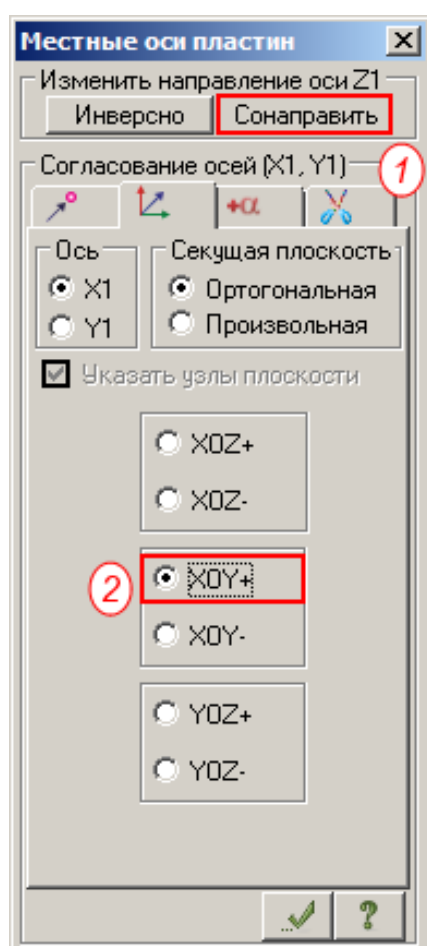


Рис.8.4. Диалоговое окно **Местные оси пластин**

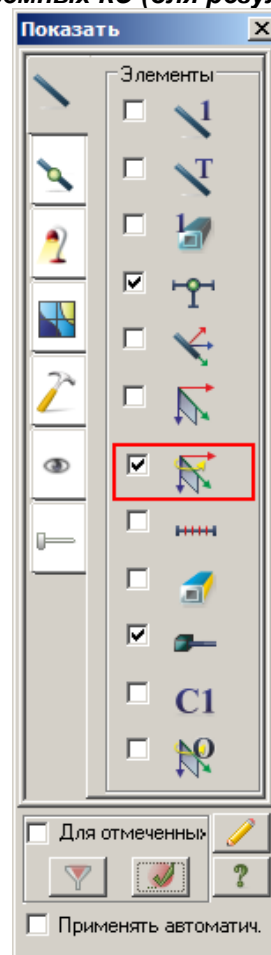


Рис.8.5. Диалоговое окно **Флаги рисования**

В результате согласования оси конечных элементов должны стать сонаправлены осям координат X и Y , соответственно (рис.8.6).

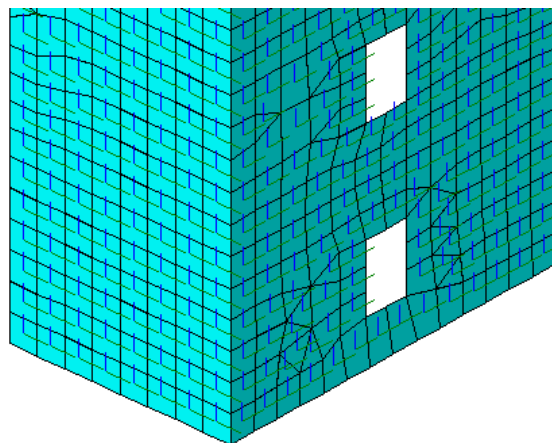


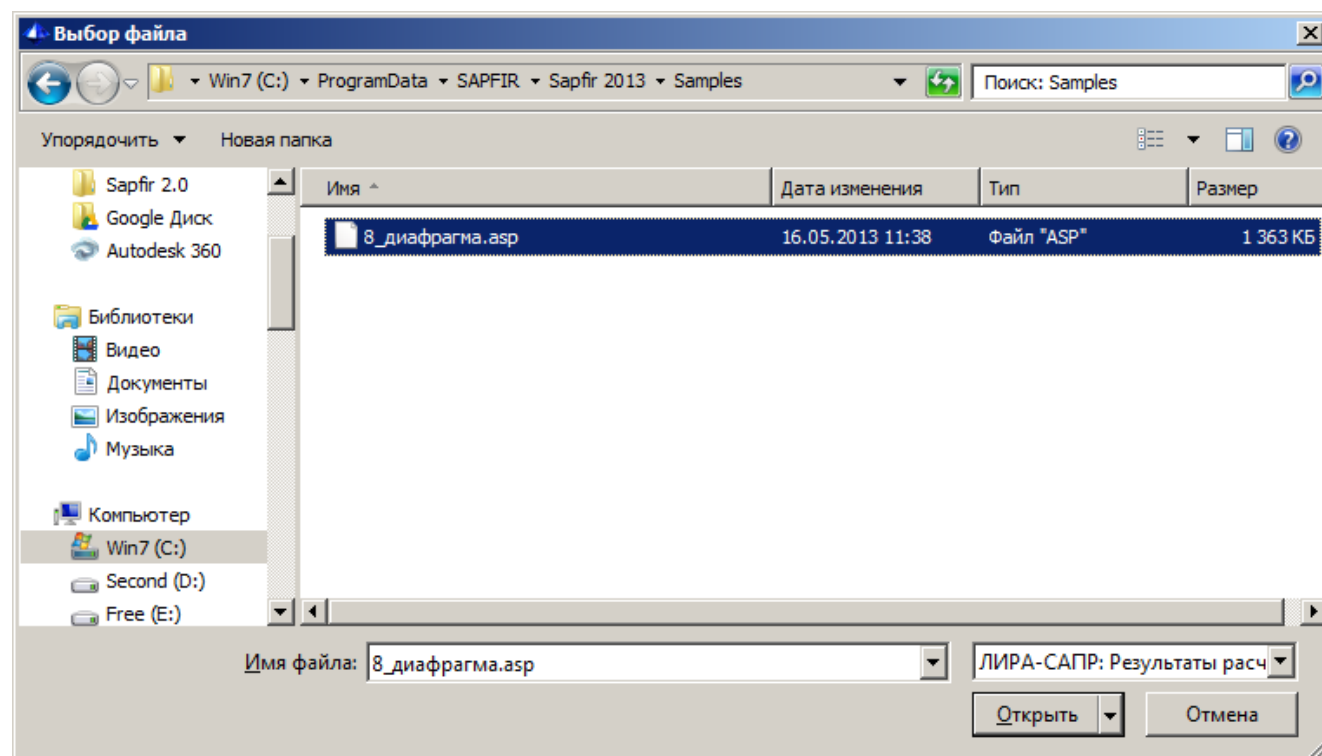


Рис.8.6. Результат согласования осей

Этап 2. Импорт результатов армирования

- На панели инструментов **Стандарт** выберите команду  - **Открыть**.
- Найдите папку с готовыми упражнениями (путь к папке указан в исходных данных примера) и выберите файл **8_диафрагма.spf**.
- Импорт результатов армирования в открытую модель можно выполнить, щелкнув кнопку  - **Результаты расчета** на панели инструментов **Результаты армирования**.
- В открывшемся диалоговом окне **Выбор файла** (рис.8.7) выберите файл **8_диафрагма.asp** и щелкните по кнопке **Открыть**.
- Программа выполнит автоматический подбор вида под импортированные результаты – мозаику армирования и отобразит модель в каркасном режиме визуализации.

**Рис.8.7.** Импорт результатов армирования

Расчетное армирование может быть показано по двум направлениям для обеих граней диафрагмы, а также по максимальной площади, взятой из двух граней, по которой выполняется дальнейшее конструирование (рис.8.8). В левом нижнем углу диафрагмы выводится цифра максимального значения площади расчетного армирования в КЭ диафрагмы. Значение площади выводится на лицевой грани диафрагмы (лицевой гранью считается правая грань стены от ее начальной точки). Отображаемое значение площади армирования зависит от выбранного направления и грани визуализации результатов.

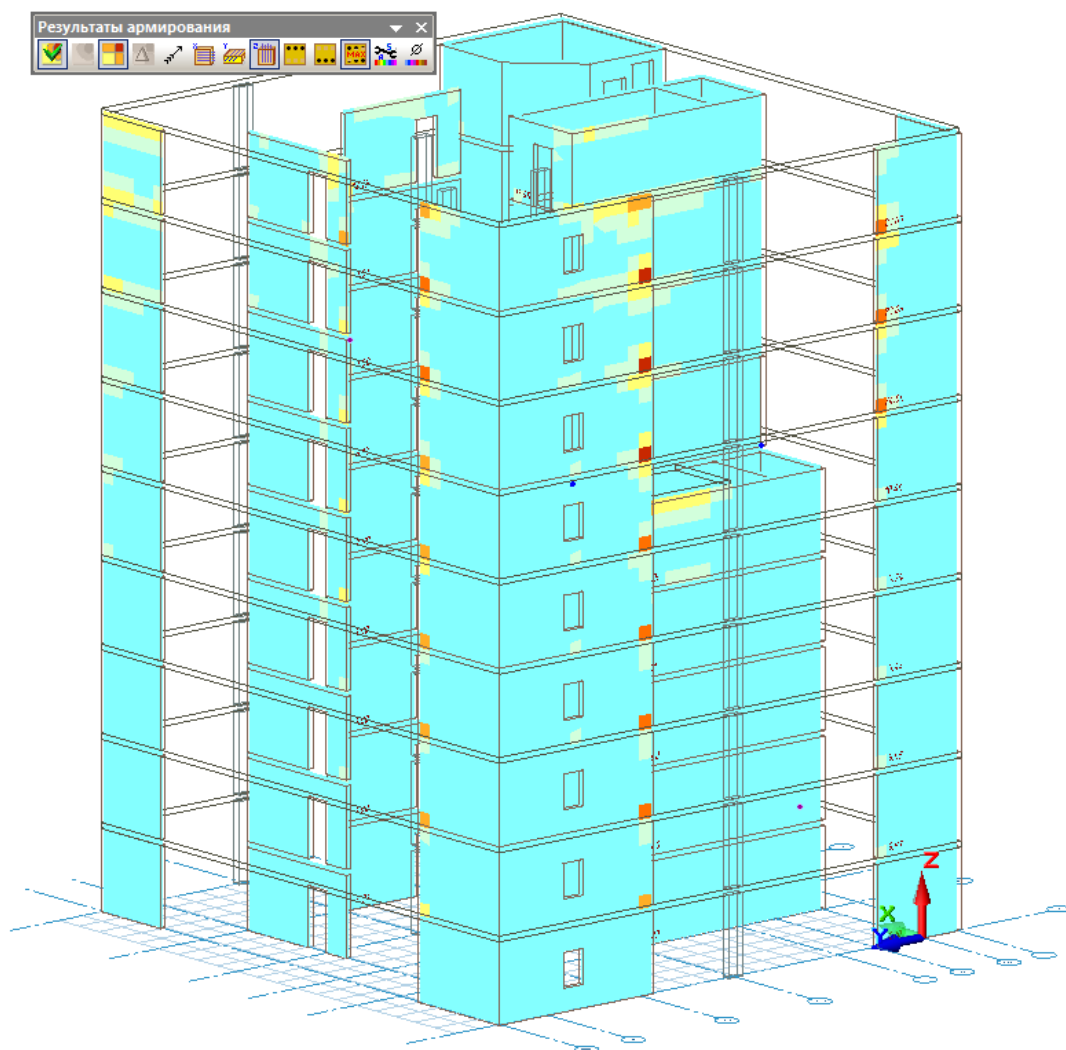


Рис.8.8. Визуализация расчетного армирования

Этап 3. Автоматическое проектирование диафрагмы

Создание унифицированной группы

- Выполните поворот схемы, удерживая нажатой правую кнопку мыши, и просмотрите необходимые расчетные площади армирования для диафрагм.



Поворот схемы для выбора удобного ракурса выполняется при нажатой правой кнопке мыши. Навигация в графической области проекта выполняется при нажатой средней кнопке мыши. Для приближения к объектам схемы необходимо использовать колесо прокрутки.

- Руководствуясь отображаемыми значениями и мозаикой площади армирования выделите диафрагму третьего этажа, расположенную на оси И, указав ее в модели (рис.8.9).
- Удерживая нажатой клавишу **Shift** на клавиатуре, выделите диафрагму, расположенную на четвертом этаже. Панель свойств инструмента автоматически подстроится под инструмент **Указывание**.



- Выполните щелчок по кнопке - **Выделить вверх**, чтобы выделить вверх плеть стен, расположенных на данной оси.

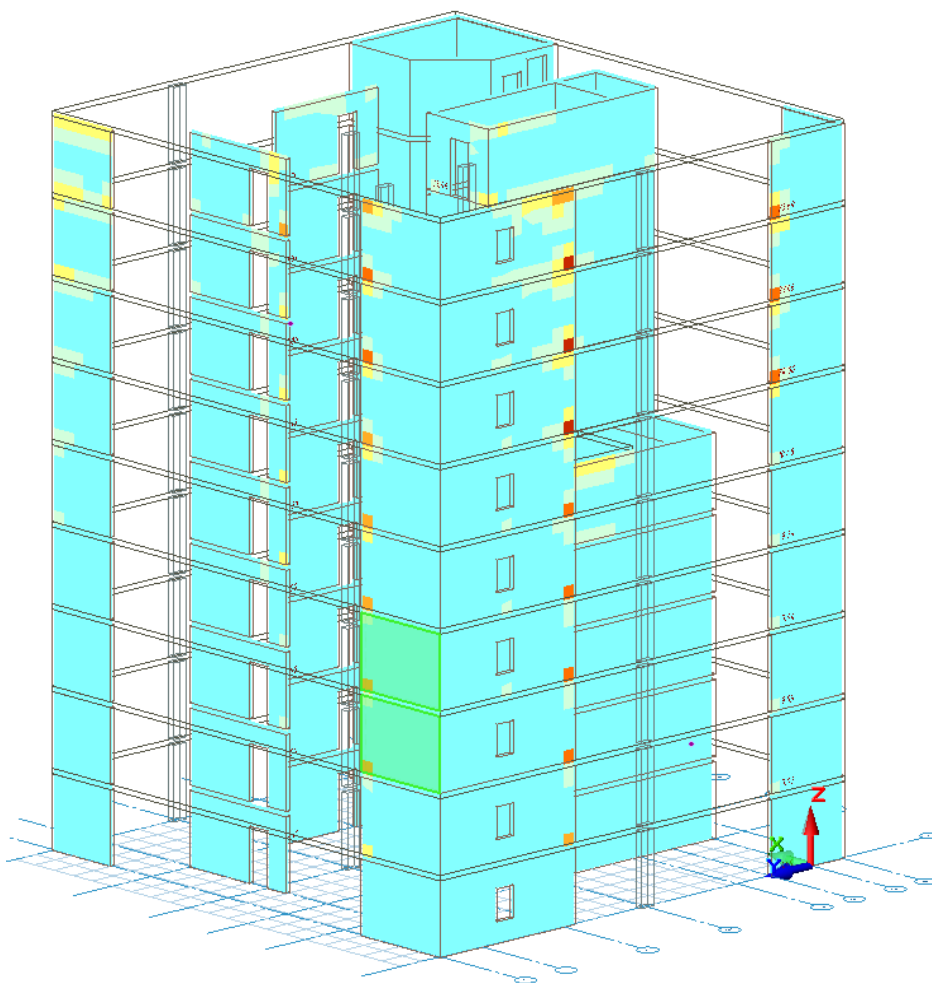




Рис.8.9. Автоматизированное выделение стен

- Выполните щелчок по кнопке  **параметры** - **Параметры** на панели свойств инструмента
-  **Указывание** - **Указывание**.
- В открывшемся диалоговом окне **Параметры 7 объектов** для параметра **Маркировка** установите значение **ДЖ_1** (рис.8.10).
- Щелкните по кнопке **Применить**, чтобы применить сделанные изменения и закрыть диалоговое окно.



Назначенная марка для унифицированной группы диафрагм графически отобразится в 3D виде. В левом нижней углу промаркированных диафрагм над значением максимальной площади армирования появится обозначение назначенной марки.

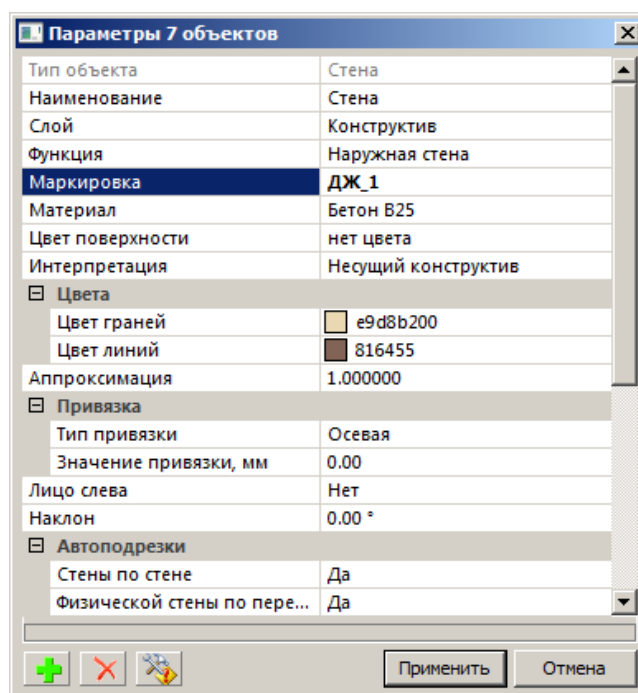




Рис.8.10. Диалоговое окно Параметры стен

- Выполните щелчок по любой из выбранных диафрагм плиты, чтобы снять выделение с плиты диафрагм и оставить выделенной только одну.

- Щелкните по кнопке  - **Армирование диафрагм** на панели свойств инструмента  **Стена** - **Стена**. Одна самая нагруженная стена из унифицированной группы с маркой **ДЖ_1** выделится в отдельный сборочный узел.



Если армируемой стене предварительно не была назначена марка, то ПК САПФИР выдаст предупреждение, что **Выделенной стене не назначена марка. Назначить?** (рис.8.11). Щелкните по кнопке **Да**. В появившемся диалоговом окне **Маркировка элементов конструкции** (рис.8.12) согласитесь с маркировкой по умолчанию или введите необходимое значение и щелкните по кнопке **Да**. В сборочный узел выделится именно та стена, которая была указана.

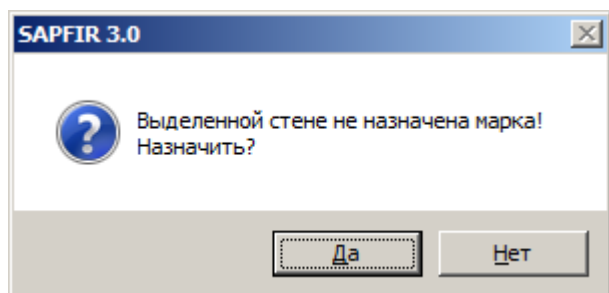


Рис.8.11. Диалоговое окно предупреждения о не назначенной марке

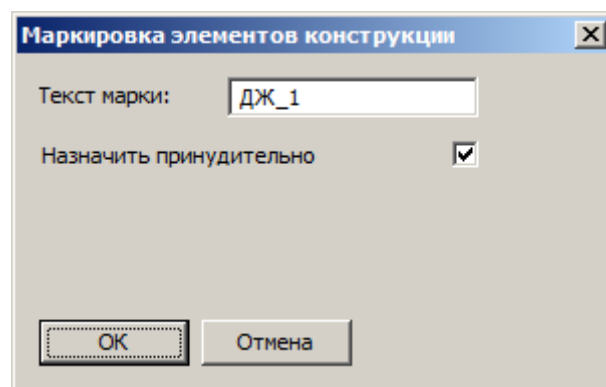




Рис.8.12. Диалоговое окно Маркировка элементов конструкции



Имеет значение способ создания стены. Если стена была создана с включенной опцией **Цепочка**, то армироваться будет развертка стены. Для армирования только одного сегмента стены, необходимо выделить стену и на панели свойств инструмента  **Стена** нажать кнопку  - **Разделить на сегменты** (рис.8.13). После этого требуется заново подгрузить результаты расчета армирования через меню **Файл** ⇒ **Импорт**.

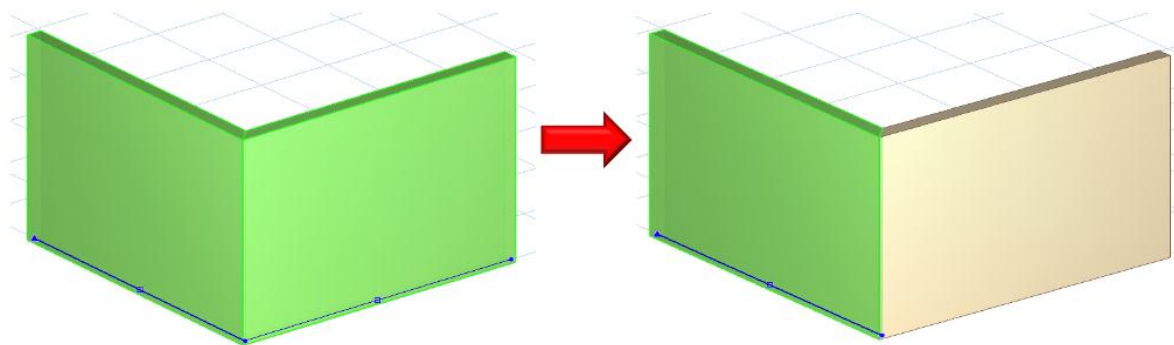


Рис.8.13. Разделение стены на сегменты

Редактирование автоматической расстановки стержней в диафрагме

- В открывшейся новой закладке **Армирование диафрагмы ДЖ_1** (рис.8.15) железобетонная стена уже получила некий начальный вариант автоматической расстановки стержней. Зоны армирования диафрагм подобраны с таким шагом и диаметром чтобы соответствовать необходимой расчетной площади армирования в КЭ.

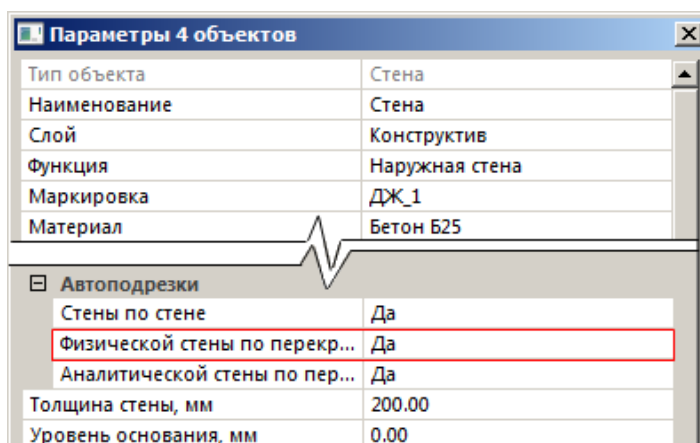


Рис. 8.14 Выравнивание физических моделей стен по перекрытию



Для того чтобы на развертке стены автоматически вычерчивалась плита и указывалось положение шва бетонирования необходимо чтобы физические (архитектурные) модели стен были выравнены по перекрытию. Выравнивание физических моделей стен по перекрытию можно произвести как на этапе создания модели перед расчетом, так и после импорта результатов подбора армирования, непосредственно перед проектированием диафрагмы. Для этого необходимо выделить стены и в диалоговом окне **Параметры** (рис.8.14) для параметра **Физические стены по перекрытию** установить значение **Да**.

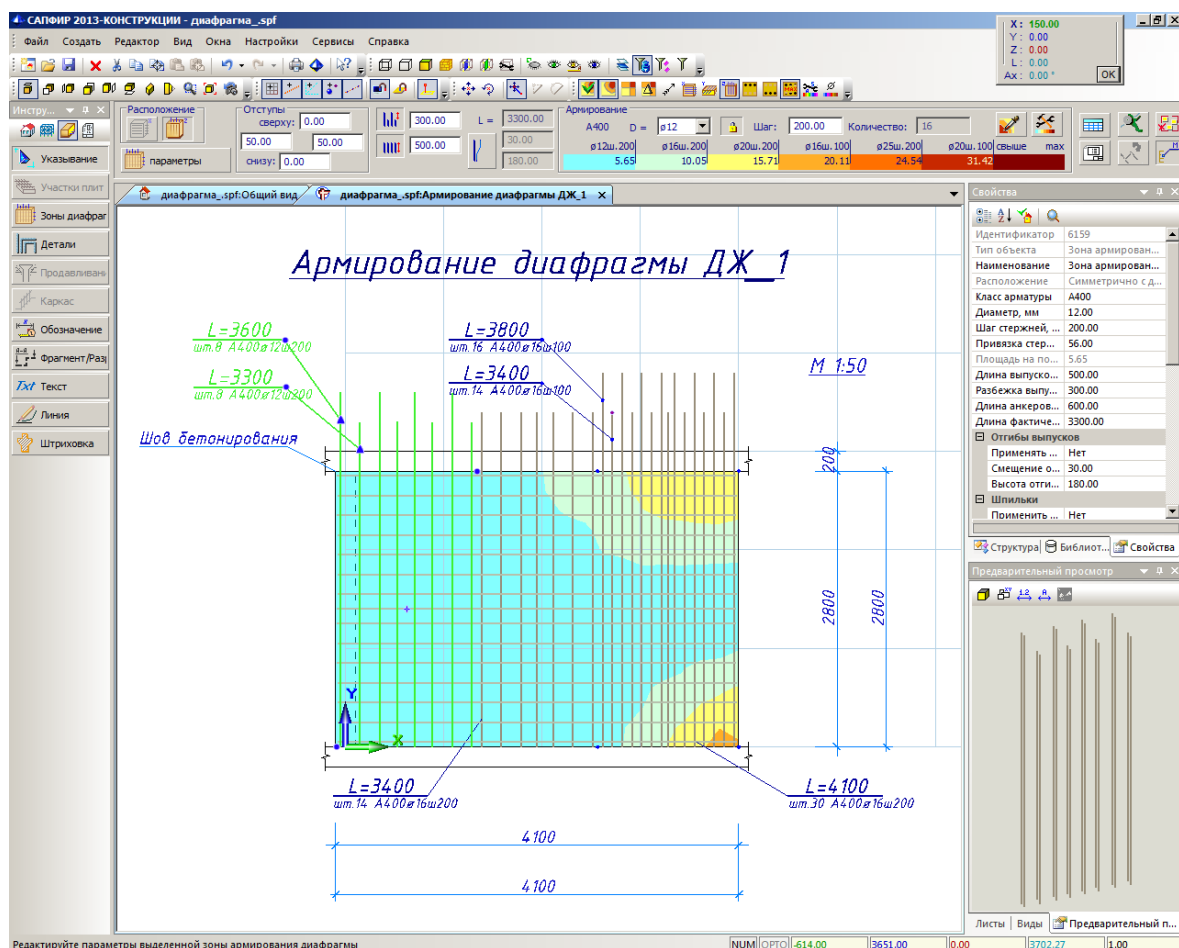


Рис.8.15. Автоматическое проектирование диафрагмы



При начальном варианте расстановки стержней все зоны получают необходимое значение перехлеста арматуры согласно назначенному диаметру. Варьировать величиной перехлеста в ручном режиме можно в поле редактирования **Арматурные выпуски** на панели свойств инструмента **Зоны диафрагм** (рис.8.16, 8.17). Значение арматурных выпусков применяемых по умолчанию состоит из толщины плиты и величины перехлеста заданной в диалоговом окне **Арматура** (рис.8.16). В данном диалоговом окне указаны настройки, применяемые по умолчанию для заданного набора арматурных стержней. Вы можете создать свой пользовательский набор арматурных стержней и настроек для него, сохранить его в файл. Пользовательский набор может использоваться в дальнейшем в других проектах.

Для крайних зон диафрагм в автоматическом режиме назначаются выпуски вразбежку. Иногда размеры зоны не позволяют разместить целое число интервалов и появляется добавочный (доборный) шаг - некоторые стержни устанавливаются ближе друг к другу, чем определено параметром «Шаг стержней». Соотношение величины отступов для зоны позволяют управлять местом, в котором стержни будут располагаться гуще. Если отступы слева и справа одинаковы, то стержни будут располагаться гуще в центре. Если один из отступов больше, то «загущение» будет тяготеть туда, где отступ меньше. Наличие локального «загущения», связанного с добавочным шагом, не влияет на мозаику недоармирования.

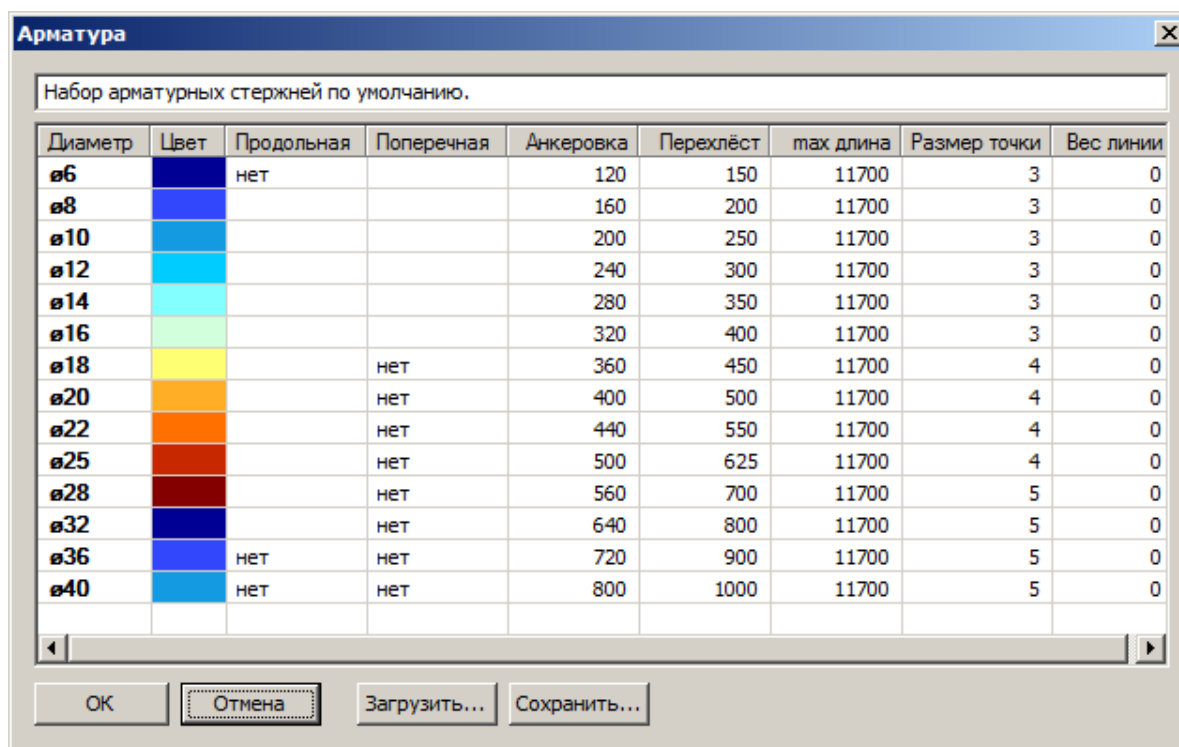


Рис.8.16. Диалоговое окно Арматура

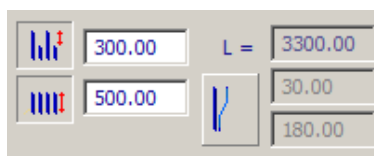


Рис.8.17. Блок Арматурные выпуски на панели свойств инструмента Зоны диафрагм

- Выделите левую вертикальную зону и введите для нее значение отступа справа – 100мм на панели свойств инструмента  **Зоны диафрагм** - **Зоны диафрагм**), чтобы увеличить расстояние между стержнями на стыке зон до стандартного шага – 200мм (расстояние между стержнями двух соседних зон можно варьировать различными способами: изменять позиции контрольных точек зон или менять отступы стержней от границы зоны).
- Нажмите клавишу **Enter** на клавиатуре для подтверждения ввода.
- Нажмите клавишу **Esc** на клавиатуре, чтобы снять выделение с зоны.



Блок редактирования **Отступы** является динамическим. В зависимости от направления размещения зоны – горизонтальная или вертикальная меняются названия полей редактирования. Как видим, отступ сверху для вертикальной зоны диафрагмы в блоке **Отступы** располагается сверху, а отступ справа в зоне в блоке редактирования также справа (рис.8.18). Отступ сверху для горизонтальной зоны в блоке редактирования располагается слева, а отступ справа в зоне – в блоке редактирования располагается сверху (рис.8.19).

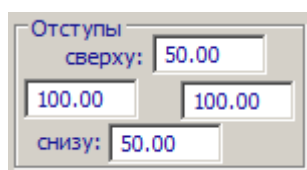


Рис.8.18. Блок редактирования Отступы для вертикальной зоны диафрагмы

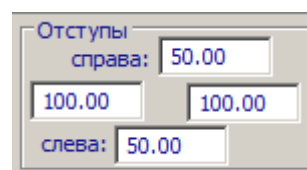
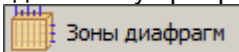
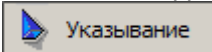

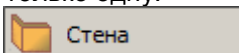



Рис.8.19. Блок редактирования Отступы для горизонтальной зоны диафрагмы

- Выделите среднюю зону армирования и введите значение отступа слева – **100мм** на панели свойств инструмента  - **Зоны диафрагм**.
- Нажмите клавишу **Enter** на клавиатуре для подтверждения ввода.
- Нажмите клавишу **Esc** на клавиатуре, чтобы снять выделение с зоны.

Этап 4. Автоматическое проектирование диафрагмы с отверстием

Назначение унифицированной группы диафрагме с отверстием

- В служебном окне **Виды** (рис.8.1) выполните двойной щелчок по строке **Общий вид**.
- В открывшейся закладке 3D вида выделите диафрагму, примыкающую к заармированной стене.
- Удерживая нажатой клавишу **Shift**, выделите диафрагму, расположенную на втором этаже.
- На панели свойств инструмента  - **Указывание** щелкните по кнопке  - **Выделить вверх**.
- Есть несколько способов назначения марки диафрагмам. Первый упоминался выше. В качестве второго способа воспользуйтесь меню **Создать** ⇒ **Обозначение** ⇒ **Маркировка**.
- В открывшемся диалоговом окне **Маркировка элементов конструкции** (рис.8.12) введите маркировку **ДЖ_2** и щелкните по кнопке **Применить**.
- Выполните щелчок мыши в любую диафрагму плиты, чтобы снять выделение со всей плиты диафрагм и оставить выделенной только одну.
- На панели свойств инструмента  - **Стена** выполните щелчок по кнопке  - **Армирование диафрагм**. В новой закладке откроется выбранная диафрагма с неким начальным автоматическим вариантом расстановки стержней, предложенным системой САПФИР-ЖБК (рис.8.20).

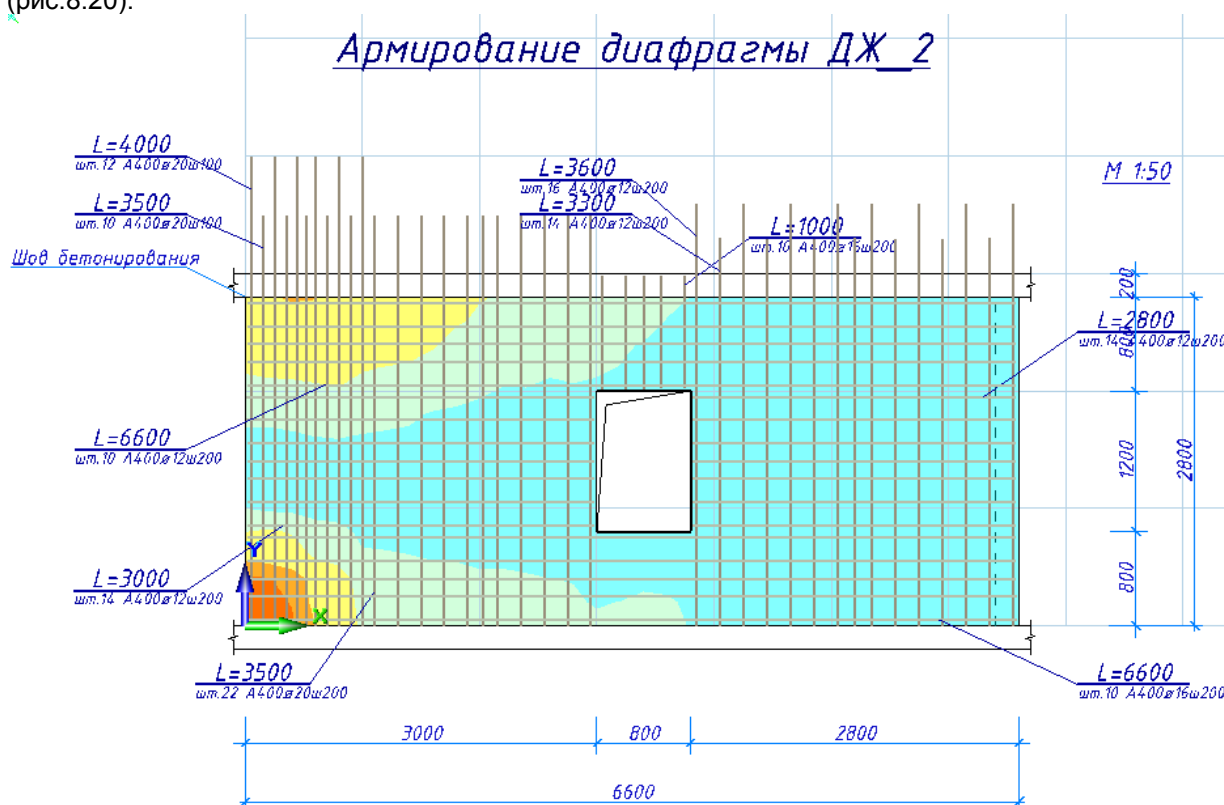
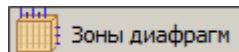



Рис.8.20. Автоматическое проектирование диафрагмы ДЖ_2

Создание новой зоны армирования

- Для создания зоны армирования под окном выберите инструмент  - **Зоны диафрагм**. На панели свойств инструмента **Зоны диафрагм** задайте необходимые параметры:
 - проконтролируйте, чтобы было выбрано направление расположения  - **вдоль Z**;
 - значения отступов: снизу 0, сверху 20, слева и справа по 50 мм;
 - арматурные выпуски – **отключить**;

- D= Ø16;
- шаг – 200мм.
- Разместите зону армирования, указав левую нижнюю точку зоны в месте пересечения с метрической сеткой, правую верхнюю в месте пересечения с проемом (рис.8.21).
- Укажите точку за пределами диафрагмы в месте где должна располагаться выноски.
- Нажмите клавишу **Esc** на клавиатуре, чтобы выйти из режима построения.

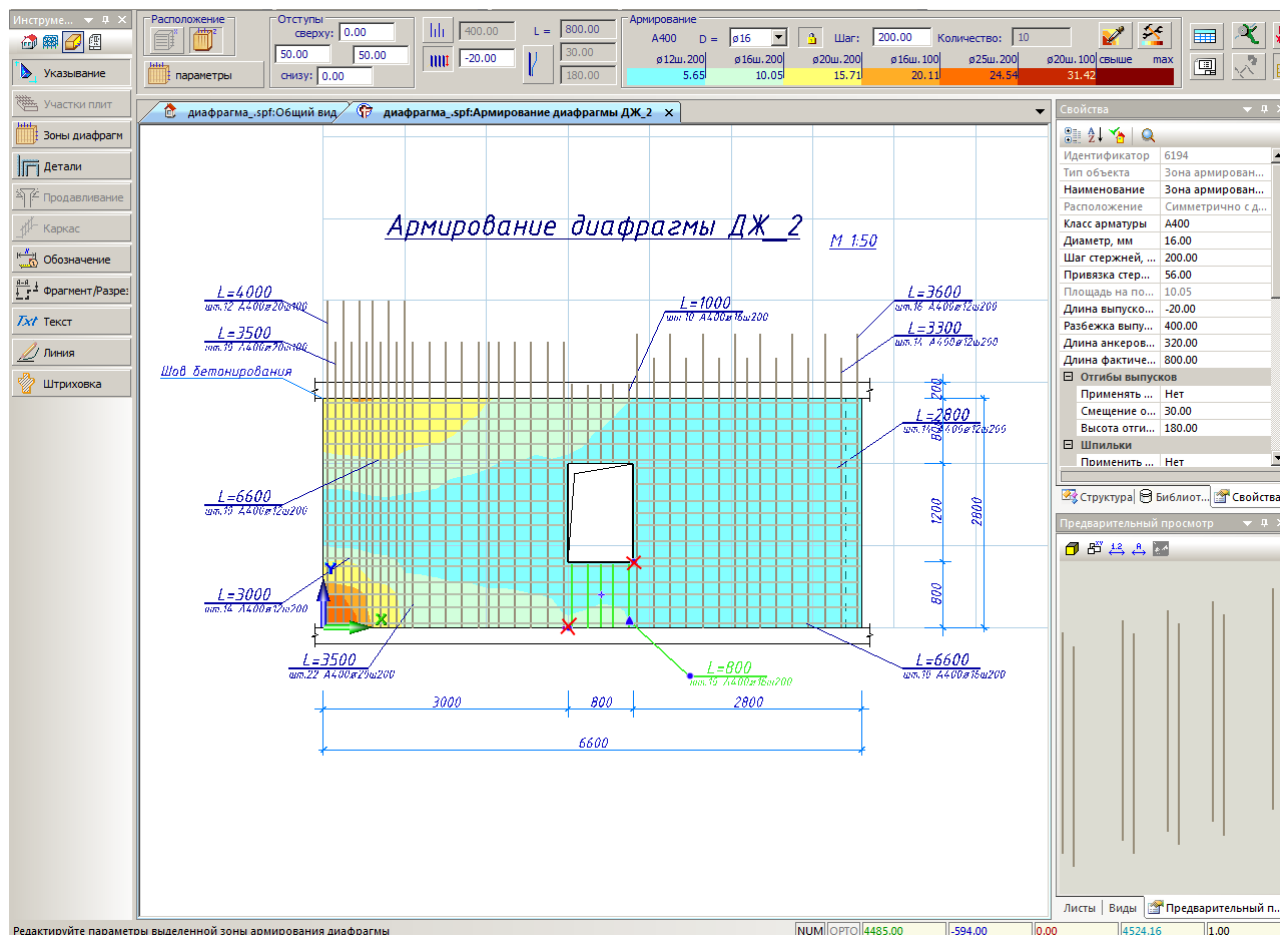

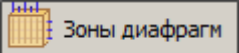



Рис.8.21. Размещение зоны армирования под окном

Редактирование размещения уже созданных зон.

- Выделите крайнюю левую зону диафрагмы, выполнив щелчок по ней.
- Выберите инструмент  - **Перенос вершины** на панели инструментов **Редактирование** (рис.8.1).
- Нажмите на правую верхнюю контрольную точку зоны и удерживая нажатой кнопку мыши начните движение влево.
- Разместите границу зоны в месте где сверху заканчивается изополе оранжевого цвета соответствующее значению на шкале Ø16ш.100 (рис.8.22 Зона 1).
- На панели свойств инструмента  - **Зоны диафрагм** выполните щелчок по кнопке  - **Связать** (рис.8.22).
- Воспользуйтесь меню **Настройки** ⇒ **Настройки САПФИР** ⇒ закладка **Армирование**.
- В блоке **Армирование стен** установите для параметра **Модуль шага в зонах** значение **50мм** (рис.8.22).
- Выполните щелчок по кнопке **ОК**.

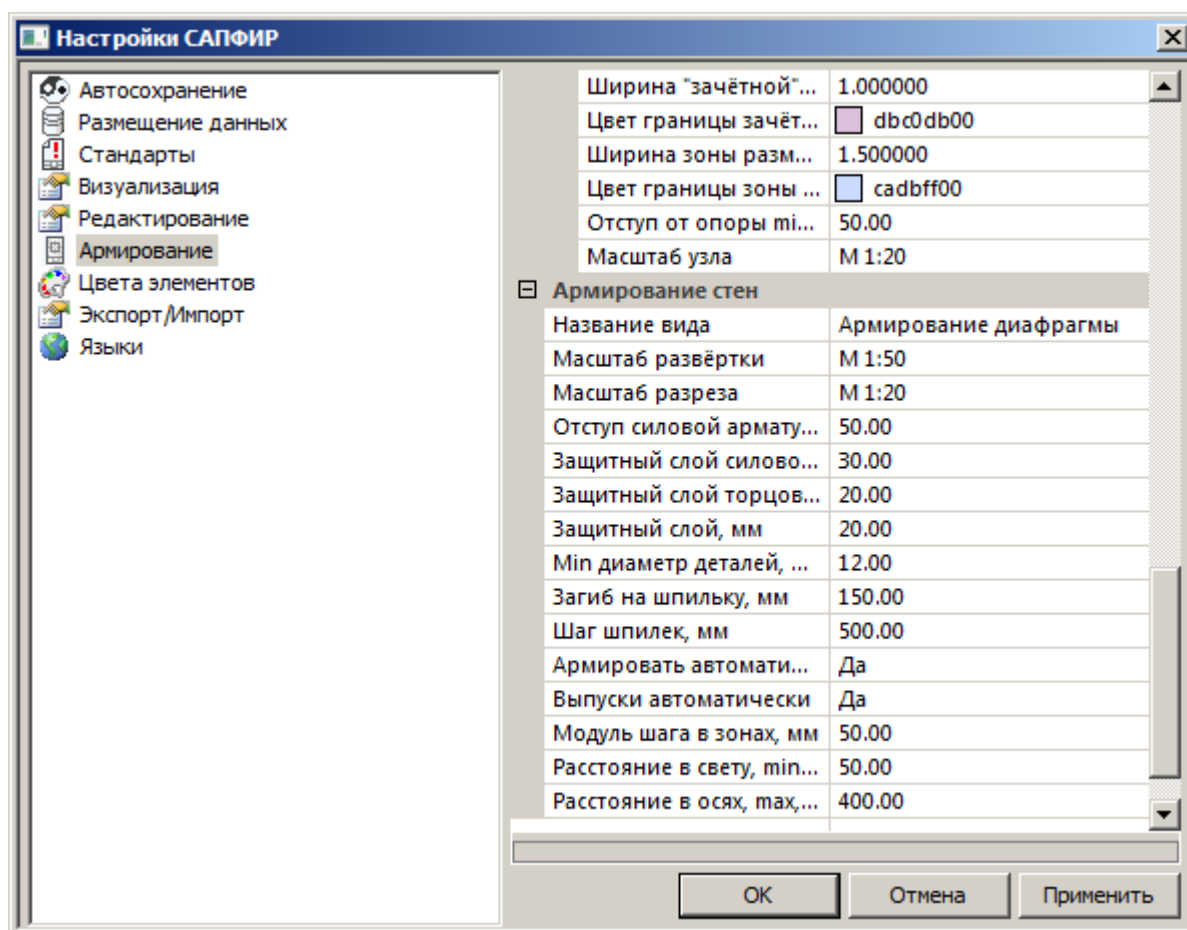


Рис.8.22. Диалоговое окно **Настройки САПФИР**



Инструмент **Связать** устанавливает зависимость между диаметром и шагом стержней. Соответственно, при увеличении диаметра увеличивается и шаг арматурных стержней для обеспечения необходимой расчетной площади армирования. Увеличение шага происходит с определенным **модулем шага в зонах**, заданным в диалоговом окне **Настройки САПФИР** на закладке **Армирование** в блоке **Армирование стен** (рис.8.22). Увеличение и уменьшение шага стержней происходит в пределах конструктивных требований, заданных в этом же диалоговом окне (**расстояние в свету, min**; **расстояние в осях, max**).

- Выберите из раскрывающегося списка диаметров **Ø25**, автоматически изменится шаг стержней на 150мм и значение арматурных выпусков (рис.8.23).
- Нажмите клавишу **Esc** на клавиатуре, чтобы снять выделение с зоны.

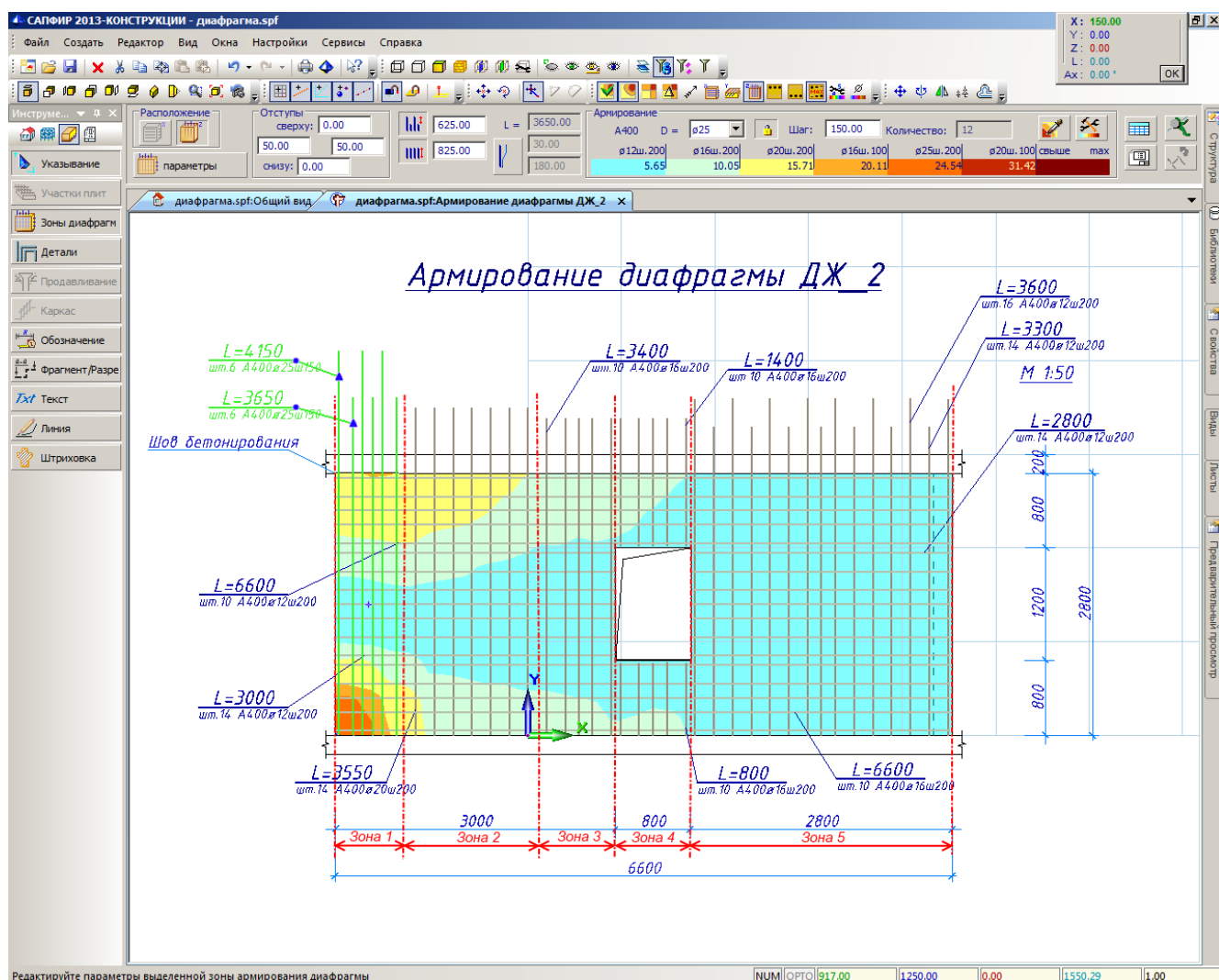
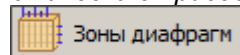


Рис.8.23. Расположение зон армирования

- Подведите локатор к последнему стержню левой зоны.
- Нажмите клавишу **F2** на клавиатуре, чтобы притянуться к контрольной точке стержня.
- Выполните щелчок правой кнопкой мыши и выберите из контекстного меню команду **ЛСК в точку**.
- Выделите вторую слева зону армирования, выполнив щелчок по ней.
- Нажмите на левую контрольную точку диафрагмы и удерживая нажатой кнопку мыши начните движение влево.
- Нажмите клавишу **X** на клавиатуре и введите значение **150мм**.
- Нажмите клавишу **Enter** на клавиатуре, чтобы подтвердить ввод координаты (вводом координат с клавиатуры мы смоделировали отступ между зонами равным основному шагу стержней 200мм).
- Нажмите на правую контрольную точку зоны и удерживая нажатой кнопку мыши начните движение влево.
- Разместите границы зоны в месте где заканчивается сверху желтая изолиния, которая соответствует значению шкалы **Ø20ш.200** (рис.8.23 Зона 2).
- Нажмите клавишу **Esc** на клавиатуре, чтобы снять выделение с зоны.
- Перенесите локальную систему координат в контрольную точку последнего стержня отредактированной зоны, как описывалось ранее.
- Выберите инструмент **Зоны диафрагм** на панели **Инструменты**.
- Нажмите клавишу **X** на клавиатуре и введите значение **150мм**, координата **Y** должна быть **0**.
- Нажмите клавишу **Enter** на клавиатуре для подтверждения.
- Растяните рамку зоны и укажите вторую верхнюю точку зоны армирования над левым верхним углом проема (рис.8.23 Зона 3).
- Укажите третью точку для зоны в месте, где будет располагаться выноска.



При включенном инструменте - **Получить из модели стержни** в зоне размещаются с тем шагом и диаметром, которые необходимы для элементов, попавших в зону по расчетной площади армирования. В момент размещения зоны динамически отрисовываются



шаг и диаметр, заданные на панели свойств инструмента **Зоны диафрагм** - **Зоны диафрагм**. В момент размещения последней точки зоны – выноски, зона корректируется под необходимую площадь армирования. В окно **Служебной информации** (рис.8.1) выводятся цифры о требуемой по расчету площади армирования и фактически установленной площади.

- Выделите зону над окном, выполнив по ней щелчок.
- На панели свойств инструмента **Зоны диафрагм** введите значение **590мм** в поле редактирования для длины арматурных выпусков (рис.8.24)
- Нажмите клавишу **Esc** на клавиатуре, чтобы снять выделение с зон армирования.

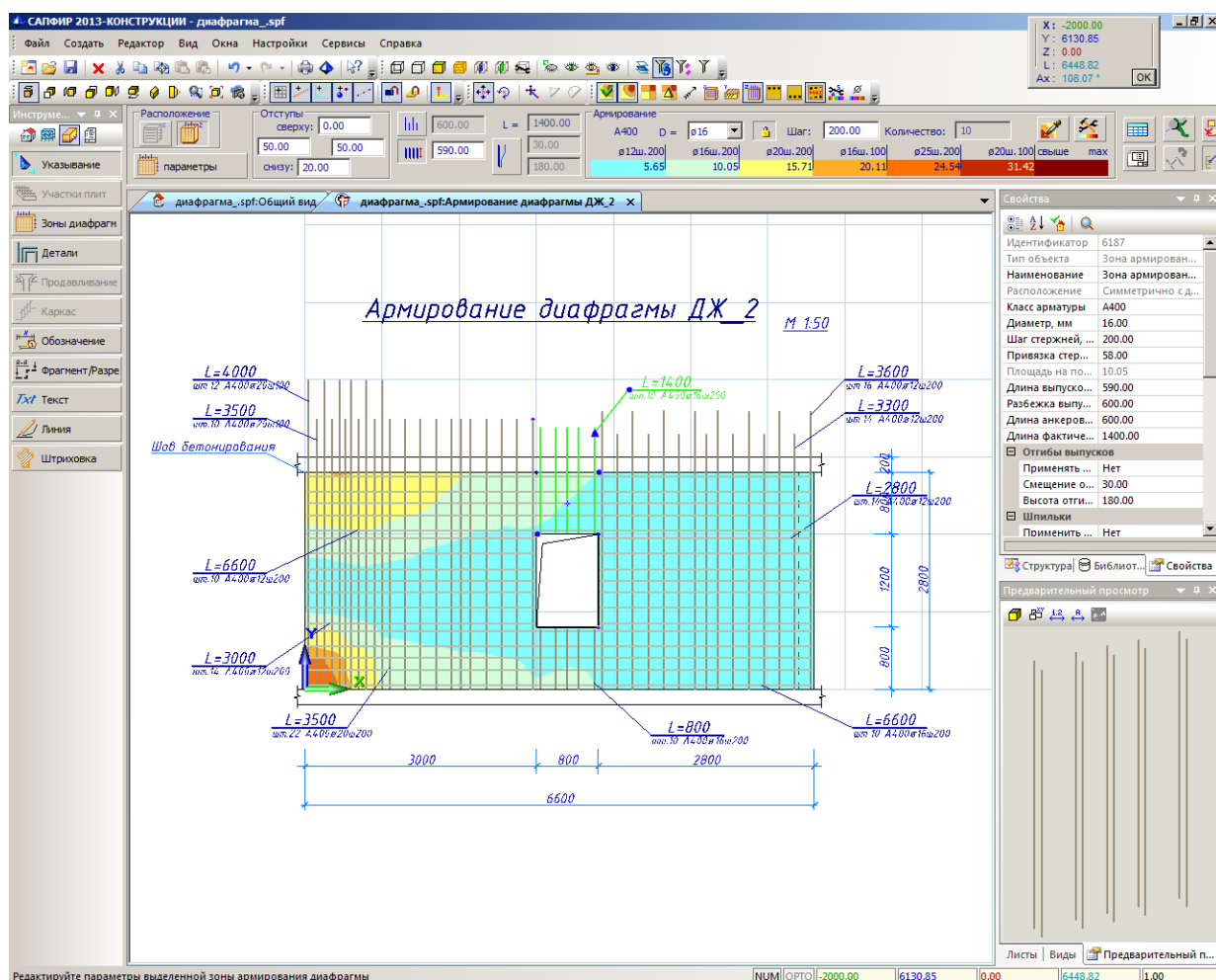


Рис.8.24. Изменение длины выпусков для двух зон.

Обрамление отверстий

- Выполните щелчок по контуру проема для его выделения.
- Выберите инструмент **Детали** - **Детали** на панели **Инструменты**.
- Выполните щелчок по кнопке - **Обрамление отверстия** на панели свойств инструмента **Детали** - **Детали**.
- В открывшемся диалоговом окне **Обрамление отверстия** (рис.8.25) введите следующие данные:

- отключите кнопку **П-элементы по периметру**;
- значение шага **S**, мм – 100 для прямых стержней по вертикали, горизонтали и по диагонали;
- значение **S'**, мм – 100 для прямых стержней по вертикали и по горизонтали.
- Щелкните по кнопке **ОК**, чтобы закрыть диалоговое окно и применить сделанные изменения (рис.8.26).

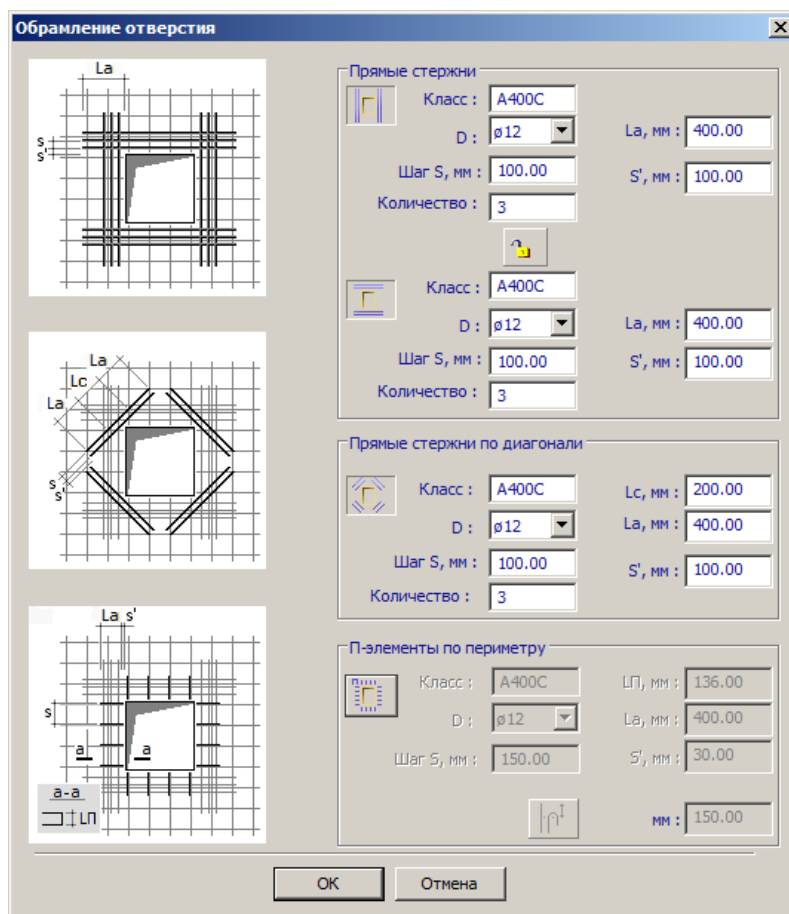


Рис.8.25. Диалоговое окно Обрамление отверстия

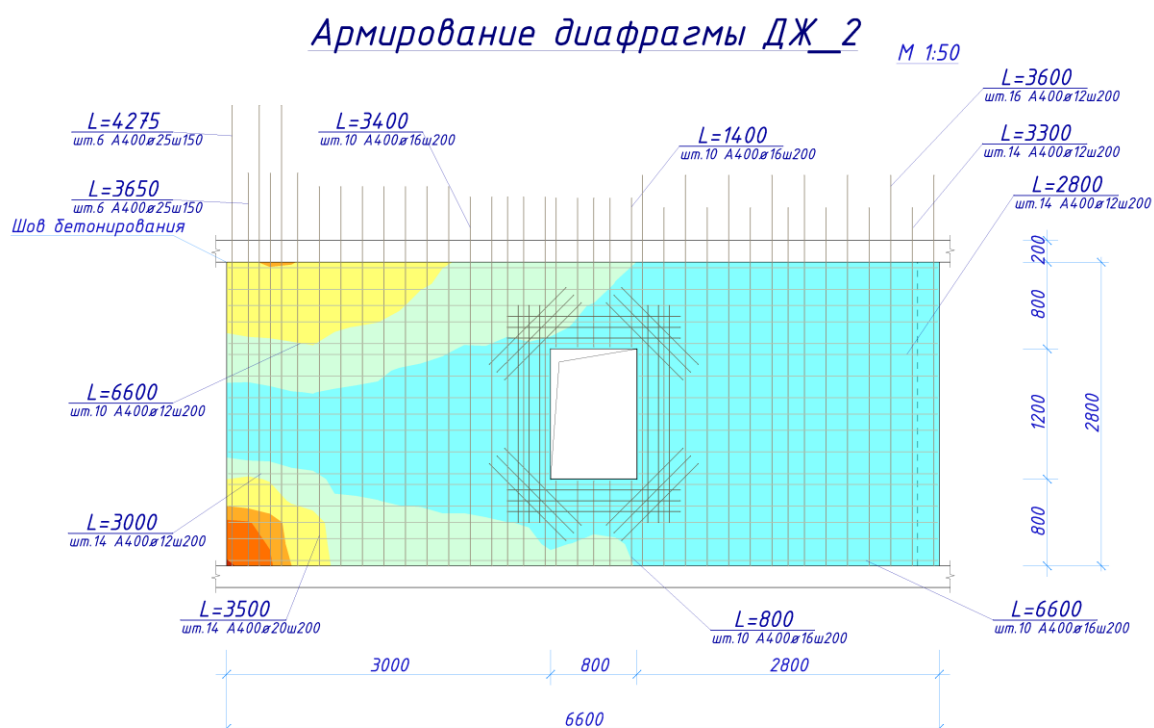
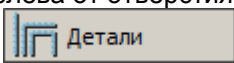



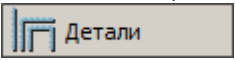


Рис.8.26. Запроектированная диафрагма с обрамленным отверстием

Маркировка элементов обрамления отверстия



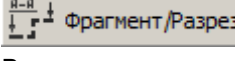
- Выделите вертикальные стержни слева от отверстия, выполнив по ним щелчок.
- На панели свойств инструмента  - **Детали** щелкните по кнопке  - **Марка выноски** – рядом с выделенными стержнями появится выноска.
- Выполните щелчок по кнопке  - **Перенос вершины** на панели инструментов **Редактирование**.
- Отредактируйте положение выноски, притянувшись к средней точке возле полочки, нажав на нее и начав движение вниз.
- Зафиксируйте положение выноски.
- Положение стрелки также может быть отредактировано, если потянуть за контрольную точку в месте пересечения стрелки и стержня.
- Создайте выноски для элементов обрамления, как описывалось ранее.
- Выполните щелчок по кнопке  - **Спецификация арматуры** на панели свойств инструмента  - **Детали**.
- В открывшемся диалоговом окне **Спецификация арматуры** (рис.8.27) просмотрите спецификацию арматуры и щелкните по кнопке **ОК**, чтобы назначить марки элементам (рис.8.28).

Спецификация арматуры. Армирование диафрагмы ДЖ_2						
Позиция	Обозначение	Наименование	Кол-во	Масса, кг	Униф. Дм, кг	Примечание
1	ГОСТ 10884-94	ø25A400, L=4150	6 шт.	95.9	-	
2	ГОСТ 10884-94	ø25A400, L=3650	6 шт.	84.4	11.6	
3	ГОСТ 10884-94	ø20A400, L=3550	14 шт.	122.6	-	
4	ГОСТ 10884-94	ø16A400, L=6600	10 шт.	104.2	-	
5	ГОСТ 10884-94	ø16A400, L=3400	10 шт.	53.7	50.5	
6	ГОСТ 10884-94	ø16A400, L=1400	10 шт.	22.1	31.6	
7	ГОСТ 10884-94	ø16A400, L=800	10 шт.	12.6	9.5	
8	ГОСТ 10884-94	ø12A400, L=6600	10 шт.	58.6	-	
9	ГОСТ 10884-94	ø12A400, L=3600	16 шт.	51.1	42.6	
10	ГОСТ 10884-94	ø12A400, L=3300	14 шт.	41.0	3.7	
11	ГОСТ 10884-94	ø12A400, L=3000	14 шт.	37.3	3.7	
12	ГОСТ 10884-94	ø12A400, L=2800	14 шт.	34.8	2.5	
13	ГОСТ 10884-94	ø12A400C, L=3000	12 шт.	21.3	8.5	2 участка

Рис.8.27. Диалоговое окно **Спецификация арматуры**

Этап 5. Работа с разрезами диафрагмы

Создание разреза диафрагмы ДЖ_2

- Выберите инструмент  - **Фрагмент/Разрез** на панели **Инструменты**.
- Проконтролируйте, чтобы был выбран тип  – **Простой разрез** на панели свойств инструмента  - **Фрагмент/Разрез**.
- Выполните щелчок слева от диафрагмы на середине высоты диафрагмы.
- Укажите вторую точку разреза справа от диафрагмы.
- Укажите третью точку сверху от обозначения разреза, чтобы направление взгляда было вниз (рис.8.28).

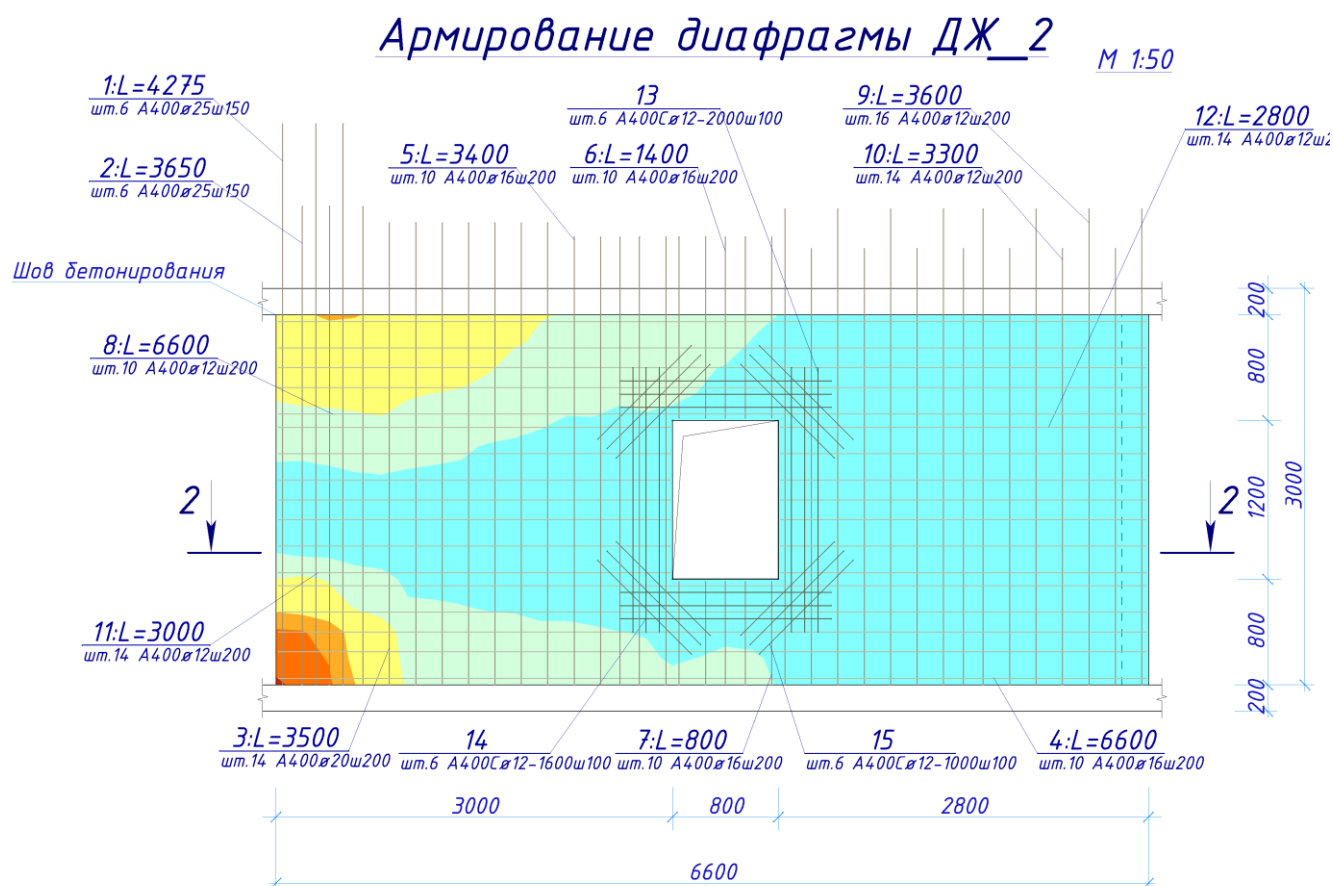


Рис.8.28. Создание разреза по диафрагме

- В служебном окне **Виды** выполните двойной щелчок по строке **Армирование диафрагмы ДЖ_2** в разделе **Разрезы**. В новой закладке откроется разрез диафрагмы (рис.8.29).

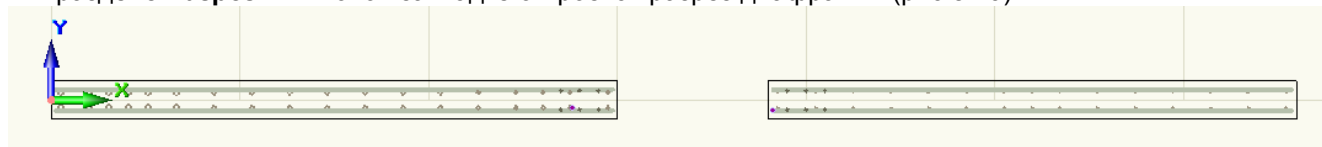




Рис.29. Разрез диафрагмы ДЖ_2

Редактирование привязки стержней

- В открывшейся закладке разреза диафрагмы приблизьтесь к проему, используя колесо прокрутки
- Удерживая нажатой клавишу **Shift** выделите зоны вертикальных стержней, которые пересекаются с горизонтальными с двух сторон проема (рис.8.29).
- Выполните щелчок по кнопке  **параметры** - **Параметры** на панели свойств инструмента  **Указывание** - **Указывание**.
- В открывшемся диалоговом окне **Параметры 2 объектов** (рис.8.30) введите значение **56 мм** для параметра **Привязка стержня**.

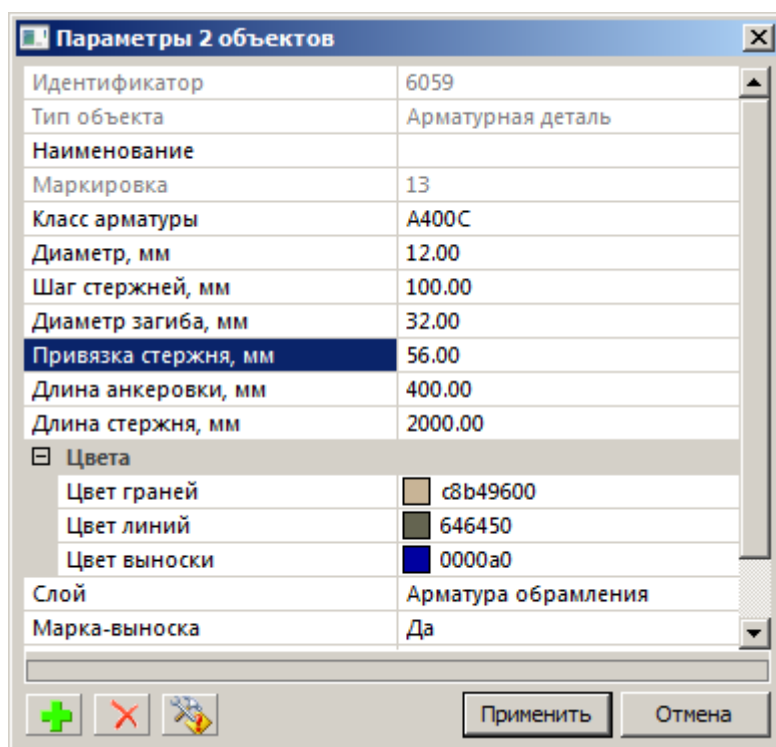









Рис.8.30. Диалоговое окно Параметры 2 объектов

- Щелкните по кнопке **Применить**.
- Выделите крайнюю левую зону.
- В служебном окне **Свойства** введите значение **62.5мм** для параметра **Привязка стержня**.
- Нажмите клавишу **Enter** на клавиатуре для подтверждения.

Назначение размеров

- Выберите инструмент  **Обозначение** - **Обозначение** на панели **Инструменты**.
- На панели свойств инструмента  **Обозначение** - **Обозначение** выберите тип обозначения/размера  – **Цепочка размеров**.
- Проконтролируйте, чтобы было выбрано направление  - **Вдоль X**.
- Задайте первую точку цепочки размеров в левой крайней точке разреза, а вторую – в правой крайней, чтобы обозначить начало и конец цепочки.
- Выполните образмеривание стены, указав последовательно точки в начале стены, в начале проема, в конце проема, в конце стены.
- Нажмите клавишу **Enter** на клавиатуре для завершения ввода.
- Выделите созданную цепочку размеров, выполнив щелчок по ней.
- Выберите инструмент  - **Перенос вершины** на панели инструментов **Редактирование**.
- Нажмите на контрольную точку цепочки размеров и удерживая нажатой кнопку мыши потяните ее вниз.
- Выполните щелчок на некотором удалении от разреза в месте, где будет располагаться цепочка размеров.

Маркировка элементов на разрезе

- Выделите левую зону армирования диафрагмы, выполнив щелчок по ней.
- Выполните щелчок по кнопке  - **Марка-выноска** на панели свойств инструмента  **Зоны диафрагм** - **Зоны диафрагм**.

- Нажмите клавишу **Esc** на клавиатуре, чтобы снять выделение с зоны.
- Промаркируйте остальные зоны армирования на разрезе (рис.8.31).

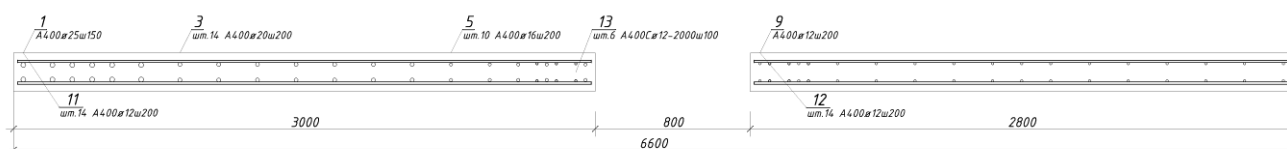




Рис.8.31. Разрез диафрагмы ДЖ_2 с маркировкой

Применение шпилек

- Выделите вертикальные зоны армирования диафрагм, удерживая нажатой клавишу **Shift** на клавиатуре.
- Выполните щелчок по кнопке  **параметры** - **Параметры** на панели свойств инструмента  **Указывание** - **Указывание**.
- В открывшемся диалоговом окне **Параметры 4 объектов** (рис.8.32) установите значение **Да** для параметра **Применять шпильки**.

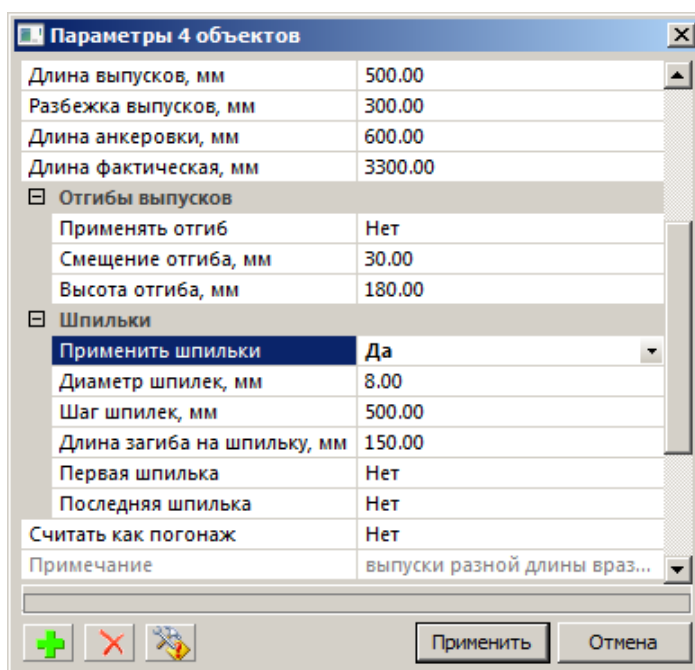






Рис.8.32. Диалоговое окно **Параметры 4 объектов**

- Выполните щелчок по кнопке **Применить**.
- Выделите две крайних слева вертикальных зоны армирования, удерживая нажатой клавишу **Shift** на клавиатуре.
- Выполните щелчок по кнопке  **параметры** - **Параметры** на панели свойств инструмента  **Указывание** - **Указывание**.
- В открывшемся диалоговом окне установите значение **Да** для параметра **Последняя шпилька**.
- Выполните щелчок по кнопке **Применить**.
- Выделите вторую и третью слева зоны армирования, удерживая нажатой клавишу **Shift** на клавиатуре.
- Выполните щелчок по кнопке  **параметры** - **Параметры** на панели свойств инструмента  **Указывание** - **Указывание**.
- В открывшемся диалоговом окне установите значение **Да** для параметра **Первая шпилька**.

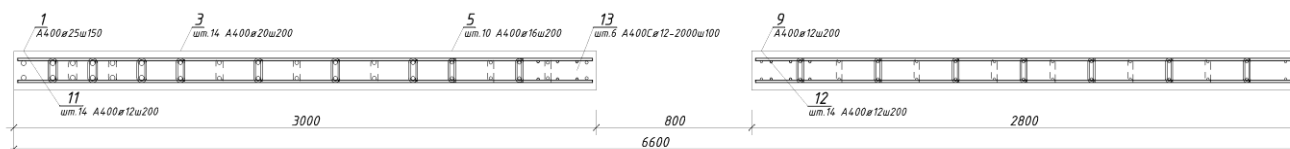


Рис.8.33. Применение шпилек к зоне армирования

Этап 6. Создание узлов армирования

Отображение арматуры на плане этажа



- В служебном окне **Виды** выберите строку **План 1-го этажа** и выполните по ней двойной щелчок мышью.



Чтобы создать вид плана этажа необходимо в служебном окне **Структура** выделить строку необходимого этажа и выполнить по ней щелчок правой кнопкой мыши. Из открывшегося контекстного меню выберите команду **Показать план этажа**. Откроется новая закладка окна с видом плана выбранного этажа. Все созданные планы этажей хранятся в разделе **Планы этажей** служебного окна **Виды**.

- В открывшейся новой закладке окна выделите две стены, расположенные в левом верхнем углу, удерживая нажатой клавишу **Shift**.

- Выполните щелчок по кнопке  - **Выделить вверх** на панели свойств инструмента  - **Указывание**.

- Выполните щелчок по кнопке  - **параметры** на панели свойств инструмента  - **Указывание**.

- Установите значение **Да** для параметра **Показать арматуру в 3D** (рис.8.34).
- Щелкните по кнопке **Применить**.
- Нажмите клавишу **Esc** на клавиатуре, чтобы снять выделение со стен.

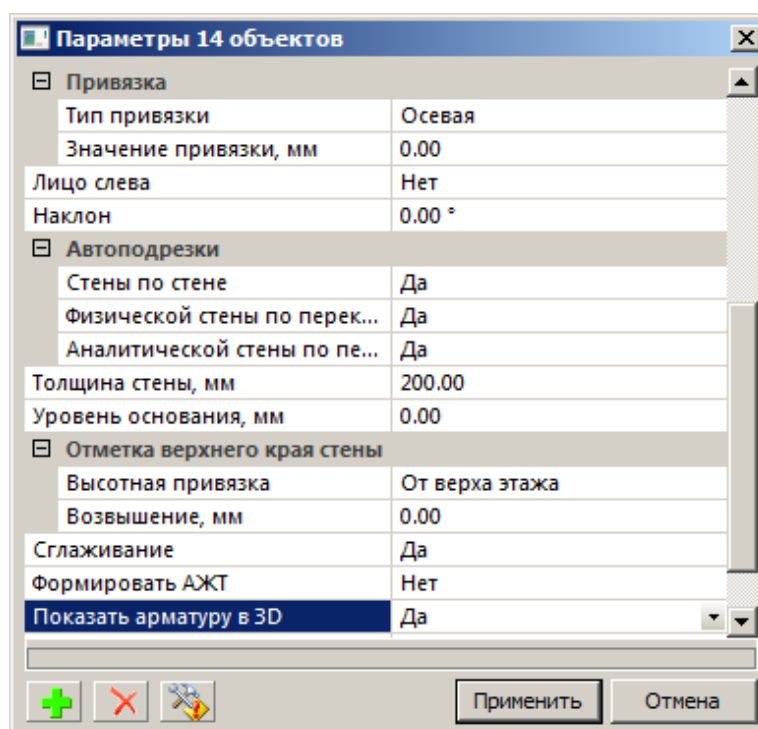




Рис.8.34. Назначение стенам параметра отображения арматуры в 3D

- Выполните щелчок по кнопке  - **Армирование** на панели **Инструменты**, чтобы активировать режим работы с арматурой на плане этажа.



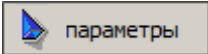
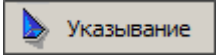
*Отображение армирования происходит только для тех стен, которым было назначено свойство **Показать арматуру в 3D**.*

Редактирование зон армирования на плане этажа

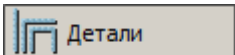
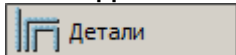

- Выберите режим визуализации  - **Каркас** на панели инструментов **Визуализация** (рис.8.1) для комфортного выделения зон армирования.
- Выделите крайнюю левую зону армирования диафрагмы **ДЖ_1**.
- Выберите инструмент  - **Перенос вершины** на панели инструментов **Редактирование** (рис.8.1)



*Для редактирования положения зон армирования и деталей используйте инструмент **Перенос вершины**.*

- Нажмите на левую контрольную точку зоны и удерживая нажатой кнопку мыши, начните движение вправо.
- Когда первые стержни зоны поравняются с третьими (в динамике отрисовывается начальное и текущее положение стержней) выполните щелчок в графической области для фиксации положения зоны.
- Выделите все вертикальные зоны армирования в диафрагме ДЖ_1, удерживая нажатой клавишу **Shift** на клавиатуре.
- Выполните щелчок по кнопке  - **Параметры** на панели свойств инструмента  - **Указывание**.
- Установите значение **Да** для параметра **Применять шпильки** в открывшемся диалоговом окне.
- Щелкните по кнопке **Применить**.
- Примените для крайней левой и средней зоны параметр **Последняя шпилька**, как описывалось ранее.
- Примените для средней и крайней правой зоны параметр **Первая шпилька**, как описывалось ранее.

Создание деталей

- Выберите инструмент  - **Детали** на панели **Инструменты**.
- На панели свойств инструмента  - **Детали** задайте необходимые параметры (рис.8.32):
 - форма детали –  - **Г-элемент**;
 - длина стороны детали L_a – **600мм**
 - диаметр детали D – **12мм**;
 - шаг – **200мм**;
 - количество – **14**.
- Разместите деталь возле наружного угла стен (рис.8.35) задав угловую точку детали и направление, в котором деталь будет располагаться.
- При необходимости отредактируйте привязку детали к лицевой грани стены – **156мм** и размещение детали используя инструмент **Перенос вершины**.
- Разместите еще одну деталь у внутреннего угла стены (рис.8.35). При необходимости отредактируйте привязку детали – **67мм**

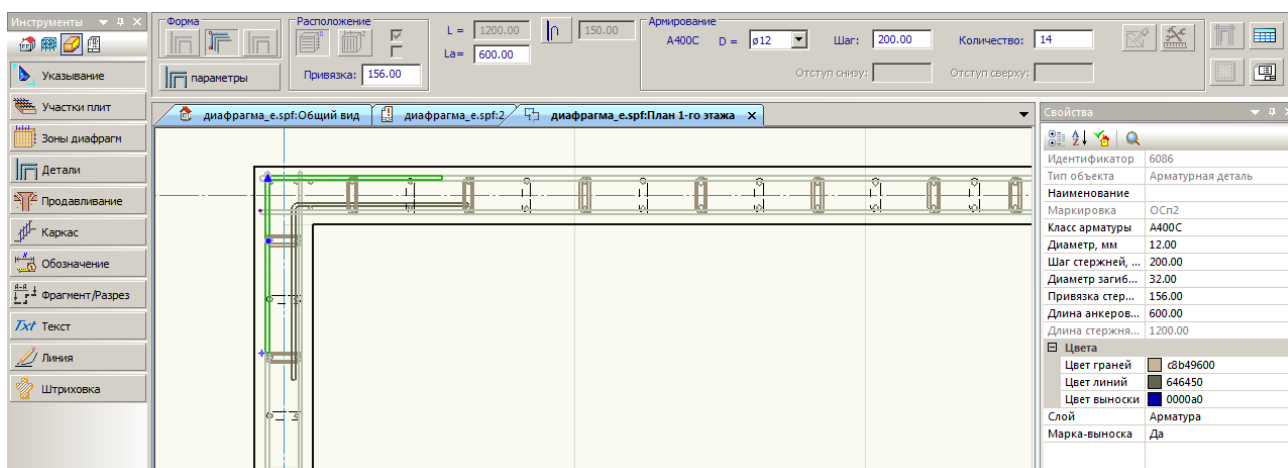


Рис.8.35. Размещение Г-элементов

Создание узла армирования

- Выделите две запроектированные стены **ДЖ_1** и **ДЖ_2**, удерживая нажатой клавишу **Shift** на клавиатуре.
- Воспользуйтесь меню **Создать** ⇒ **Узел** ⇒ **Узел армирования**.
- План этажа получит необходимое обозначение узла и откроется новая закладка окна, содержащая отсеченный фрагмент плана с названием **Узел ДЖ_1/ДЖ_2**.



Все созданные узлы армирования и виды документирования для армирования диафрагм хранятся в разделе **Сборочные узлы** служебного окна **Виды**.



Для варьирования границей отсечения выберите инструмент **Перенос вершины** на панели инструментов **Редактирование**. Выделите границу отсечения. Нажмите на контрольную точку на середине грани и начинайте движение, удерживая нажатой кнопку мыши. Выполните щелчок в месте, где Вы хотите установить границу отсечения.

- Выполните двойной щелчок по строке **План 1-го этажа: Узел ДЖ_2/ДЖ_1** в разделе **Сборочные узлы** служебного окна **Виды**. В служебное окно **Свойства** попадут свойства выбранного вида.
- В служебном окне **Свойства** выполните щелчок по строке **Масштаб вида**.
- В открывшемся диалоговом окне выберите из раскрывающегося списка **М 1:20** (рис.8.36).
- Щелкните по кнопке **Подтвердить**.

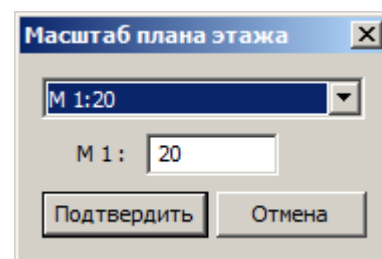
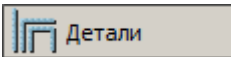



Рис.8.36. Диалоговое окно Масштаб вида

Аннотирование узла армирования

- Выделите Г-элемент.
- На панели свойств инструмента  - **Детали** выполните щелчок по кнопке **Марка-выноска** .
- Нажмите клавишу **Esc** на клавиатуре, чтобы снять выделение с детали.
- Аналогичным способом создайте марки-выноски для всех вертикальных и горизонтальных зон армирования (рис.8.37). При необходимости, используйте инструмент **Перенос вершины**, чтобы отредактировать положение выноски.



При маркировке зон армирования диафрагмы **ДЖ_1** ПК САПФИР может выдать сообщение **Указанный объект не имеет позиции по спецификации**. Данное сообщение информирует пользователя о том, что для выбранной зоны армирования не была создана спецификация арматуры. Необходимо в служебном окне **Виды** выполнить двойной щелчок по строке

Армирование ДЖ_1. Закладка армирования узла переключится на армирование диафрагмы. Выберите инструмент **Зоны диафрагм** на панели **Инструменты** и выполните щелчок по кнопке **Спецификация арматуры** на панели свойств инструмента **Зоны диафрагм**. В открывшейся диалоговом окне **Спецификация арматуры** выполните щелчок по кнопке **ОК**, чтобы применить данную спецификацию. Для продолжения работы с узлом армирования в служебном окне **Виды** выполните двойной щелчок по строке **План 1-го этажа: Узел ДЖ_2/ДЖ_1**.

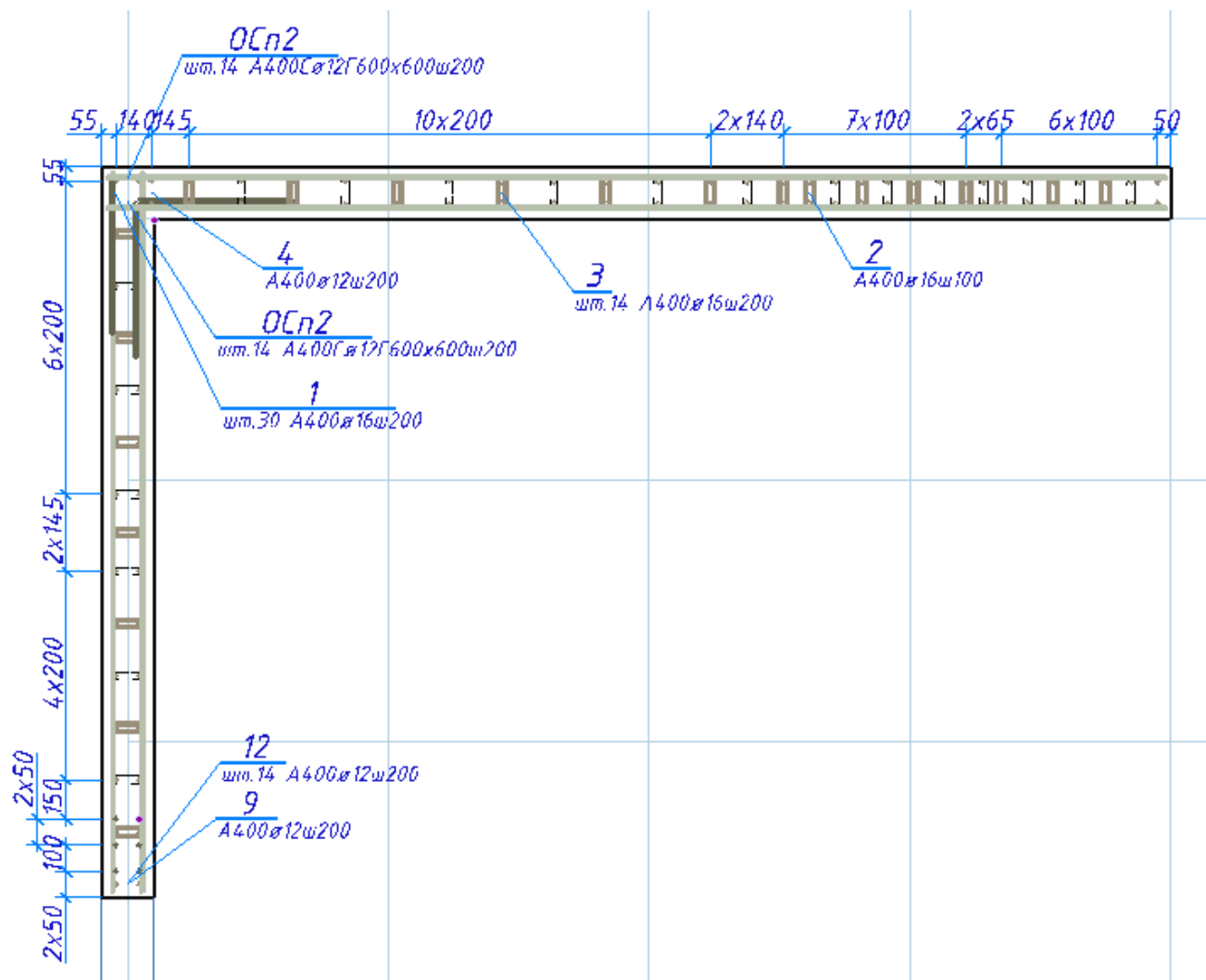








Рис.8.37. Узел армирования стен ДЖ_2/ДЖ_1

Нанесение размеров на узле армирования

- Выполните щелчок по кнопке  **Обозначение** - **Обозначение** на панели **Инструменты**.
- На панели свойств инструмента  **Обозначение** - **Обозначение** задайте следующие параметры.
- тип обозначения/размера –  - **Цепочка размеров**;
- направление –  - **вдоль X**.
- Задайте первую точку цепочки размеров у наружной грани угла, а вторую – в правой крайней точке стены, чтобы обозначить начало и конец цепочки.
- Выполните образмеривание зон армирования последовательно указывая стержни (рис.8.37).
- Для завершения построения цепочки выполните двойной щелчок или нажмите клавишу **Enter** на клавиатуре.


- Аналогичным способом нанесите размеры для диафрагмы вдоль оси Y, предварительно выбрав направление расстановки на панели свойств инструмента  **Обозначение** - **Обозначение**  вдоль Y (рис.8.37).



При необходимости использовать текст вместо размера установите флажок **текст** на панели свойств инструмента **Обозначение** и введите необходимый текст в поле редактирования ниже. Нажмите клавишу **Enter** на клавиатуре, чтобы применить сделанные изменения.

Этап 7. Визуализации армирования в 3D

Отображение запроектированного армирования диафрагмы в 3D режиме.

- В служебном окне **Виды** выполните двойной щелчок по строке **Общий вид**, чтобы открыть новую закладку окна с 3D видом модели.
- Выполните щелчок по кнопке  - **Армирование** на панели **Инструменты**, чтобы активировать режим работы с арматурой в 3D (рис.8.38).

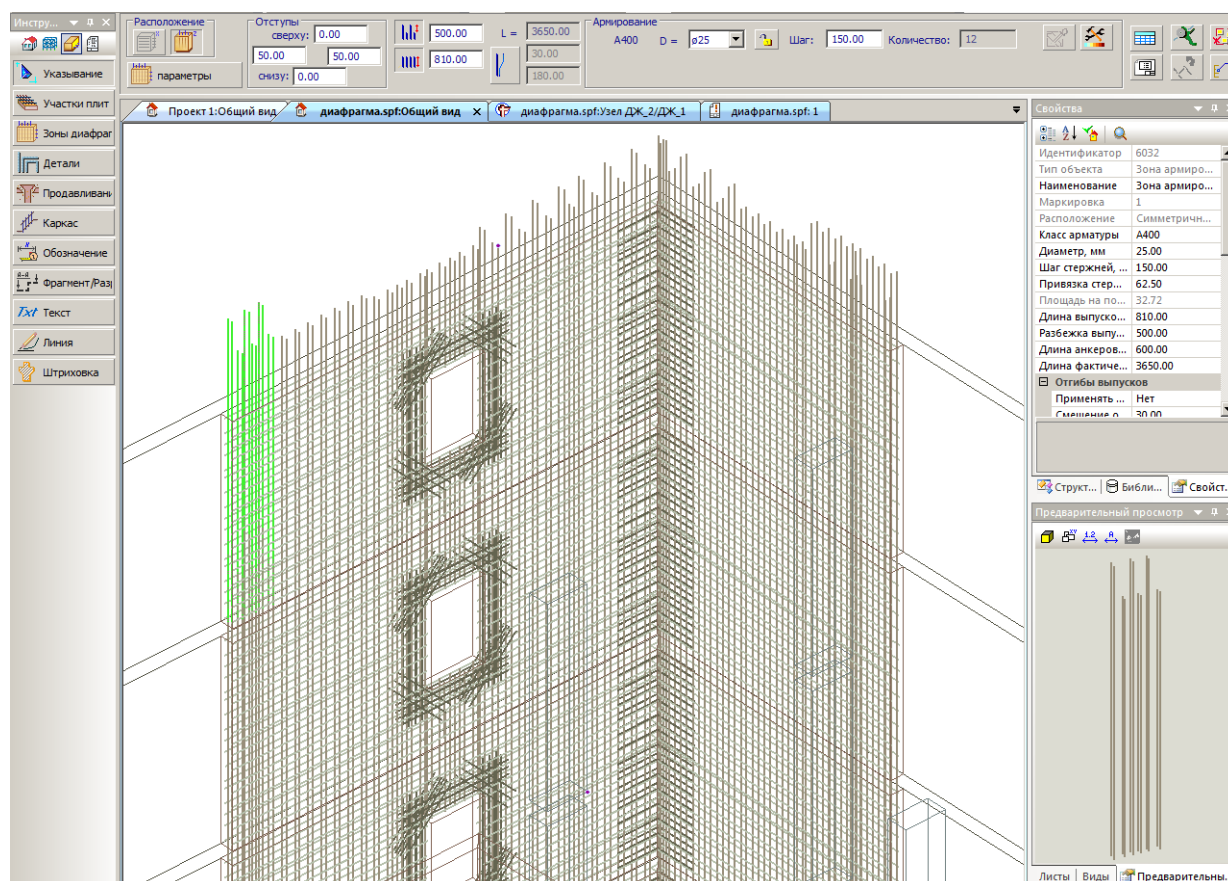



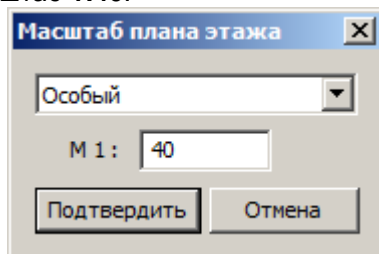
Рис.8.38. Визуализация запроектированного армирования в 3D



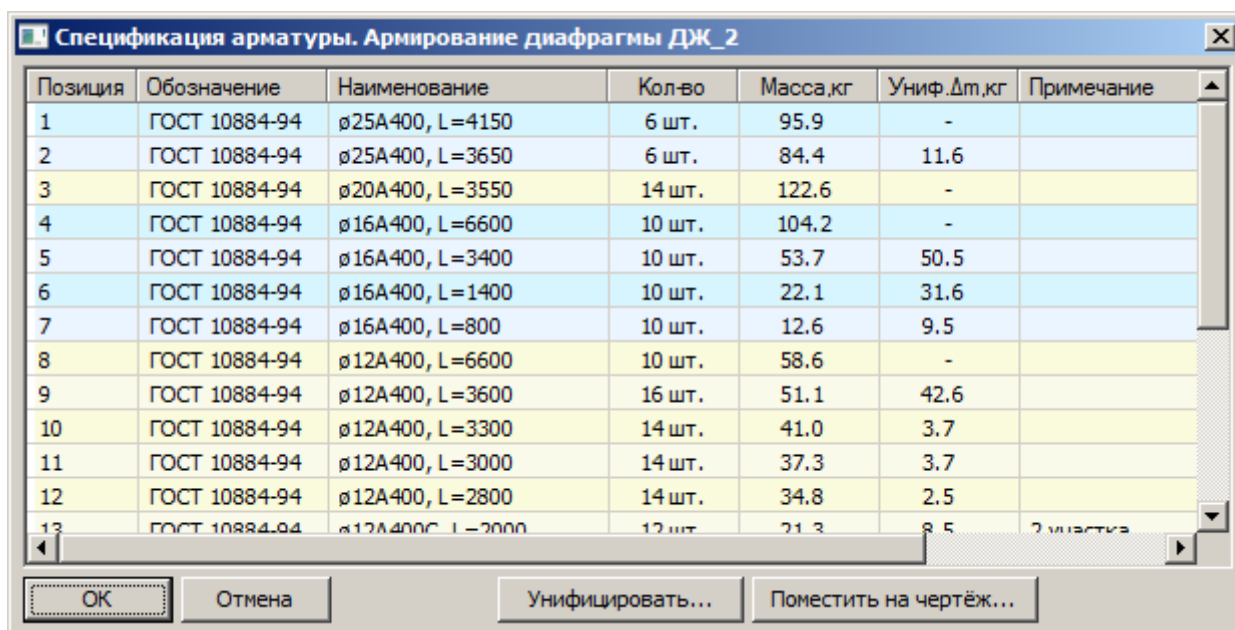
Для включения режима отображения арматуры в цвете согласно диаметру выполните щелчок по кнопке  - **Цвет по диаметру** на панели инструментов **Результаты армирования**. Диаметры отображаются в соответствии с цветами, заданными в диалоге **Арматура**. Чтобы назначить пользовательские цвета для диаметров воспользуйтесь меню **Настройки** ➔ **Арматура** или выполните щелчок по кнопке **Цвет по диаметру**, удерживая нажатой клавишу **Shift** на клавиатуре. В 3D можно выделять зоны армирования и деталей для редактирования их параметров (смена диаметров, шага, длины анкеровки, редактирование расположения зон и др.)

Этап 8. Генерация чертежей в автоматическом режиме.

- В служебном окне **Виды** выполните двойной щелчок по строке **Армирование диафрагмы ДЖ_2**.
- Откроется новая закладка или автоматически активируется уже открытая с выбранным видом армирования.
- В служебном окне **Свойства** отобразятся свойства для выбранного вида **Армирование диафрагмы ДЖ_2**. Выполните щелчок по строке **Масштаб вида**.
- В открывшемся диалоговом окне **Масштаб вида** (рис.8.39) введите в поле редактирования значение 40, установив таким образом масштаб 1:40.

**Рис.8.39. Диалоговое окно Масштаб вида**

- Выполните щелчок по кнопке **Подтвердить**.
- Выберите инструмент - **Зоны диафрагм** на панели **Инструменты**.
- На панели свойств инструмента - **Зоны диафрагм** выполните щелчок по кнопке - **Спецификация арматуры**.
- В открывшемся диалоговом окне **Спецификация арматуры** (рис.8.40) выполните щелчок по кнопке **Поместить на чертёж**.

**Рис.8.40. Диалоговое окно Спецификация арматуры**

- Откроется диалоговое окно **Вычертить таблицы ведомостей и спецификаций арматуры** (рис.8.41) с предложенным вариантом привязки таблиц к границам чертежа.

Вычертить таблицы ведомостей и спецификаций арматуры

Стена **ДЖ_2**

Лист

☒ новый ☐ готовый ☐ текущий

Имя :
Армирование монолитной диафрагмы ДЖ_2

Формат : A2

Основная надпись : Форма 4

Ориентация :
☐ книжная
☒ альбомная

Зона чертежа, мм:
589
415
5
20

Привязка таблиц


Привязка таблицы - привязка правого верхнего угла таблицы. Высота таблицы - максимальная высота таблицы.

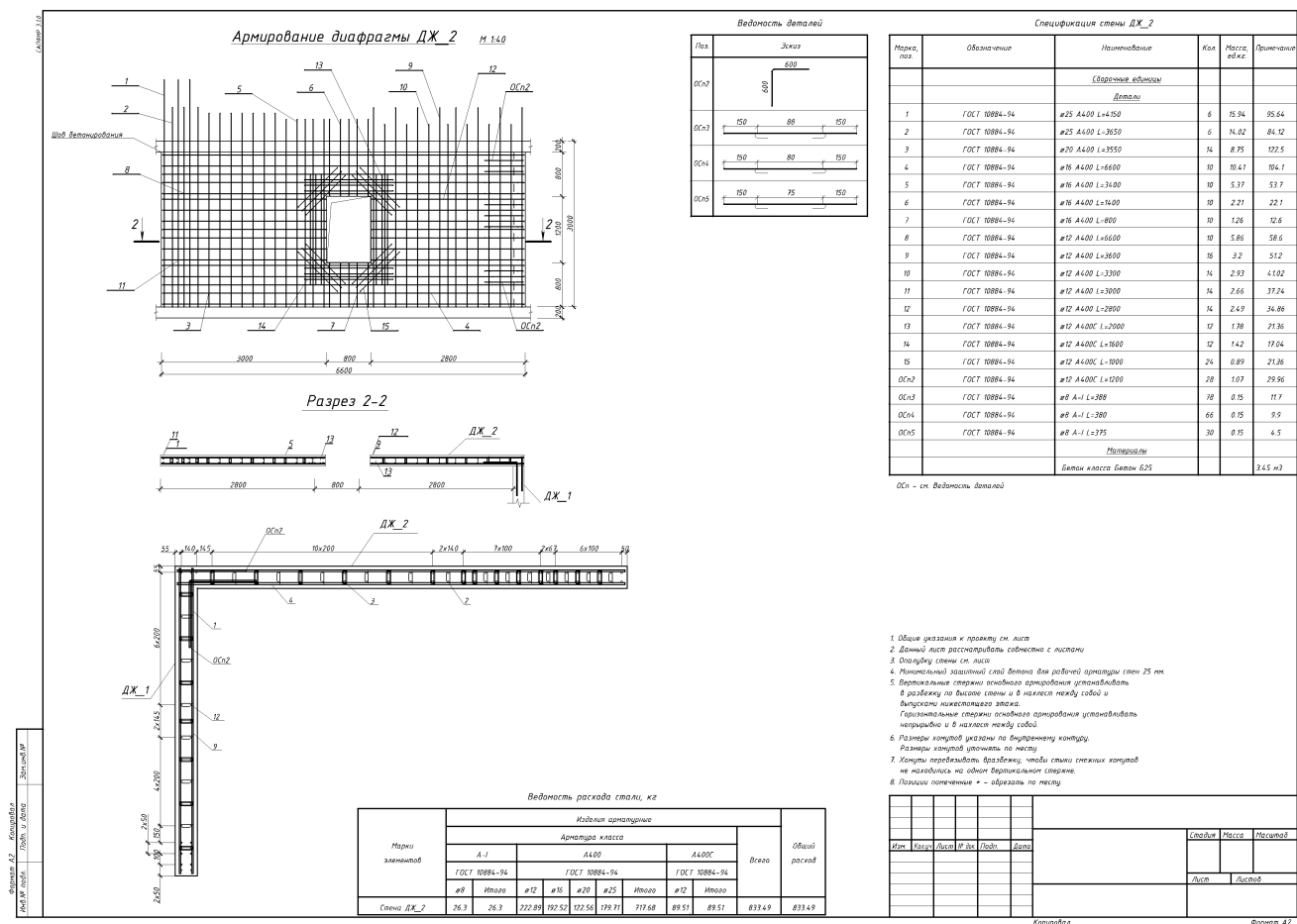
	Таблица спецификаций :	Ведомость деталей :	Ведомость расхода стали :
горизонтальная :	589 мм	394 мм	399 мм
вертикальная :	415 мм	415 мм	68 мм
высота таблицы :	350 мм	410 мм	
	создавать <input checked="" type="checkbox"/>	создавать <input checked="" type="checkbox"/>	создавать <input checked="" type="checkbox"/>

Начертить автопримечания ☒

CSV-файл Начертить Выход

Рис.8.41. Диалоговое окно **Вычертить таблицы ведомостей и спецификаций арматуры**

- В поле редактирования для имени листа введите название **Армирование монолитной диафрагмы ДЖ_2**.
- Выполните щелчок по кнопке **Начертить**.
- Система откроет новую закладку окна под названием **диафрагма.spf:Армирование монолитной диафрагмы ДЖ_2** с листом, на котором уже будут размещены спецификация арматуры по диафрагме, ведомость расхода стали, ведомость деталей и автопримечания.
- В служебном окне **Виды** разверните древовидный список **Сборочные узлы** щелчком мыши.
- В списке **Сборочные узлы** выполните щелчок по строке **Армирование диафрагмы ДЖ_2** и, удерживая нажатой кнопку мыши, затяните вид армирования на лист.
- Выполните щелчок в месте, где хотите расположить схему армирования диафрагмы, чтобы зафиксировать ее положение.
- Нажмите клавишу **Esc** на клавиатуре, чтобы снять выделение со схемы.
- Таким же образом вытяните на чертеж вид **Армирование диафрагмы ДЖ_2: Разрез 2-2 и План 1-го этажа: Узел ДЖ_2/ДЖ_1** (рис.8.42).
- Для редактирования положения объектов на чертеже используйте команду  - **Перенос**, расположенную на панели инструментов **Редактирование**.



Данный пример демонстрирует процедуру армирования диафрагмы и узлов монолитных стен и носит рекомендательный характер. При необходимости выполните доработку чертежа.

Нормативная база

Нормы Российской Федерации

1. СП 14.13330 2011. Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81*. М., 2011.
2. СП 16.13330 2011. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81*. М., 2011.
3. СП 20.13330 2011. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. М., 2011.
4. СП 22.13330 2011. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*. М., 2011.
5. СП 24.13330 2011. Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85. М., 2011.
6. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. М., 2012.
7. СНиП 2.01.07–85. Нагрузки и воздействия.– М.: Стройиздат, 1986.
8. СНиП 2.03.01–84. Бетонные и железобетонные конструкции.– М.: Стройиздат, 1985.
9. СНиП II–7–81. Строительство в сейсмических районах.– М.: Стройиздат, 1982.
10. СНиП II–23–81*. Стальные конструкции. М.: Стройиздат, 1984.
11. СНиП 2.02.01–83. Основания зданий и сооружений. М.: Стройиздат, 1984.
12. СНиП II–21–75. Бетонные и железобетонные конструкции. М., Стройиздат, 1975.
13. СНиП 2.05.03–84. Мосты и трубы. М., ЦИТП, 1985.
14. СП 50-101-2004. Свод правил по проектированию и строительству. Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений. М., 2004.
15. МГСН 4.19-05. Московские городские строительные нормы. Многофункциональные высотные здания и комплексы. М., 2005.
16. СНиП 52–01–2003. Бетонные и железобетонные конструкции М., 2004.
17. НП-031-01. Нормы проектирования сейсмостойких атомных станций. Госатомнадзор России. М., 2001.

Европейские нормы

18. Eurocode 0. Basis of structural design. EN 1990:2002.
19. Eurocode 1. Actions on structures. General actions. Densities, self-weight, imposed loads for buildings. EN 1991-1-1:2002.
20. Eurocode 1. Actions on structures. General actions. Snow loads. EN 1991-1-3:2002.
21. Eurocode 1. Actions on structures. General actions. Wind actions. EN 1991-1-4:2002.
22. Eurocode 2. Design of concrete structures. General rules and rules for buildings. EN 1992-1-1:2004.
23. Eurocode 3. Design of steel structures. General rules and rules for buildings. EN 1993-1-1:2005.
24. Eurocode 6. Design of masonry structures. General rules for reinforced and unreinforced masonry structures. EN 1996-1-1:2005.
25. Eurocode 7. Geotechnical design. General rules. EN 1997-1:2004.
26. Eurocode 8. Design of structures for earthquake resistance. General rules, seismic actions and rules for buildings. EN 1998-1:2004

Нормы Украины

27. ДБН В.2.3-14:2006. Сооружения транспорта. Мосты и трубы. Нормы проектирования. К., 2006.
28. ДБН В.1.2-2:2006. Нагрузки и воздействия. Нормы проектирования. К., 2006.

- 29. ДБН В.1.1-12:2006. Строительство в сейсмических районах Украины. К., 2006.
- 30. ДБН В.2.2-24:2009. Проектирование высотных жилых и гражданских сооружений. К., 2009.
- 31. ДБН В.2.1-10:2009. Основания и фундаменты сооружений. К., 2009.
- 32. ДБН В.2.6-98:2009. Бетонные и железобетонные конструкции. К., 2011.
- 33. ДСТУ Б.В.2.6-156:2010. Бетонные и железобетонные конструкции из тяжелого бетона. К., 2010.
- 34. ДСТУ 3760:2006. Прокат арматурный для железобетонных конструкций. К., 2007.

Нормы стран СНГ

- 35. СНРА II-2.02-94. Сейсмостойкое строительство. Ереван, 1995.
- 36. КМК 2.01.03-96*. Строительство в сейсмических районах. Ташкент, 2006.
- 37. СНТ 2.01.08-99*. Строительство в сейсмических районах. Ашгабат, 2000.
- 38. ПН 01.0.1-09. Строительство в сейсмических районах. Тбилиси. 2009.
- 39. AzDTN 2.3-1-2010. Строительство в сейсмических районах. Баку.2010.
- 40. СНиП РК 2.03-30-2006. Строительство в сейсмических районах. Алматы, 2006.
- 41. МКС ЧТ 22-07-2007. Сейсмостойкое строительство. Душанбе, 2008.
- 42. СНиП КР 20-01:2004. Сейсмостойкое строительство. Бишкек. 2004.

Нормы других стран

- 43. NF P 06-013. Règles de Constructions Parasismiques. Paris: AFNOR, 1995.
- 44. RPA 99 (2003). Règles Parasismiques Algeriennes. D.T.R. –B.C.2.48. Centre National de Recherche Appliquee en Genie Civil. Alger. 2003.
- 45. UBC 1997. Uniform Building Code. Vol. 2: Structural Engineering Design Provisions. – Whittier, Ca: International Conference of Building Officials, 2000.
- 46. IBC 2000. International Building Code. International Code Council, Inc., 2000.
- 47. IBC 2006. International Building Code. International Code Council, Inc., 2006.
- 48. ASCE/SEI 7-05. Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures. American Society of Civil Engineers., 2006. – 419p.

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 BIM-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.

Приложение 1

Золотые струны ЛИРЫ-САПР

Медведев Д.В.

Водопьянов Р.Ю.

В среде программ, предназначенных для расчета строительных конструкций на прочность, слово «Лира» давно уже превратилось в нарицательное. Только ленивый ни разу не пытался посчитать что-нибудь «по лире», а вопрос «какая программа расчета конструкций лучше» – сделался скорее теологическим, чем практическим. «Лира», ставшая привычным инструментом нескольких поколений расчетчиков еще с незапамятных времен БЭСМ¹, по-прежнему ладно ложится в руку мастера, хотя каждый год обретает все новые струны и инкрустации. Как же она звучит сейчас?

Вкратце ответ на этот вопрос звучит так: программа ЛИРА-САПР версии 2012 предлагает пользователям новый режим работы пользовательского интерфейса «лента», удобный в пользовании нелинейный расчет «инженерная нелинейность», МКЭ-расчет с использованием всей доступной памяти на 64-битных компьютерах, расчет плит на продавливание, новый постпроцессор «САПФИР-ЖБК», дополнения в препроцессоре «САПФИР-КОНСТРУКЦИИ» и многое другое. Далее в этой статье мы коснемся каждого из важнейших усовершенствований ЛИРА-САПР 2012, но для начала в минимальном объеме обрисуем общие возможности ЛИРА-САПР.

Обзор возможностей программы ЛИРА-САПР

В 2011 году программа «ЛИРА-САПР» включила в себя препроцессор построения аналитических моделей строительных конструкций «САПФИР-КОНСТРУКЦИИ» и реализовала цепочку архитектура – аналитическая модель – расчетная схема – вариантное конструирование элементов конструкций. С добавлением в 2012 году к этой цепочке нового звена «САПФИР-ЖБК» – постпроцессора, предназначенного для получения рабочих чертежей железобетонных конструкций, программа ЛИРА-САПР по праву может назвать себя новым поколением программ семейства ЛИРЫ, в котором новые пре- и постпроцессоры, основанные на современных алгоритмических схемах, обуславливают быстрое наращивание функциональности и наукоемкости, а математические модули обеспечивают высокоскоростной и комфортный расчет задач любой сложности. Очень обобщенно работу пользователя с программой ЛИРА-САПР можно показать на схеме, представленной на рис. 1. Она перечисляет самые основные объекты, с которыми работает каждая из программ, и направления передачи данных между программами.

¹ Большая Электронно-Счётная Машина, машины такого типа выпускались в СССР с 1952 по 1962 год

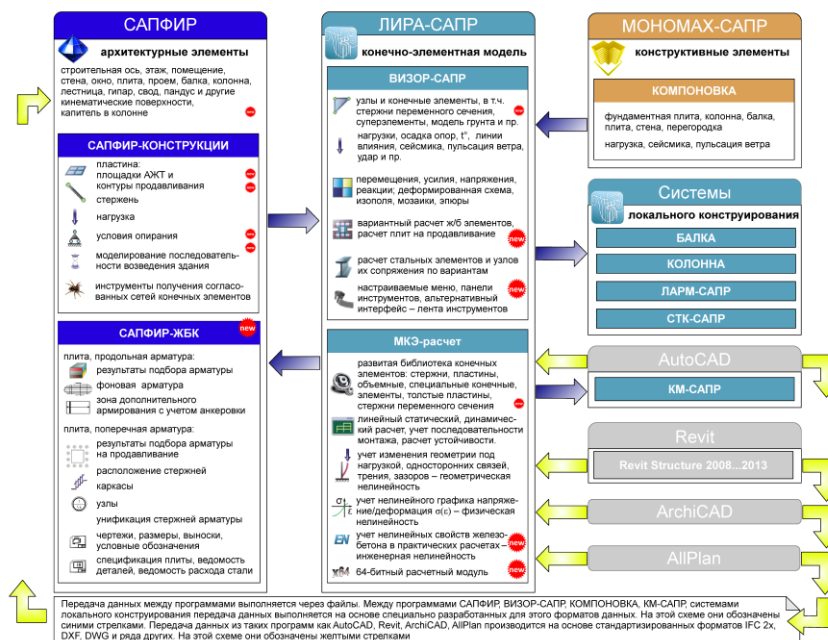


Рис. 1. Общая схема ЛИРА-САПР и смежных с ней программ

Программный комплекс ЛИРА-САПР может строить расчетные схемы зданий и сооружений своими собственными средствами в интегрированной среде подготовки исходных данных, расчета и анализа результатов «ВИЗОР-САПР», либо импортировать их из других программ. Вычисление напряженно-деформированного состояния (НДС) ПК ЛИРА-САПР производит методом конечных элементов (МКЭ) с помощью быстродействующего расчетного процессора, обозначенного на рис. 1 символом «МКЭ-расчет». Возможности МКЭ-расчета в ПК ЛИРА-САПР позволяют производить разного рода статические и динамические расчеты, а также нелинейные расчеты, учитывающие изменения геометрии конструкции под нагрузкой и пластические свойства материалов, из которых изготовлена конструкция. По окончании МКЭ-расчета ЛИРА-САПР позволяет подобрать арматуру в стержневых и пластинчатых конечных элементах, выполнить подбор или проверку поперечных сечений стальных стержневых конечных элементов и их соединительных узлов. Расчет армирования и металлоконструкций может выполняться как в интегрированной графической среде «ВИЗОР-САПР» для группы элементов, так и в «системах локального конструирования» (см. рис. 1) для каждого элемента в отдельности. Системы «БАЛКА», «КОЛОННА» и «ЛАРМ-САПР» выполняют расчет железобетонных стержней и пластин, а «СТК-САПР» – стальных стержней и узлов их сопряжения. Результаты расчета могут быть далее переданы в чертежные системы, выполняющие создание эскизов рабочих чертежей. Для чертежей металлоконструкций это система «КМ-САПР», которая требует для своей работы наличие программы AutoCAD, а для чертежей железобетонных конструкций – это мини-программы «Чертеж колонны», «Чертеж балки», которые не показаны на рис.1 и система «САПФИР-ЖБК» для плит. МКЭ-расчет, расчет армирования и металлоконструкций, их конструирование и черчение выполняется по действующим нормам стран СНГ или Евросоюза. Интегрированная среда моделирования и анализа ВИЗОР-САПР вполне самодостаточна, чтобы строить любые конечно-элементные расчетные схемы. Но конечные элементы по своему определению является абстракцией, человеку гораздо ближе собирать модели зданий не из призрачных абстракций, а из материальных объектов: стен, перекрытий, колонн и т.п. Так, программа «КОМПОНОВКА» из состава программного комплекса «МОНОМАХ-САПР», ориентированная на моделирование монолитных многоэтажных зданий, и позволяет создавать расчетную схему из стен, колонн, плит и балок. При этом автоматически генерируется конечно-элементная расчетная схема, которая может быть переброшена в ВИЗОР-САПР. То же может делать и сравнительно новая система под названием «САПФИР-КОНСТРУКЦИИ», о которой пойдет речь ниже.

Конструкции из синего камня

САПФИР (от др.-греч. σάπφειρος (sappheiros), синий камень, или от рус. *система автоматизированного проектирования формообразования и расчета*, выбирайте, от какого вам больше нравится) появился в лировской семье не так уж давно. Стратегически, предназначение САПФИР – предоставить универсальный интегрированный графический интерфейс для ПК ЛИРА-САПР, который с одной стороны будет унифицированным, то есть будет позволять пользователю и моделировать здание, и конструировать его в одинаковой манере и используя одинаково

простые команды, а с другой стороны будет использовать мощности графического процессора для визуализации, возможности которого ЛИРА-САПР не использует. Фактически, со временем «Сапфир» сможет заменить и нынешнюю интегрированную среду синтеза, расчета и анализа расчетных схем «ВИЗОР-САПР», и инструменты конструирования, и черчения, позволив выполнять старые задачи на качественно новом уровне. И хотя сегодняшний САПФИР не дублирует функциональность всех моделирующих и чертежных систем ЛИРЫ-САПР, а наоборот, дополняет их, поверьте: САПФИР – это будущее. А что же в настоящем? Что конкретно предоставляет САПФИР на текущий момент?

Во-первых, САПФИР является далеко не последним в своем роде инструментом архитектора для моделирования зданий, имеющим встроенную расширяемую библиотеку трехмерных графических объектов и уникальную систему нормоконтроля планировки помещений. Во-вторых, САПФИР может выполнять идеализацию архитектурных моделей зданий в расчетные схемы, предназначенные для прочностных расчетов несущих конструкций здания. Подготовленные в САПФИР расчетные схемы вполне готовы к расчету. В-третьих, САПФИР является инструментом конструирования железобетонных плит перекрытий и покрытий. Наконец, в-четвертых, САПФИР является неплохим инструментом черчения, который автоматически генерирует планы и разрезы и позволяет проставлять на них размеры, выноски и прочие условные обозначения. Для реализации каждого из этих четырех пунктов в САПФИР имеется специальный режим под названием «Архитектура», «Конструирование», «Армирование» и «Черчение», соответственно. Кстати, все они доступны всем пользователям ЛИРЫ-САПР 2011 и 2012 совершенно бесплатно за исключением режима «Армирование», цена на который вынесена в прейскуранте отдельной строкой.

Среда трехмерного моделирования САПФИР, внутри которой функционирует система САПФИР-КОНСТРУКЦИИ, работает с архитектурными элементами, такими как стена, перекрытие, окно, лестница. Из этих элементов извлекаются их идеализированные представления для конечно-элементного расчета. Так, идеализированным представлением перекрытия является пластина, а колонны – стержень. Такая идеализированная модель в САПФИР-КОНСТРУКЦИИ называется аналитической. К аналитической модели в САПФИР-КОНСТРУКЦИИ можно приложить нагрузки и связи, и дискретизировать ее сетками конечных элементов, а дальше передать эту модель, уже вполне готовую к расчету, в ЛИРУ-САПР. «Что же тут особенного?» – скажет умудренный пользователь – расчетную схему для ЛИРЫ-САПР я мог строить и без «Сапфира», используя «Мономах» или попросту готовя ее в «Автокаде». И будет прав! Конечно, готовить конечно-элементную схему можно и в «Мономахе», и в «Автокаде», и в Autodesk® Revit Structure, и в других программах, таких как ArchiCAD, и AllPlan. Но самые лучшие расчетные схемы, то есть такие расчетные схемы, которые надо *дорабатывать меньше всего*, получаются при подготовке их в «Мономахе» и «САПФИР-КОНСТРУКЦИИ». Например: ни в одной другой программе, кроме «Мономаха», нельзя задать для ЛИРЫ-САПР условия опирания плиты: жесткое, шарнирное, с эксцентриситетом. Если расчетная схема готовится не в «Мономахе», то опирания приходится задавать вручную, в самой ЛИРЕ-САПР. Еще пример: на всех архитектурных моделях, импортируемых в ЛИРУ-САПР, сетки конечных элементов генерируются в момент импорта, то есть «на лету», поэтому пользователь вынужден много времени тратить на то, чтобы довести их «до ума», тогда как в САПФИРЕ есть встроенные инструменты улучшения качества конечно-элементных сетей. И таких примеров можно привести множество.

Есть задачи, которые удобнее делать внутри самой ЛИРЫ-САПР, есть такие, которые удобнее делать в «Мономахе», но есть и задачи, которые удобнее делать в САПФИР-КОНСТРУКЦИИ! Например, основным недостатком «Мономаха» является то, что элементы в нем можно размещать только вертикально или горизонтально, тогда как в САПФИР-КОНСТРУКЦИИ элементы могут занимать *произвольное* положение в пространстве. Другое различие между программой КОМПОНОВКА и САПФИР-КОНСТРУКЦИИ состоит в том, что в «Компоновке» конструктивные элементы составляют со своими конечно-элементными схемами единое целое и не могут занимать разное положение в пространстве, в то время как «Сапфире» архитектурные элементы (читай «опалубочные чертежи»), и их идеализированные модели (читай «конечные элементы») разделены между собой. Такое разделение дает гораздо больше свободы и возможностей и на этапе построения расчетной схемы, и на этапе конструирования и выполнения чертежей. Поясним это утверждение. Модель здания, созданная в «Мономахе», хотя и состоит из конструктивных элементов «стена», «плита», «колонна», «балка», по существу является конечно-элементной моделью, так как конструктивные элементы являются не чем иным, как набором конечных элементов. Случай, когда конечно-элементная модель не в точности повторяет опалубочные чертежи – а на практике такое не редкость – не вписывается в возможности конструирующих программ «Мономаха». Напротив, в «Сапфире» положение элементов архитектурной модели может полностью соответствовать опалубочным чертежам, а аналитическая модель может иметь свое собственное положение в пространстве. Тогда на этапе конструирования в системе «САПФИР-ЖБК» можно использовать обе модели: архитектурную (опалубочную) – для раскладки арматуры и нанесения размеров и конечно-элементную, из которой извлекаются площади требуемой арматуры.

Наиболее удобной последовательностью работ по подготовке расчетной схемы здания в САПФИР-КОНСТРУКЦИИ будет работа по схеме, представленной на рис. 2.

На первом этапе моделирования бывает очень удобно, когда перед составлением расчетной схемы у «Сапфира» есть «подложка» – плоский чертеж из *.dxf - файла «Автокада», трехмерная модель из *.ifc - файла «Ревита» или «Архикада» или хотя бы обычный рисунок *.jpg, *.png, *.bmp. Такую подложку легко «поднимать», то есть выстраивать на ней стены плиты, колонны, балки, рис. 3. Наличие подложки ни в коем случае не является обязательным, и можно начинать строить модель здания в «Сапфире» с чистого листа. Но поскольку работа конструктора, как правило, начинается, когда архитектура здания уже определена, и ее использование весьма удобно при построении модели конструкций, первым звеном последовательности мы обозначим импорт такой плоской или трехмерной подложки.

Следующий шаг – создание модели здания из архитектурных элементов, которые для удобства можно разнести по разным этажам. Архитектурную модель можно создавать из следующих объектов: строительная ось, стена, плита перекрытия, колонна, балка, разнообразные лестницы и крыши, а также различные поверхности, образованные движением линии по образующей: пандус, свод, купол, цилиндр, конус седло и т.д. (см. рис. 3, 4). Колонна может иметь капитель разной формы, а плита – отверстия и вставки отличной от основной толщины.



Рис. 2. Подготовка расчетной схемы в САПФИР-КОНСТРУКЦИИ

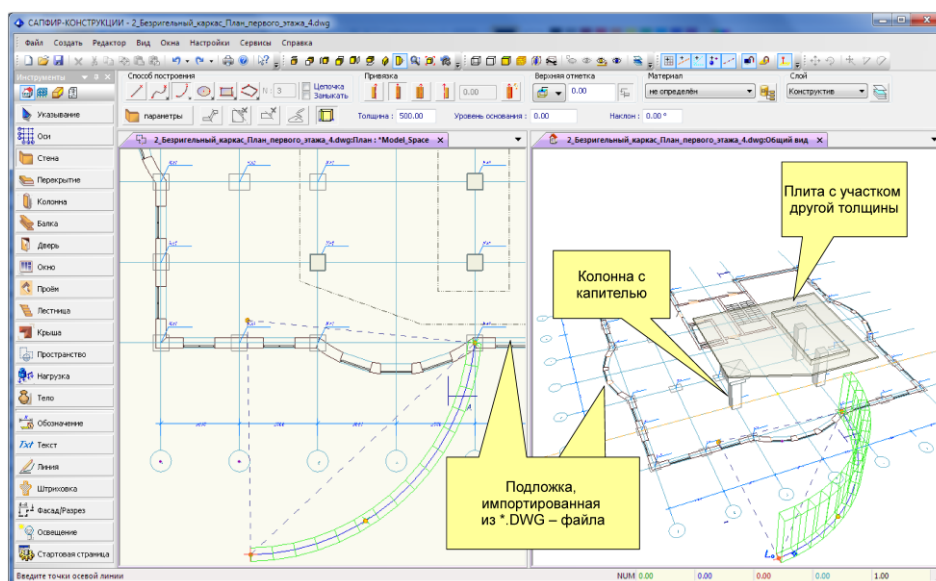


Рис. 3. Создание элементов архитектурной модели возможно как на планах, так и в трехмерном пространстве. Создание стены

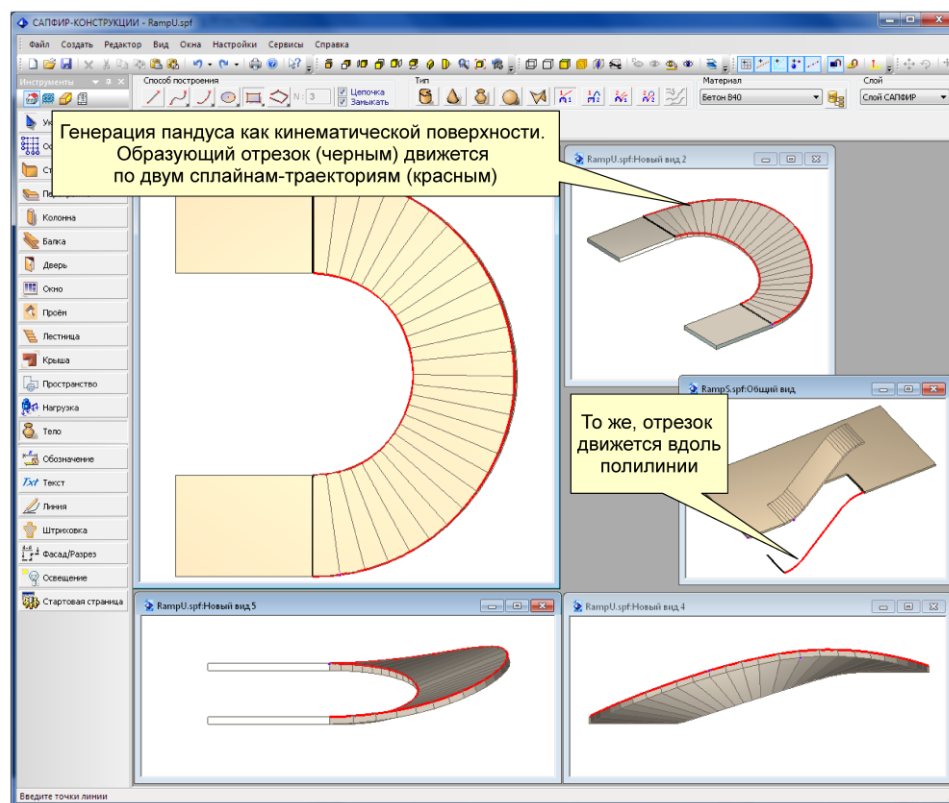


Рис. 4. Создание кинематических поверхностей в САПФИР

После построения архитектурной модели необходимо извлечь из ее элементов их идеализированные представления, то есть построить аналитическую модель здания. Для этого достаточно перейти в режим «Конструирование». В аналитической модели несущие элементы, наподобие перекрытий и колонн, становятся пластинами и стержнями, ненесущие элементы, наподобие перегородок, и жилые пространства – нагрузками, а прочие элементы могут вообще быть проигнорированы по желанию пользователя. После этого необходимо убедиться в правильности построения аналитической модели и, возможно, внести необходимые исправления в форму или положение аналитических элементов, найти их пересечения, чтобы конечно-элементные модели несущих элементов здания имели общие узлы, набросить на аналитическую модель конечно-элементные сетки и – наконец – сохранить аналитическую модель с готовыми сетками для ЛИРЫ-САПР. Дополнительно на аналитическую модель можно в любой момент

задать нагрузки и связи. Для всего этого режим «Конструкции» в «Сапфире» предоставляет специализированные инструменты. Чтобы читатель мог в полной мере представить возможности режима «Конструкции», перечислим его основные инструменты с минимально возможными комментариями.

- Инструмент «дотягивание» призван убрать из конечно-элементной модели узкие перешейки, шпильки и прочую и излишнюю детализацию, которая может повредить конечно-элементной модели. Дотягивание убирает щели и консоли между непараллельными элементами. Работает команда дотягивания, продолжая пластины до непараллельных им элементов или обрезая их. Так, на рис. 5 команда дотягивания удалила консольный край плиты, расширила дверной проем до угла, заменила ряд мелких отверстий одним большим. Дотягивание не является обязательной операцией и может быть пропущено, если в нем нет необходимости.

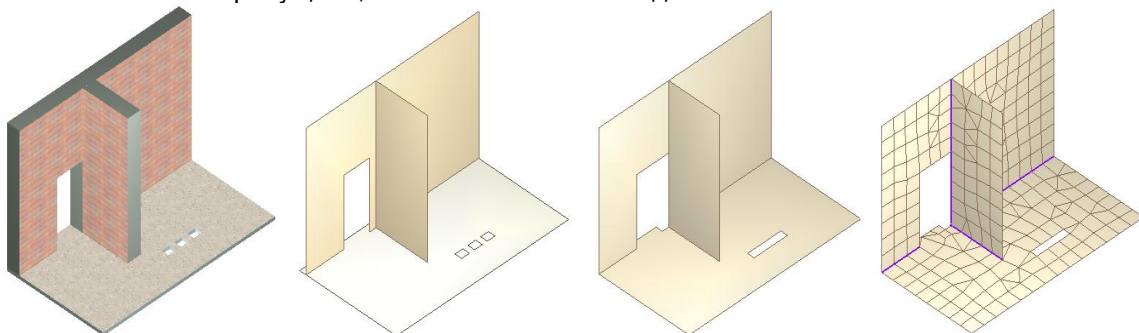


Рис. 5. Архитектурная модель → аналитическая модель → дотягивание → пересечение и создание МКЭ-сеток.

- Инструмент «выравнивание» позволяет сделать выбранные элементы вертикальными, горизонтальными, расположить все выбранные элементы в одной усредненной плоскости или «выровнять по образцу» спроецировать одни элементы на плоскость других.
- Инструмент «пересечение» создает общие узлы у пересекающихся элементов конечно-элементной модели.
- Инструменты создания конечно-элементных сетей позволяют получить сети конечных элементов, состоящие пластинчатых из четырехугольных, треугольных конечных элементов и стержней. Пользователь может управлять созданием МКЭ-сетей, выбирая метод их генерации, шаг триангуляции и создавая дополнительные точки и отрезки, в которых в обязательном порядке должны образоваться соответственно узлы и ребра МКЭ-сети во время ее создания.
- Инструменты создания нагрузок позволяют создавать нагрузки независимо от положения МКЭ-сеток и вообще элементов. Элементы, к которым приложены нагрузки, автоматически отыскиваются только в момент записи расчетной схемы для ЛИРЫ-САПР, так что редактировать нагрузки в САПФИР-КОНСТРУКЦИИ можно свободно и независимо от положения всех других объектов. Можно создавать следующие виды нагрузок: сосредоточенная нагрузка; трапециевидная нагрузка по произвольной полилинии; равномерно-распределенная нагрузка внутри произвольного контура; сосредоточенный момент; трапециевидный момент по прямолинейному отрезку. Кроме того, нагрузки могут автоматически создаваться во время генерации аналитической модели из архитектурной. Так, в этот момент генерируется нагрузка от перегородок и жилых помещений, если они были заданы в архитектурной модели. Все создаваемые нагрузки могут иметь произвольное направление в пространстве и могут быть разнесены по разным загружениям.
- Инструмент наложения связей и коэффициентов постели упругого основания. Связи можно наложить на конец стержня, нижний или верхний край пластины, на весь стержень, всю пластину, в произвольной точке в стержня или пластины или по произвольному отрезку, лежащему на пластине. Линейные связи накладываются вдоль направлений осей X, Y, Z глобальной системы координат, а угловые связи – вокруг этих осей. Коэффициенты постели упругого основания C1, C2 накладываются на пластины и стержни целиком.

- Инструмент диагностики целостности аналитической модели, который позволяет выявлять, например, коллизии – когда два объекта занимают один объем в пространстве – или «бесхозные» нагрузки – нагрузки, для которых невозможно определить, к какой пластине или стержню аналитической модели они приложены.
- Инструмент, или если угодно, кнопка записи аналитической модели для ее передачи в ПК ЛИРА-САПР 2012. Во время записи происходит автоматическое согласование осей пластин.

Справедливости ради необходимо заметить, что кроме вышеописанного способа построения расчетной схемы, САПФИР-КОНСТРУКЦИИ предлагает также и другой, так сказать, побочный сценарий работы, а именно, построение расчетной схемы здания методом последовательных преобразований, или приближений. При этом архитектурные элементы, полученные из других архитектурных программ, таких как, например, «Архикад», не «подымаются», а преобразуются к черновой расчетной схеме с помощью инструментов распознавания формы объектов, а затем, удаляя лишнее, дотягивая и выравнивая, доводятся до проектного положения. Распознавание формы объектов позволяет из произвольных линий, тел или поверхностей получать элементы аналитической модели: стержни и пластины.

На этом обзор основных возможностей системы САПФИР-КОНСТРУКЦИИ можно было бы считать законченным, но он не будет полным, если не упомянуть о ряде уникальных «остро заточенных» инструментов, которые делают создание расчетной схемы в САПФИР-КОНСТРУКЦИИ особенно приятным. Это встроенное в САПФИР-КОНСТРУКЦИИ автоматическое создание ветровых нагрузок, моделирование последовательности возведения «МОНТАЖ» и создание абсолютно жестких тел.

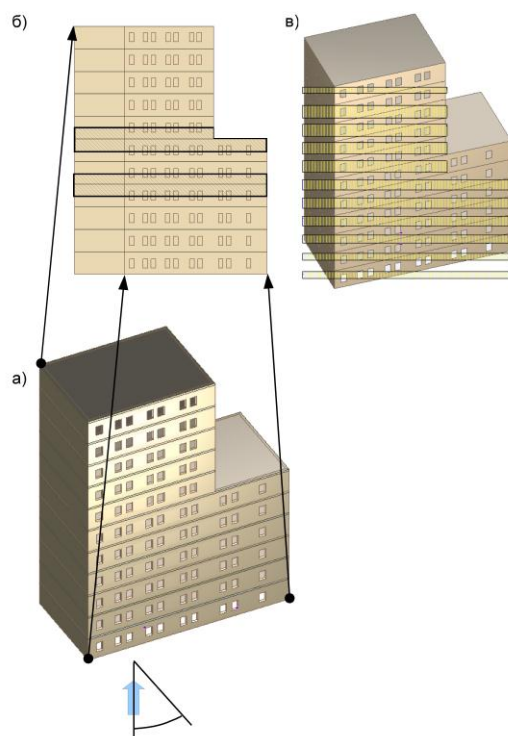


Рис. 6. Автоматическая генерация ветровой нагрузки в САПФИР-КОНСТРУКЦИИ

- а) проецирование силуэта здания на плоскость, перпендикулярную направлению ветра;
 б) определение грузовых площадей;
 в) приложение собранной ветровой нагрузки к перекрытиям

Генерация ветровой нагрузки. САПФИР-КОНСТРУКЦИИ может генерировать ветровую нагрузку в уровне перекрытий для прямоугольных зданий. Ветровая нагрузка автоматически генерируется согласно СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия» в зависимости от направления воздействия, ветрового района, типа местности и аэродинамического коэффициента. Силуэт здания проецируется на плоскость, перпендикулярную направлению ветра. Далее, для каждого междуэтажного перекрытия определяется грузовая площадь в зависимости от высоты этажа. Грузовые площади показаны заштрихованными областями на рис. 6 (б). И наконец, с грузовой площади на каждое перекрытие собирается ветровая нагрузка $w = w_0 \cdot k \cdot c$, где w_0 – нормативное значение ветрового давления, k – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по

высоте, c – аэродинамический коэффициент. По умолчанию аэродинамический коэффициент принимается как сумма аэродинамических коэффициентов с наветренной стороны и подветренной стороны: $c=0,8+0,6=1,4$. Сгенерированные ветровые нагрузки прикладываются к аналитической модели, рис. 6 (в). Может быть задано сколько угодно ветровых нагрузок на здание.

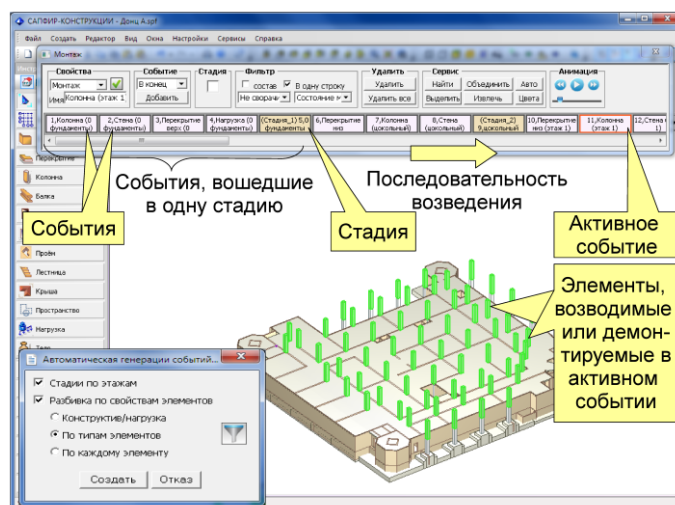


Рис. 7, Моделирование последовательности возведения здания в САПФИР-КОНСТРУКЦИИ

«МОНТАЖ» в САПФИРЕ. Те пользователи, которым надо было задавать последовательность возведения конструкции непосредственно в ПК ЛИРА-САПР, помнят, насколько сложным для понимания был способ ее задания. САПФИР-КОНСТРУКЦИИ реализовал новый подход к заданию последовательности возведения конструкции используя новое понятие: *монтажное событие*. Монтажное событие – это возведение, т.е. монтаж, или, наоборот, демонтаж некоторой части здания. Событием может быть как монтаж или демонтаж несущих конструкций, так и приложение или снятие нагрузки. Одно или несколько монтажных событий, следующих одно за другим, образуют *стадию монтажа*, которая передается в ПК ЛИРА-САПР. Все события и стадии отображаются на временной шкале, изображенной на рис. 7 символом «последовательность возведения». События можно генерировать как автоматически, например, включив в одно событие все элементы одного этажа, или вручную, добавляя и исключая в активное событие выделенные элементы. Процесс возведения конструкции можно раздробить на достаточное количество монтажных событий, чтобы потом, объединяя их в стадии, получить в результате расчетную схему с оптимальным числом стадий монтажа. Подсистема «МОНТАЖ» в САПФИР-КОНСТРУКЦИИ предоставляет удобные и наглядные интерактивные инструменты для задания монтажных стадий, контроль объектов монтажных стадий, анимацию монтажа, автоматический сбор нагрузок от собственного веса элементов конструкции на каждой стадии монтажа и, наконец, автоматическое формирование монтажных таблиц в терминах ЛИРА-САПР, а в их числе – стадийных и дополнительных монтажных загружений.

Создание абсолютно жестких тел (АЖТ). Следующая возможность, которая появилась в САПФИР-КОНСТРУКЦИИ – это создание абсолютно жестких тел в местах пересечения элементов. Предназначение АЖТ – в некоторой степени компенсировать погрешности, вносимые упрощающими допущениями, принятыми при построения расчетных схем. Так, плиту или стену принято заменять для расчета на двумерную пластину, а колонну или балку – на одномерный стержень. АЖТ же в ряде случаев уменьшает перемещения, устраняет концентрации напряжений и т. д., т.е. делает модель более адекватной своему реальному трехмерному прообразу. Один из способов использования АЖТ – это исключение из расчета пиковых усилий, возникающих в точках опирания, в первую очередь пластин и балок, как показано на рис. 8.

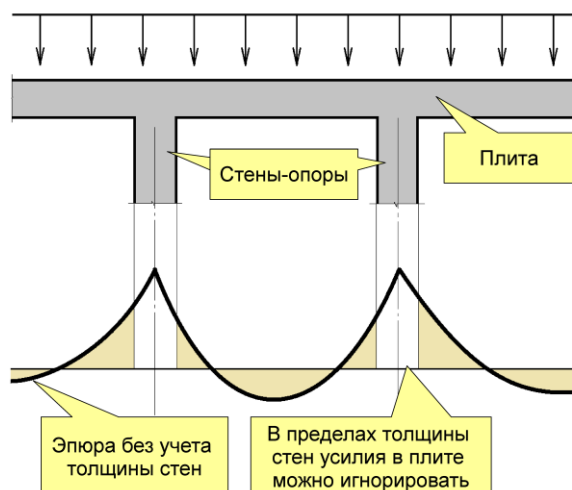


Рис. 8. Уменьшение пиковых усилий на плиту или балку при учете тела опор

Если до появления САПФИР-КОНСТРУКЦИИ 2012 формирование АЖТ в местах опирания плит можно было делать либо вручную в ЛИРЕ-САПР, либо – автоматически, в программе КОМПОНОВКА, но лишь для схем, состоящих только из вертикальных и горизонтальных элементов. САПФИР-КОНСТРУКЦИИ позволяет автоматически генерировать АЖТ на произвольно ориентированных элементах. Для того, чтобы сформировать АЖТ, достаточно установить стержню или пластине аналитической модели САПФИР-КОНСТРУКЦИИ флажок «АЖТ в перпендикулярных элементах» и выполнить команду «Найти пересечения». После передачи расчетной схемы в ПК ЛИРА-САПР в местах пересечений образуются АЖТ, рис. 9. Кстати, на этом рисунке АЖТ сформированы как от стены на плите, так и от плиты, на стене.

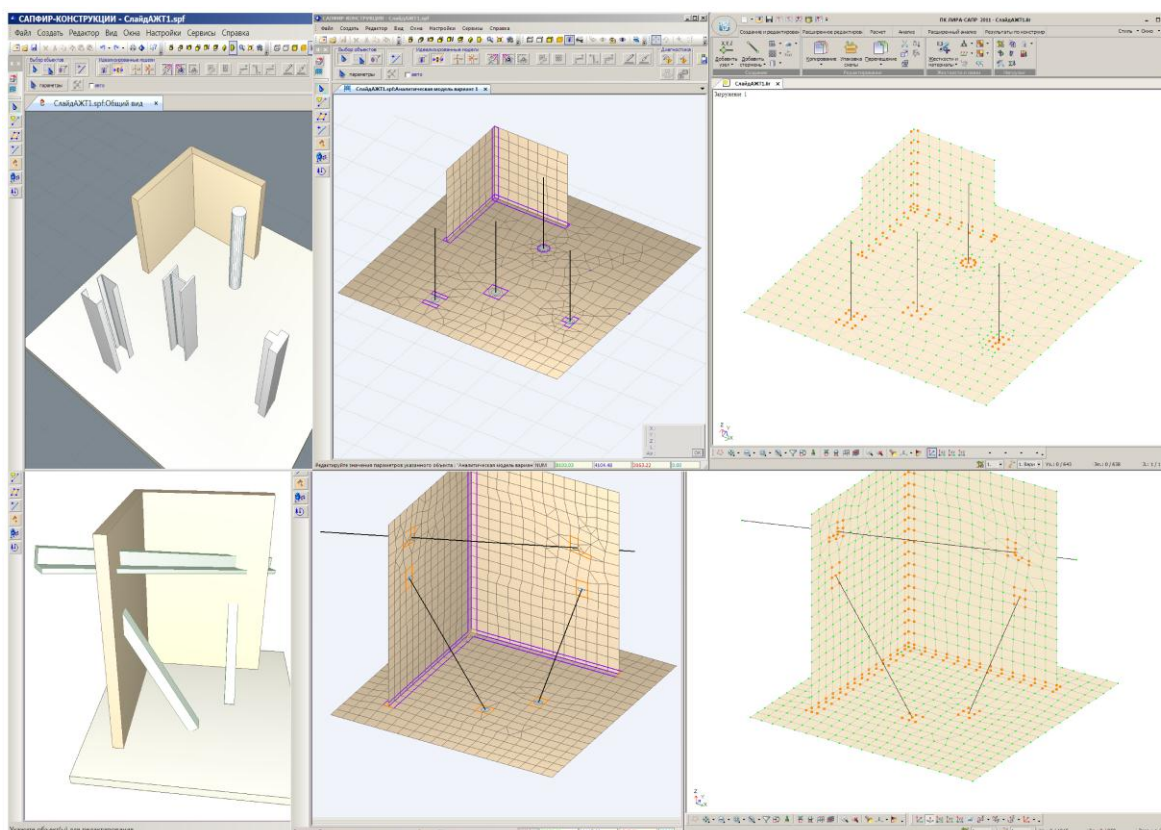


Рис. 9. Формирование абсолютно жестких тел в САПФИР-КОНСТРУКЦИИ

Расчетные схемы, полученные из программ САПФИР-КОНСТРУКЦИИ, КОМПОНОВКА и, тем более из других программ, в ряде случаев нуждаются в доработке: организация нелинейного расчета, задания нетривиальных условий опирания, задание специальных элементов трения, проскальзывания, предварительного напряжения и мн. др. Все эти дополнительные условия накладываются в системе ВИЗОР-САПР – интегрированной графической среде построения,

расчета и анализа результатов расчета строительных конструкций методом конечных элементов, описание которой начинается прямо в следующей строке.

О вкусах, меню, лентах, революциях и новых расчетах

Итак, открываем систему ВИЗОР-САПР. Пользователю, который за долгое время работы уже привык к виду предыдущих версий, программа на первый взгляд покажется несколько незнакомой. Но, присмотревшись, он сразу найдет все знакомые кнопки – они просто стали чуть более пастельными, растворив прежнюю «угловатость» пользовательского интерфейса. Новый вид кнопок у ЛИРЫ-САПР появился не просто так. Во-первых, если размер кнопок 22 на 22 точки кажется вам слишком мелким, то кнопки теперь можно увеличить вдвое и увидеть наконец то же на самом деле было изображено на них все эти годы, а во-вторых, и кнопки панелей инструментов, и меню, и – внимание – быстрые сочетания клавиш – теперь являются настраиваемыми. Можно создавать свои собственные панели инструментов и быстрые сочетания кнопок, чтобы ускорить свою работу в программе. Кроме того, в ЛИРА-САПР 2012 можно переключиться в новый режим пользовательского интерфейса – «лента», рис. 10.

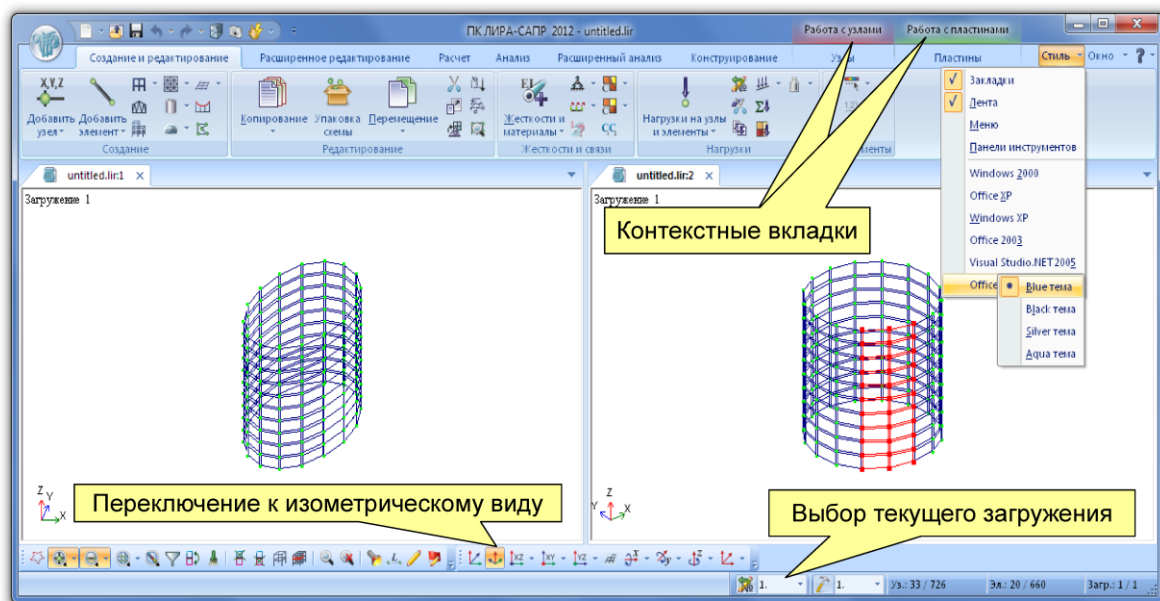


Рис.10. Вид пользовательского интерфейса в ЛИРА-САПР 2012 в режиме «лента»

Ленточный интерфейс группирует инструменты, то бишь, кнопки, по задачам, стоящим перед пользователем. На отдельных вкладках сгруппированы инструменты для построения расчетной схемы, отдельно – для расчета, отдельно – для анализа результатов, отдельно – для конструирования, то есть подбора арматуры и стального расчета. При выделении на схеме узлов и элементов появляются так называемые *контекстные вкладки*, в которых перечисляются задачи, которые можно выполнить с выделенными узлами и элементами. Наиболее часто используемые кнопки – крупные и с подписями, а те, что используются реже – поменьше. Это, кстати, тоже экономит время, так как на поиск глазами и щелчок мышью по крупной кнопке требуется меньше миллисекунд, чем на то же действие с кнопкой 22x22 или даже 44x44, ведь на панели инструментов все кнопки одного размера и следуют одна за другой непрерывно. Не бойтесь переходить в режим «лента» в ЛИРЕ-САПР. В отличие от Microsoft Office, в ленте которого можно потеряться всерьез и надолго, ЛИРА-САПР позволяет в любой момент вернуться к классическому виду. Для этого достаточно просто снять галочку у пункта «Лента» в меню «Стиль» (см. рис. 10). Если вы все же решили опробовать ленту, но вдруг не можете найти в ней нужную кнопку, то кроме ленты можно дополнительно включить и меню, и панели инструментов. Отличительной особенностью ленты является переключение текущего загрузки в строке статуса. А можно ли настраивать ленту? Лента в ЛИРЕ-САПР не является в полном смысле настраиваемой, как скажем, в Автокаде последних версий, но не забудьте, что любую кнопку ленты можно вынести в панель быстрого доступа, которая находится в заголовке окна, а продвинутые пользователи могут даже сами перегруппировывать кнопки в ленте, отредактировав текстовый файл определенного формата.

Теперь немного о «вкусах», предназначенных для улучшения изображения расчетной схемы на экране. Появились новые проекции расчетной схемы. Кроме видов «спереди», «сверху» и «слева» появились виды «снизу», «справа», и «сзади». Кроме старой аксонометрической

проекция расчетной схемы, которая в своем начальном положении по виду напоминала диметрию, а после поворота вообще была трудна для восприятия, появилась новая, которая напоминает изометрию и не искажает восприятие во время поворотов, см. рис. 10. Улучшен также и сам алгоритм рисования расчетной схемы: она рисуется и быстрее, и четче; большие схемы нормально воспринимаются даже без включения освещенности. Наконец, в новой версии ЛИРА-САПР переключение между режимами «создание и редактирование», «анализ результатов» и «конструирование» происходит с сохранением текущего вида схемы, тогда как в предыдущих версиях после перехода между режимами приходилось заново фрагментировать, поворачивать и выделять элементы на схеме. Но, пожалуй, достаточно о внешности – пора переходить к содержанию.

Революционные изменения претерпел не только внешний вид программы, но и ее содержимое. Подбор арматуры и расчет сечений стальных элементов и узлов были перенесены из отдельных программ АРМ-САПР и СТК-САПР в единую среду ВИЗОР-САПР. Появилась возможность полного пересчета одним нажатием мыши. Математические модули ЛИРА-САПР 2012 были дополнены новыми функциями и усовершенствованиями. Новые функции: появился новый метод расчета конструкций с учетом физической нелинейности под названием «инженерная нелинейность»; расчет поперечной арматуры в плитах на продавливание; расчет стержня переменного по длине поперечного сечения; расчет пластин по теории Вуда. Усовершенствованы: конечные элементы оболочки и плиты, работа в 64-битных операционных системах, вычисление расчетных сочетаний пластин и стержней, внешний вид окна расчета, и многое другое. Но обо всем по порядку.

Варианты конструирования. Как только что было сказано, конструирование было перенесено из отдельных программ в единую среду ВИЗОР-САПР. Под *конструированием* в данном случае понимается подбор арматуры железобетонных элементов расчетной схемы и проверка/подбор поперечных сечений и узлов стальных элементов. Это привело к возникновению нового понятия в ЛИРЕ-САПР: *варианта конструирования*. Вариант конструирования включает в себя как исходные данные, необходимые выполнения конструирования, так и его результаты: подобранную арматуру и результаты проверки/подбора сечений стальных элементов. В одной расчетной схеме может быть один или более вариант конструирования. Варианты конструирования в ЛИРЕ-САПР возникли оттого, что на один статический/динамический расчет могли приходиться несколько расчетов арматуры или стальных расчетов. В самом деле, в ЛИРЕ-САПР всегда на один *.lig-файл со статическим/динамическим расчетом схемы можно было создать два, а то и больше *.argm файла с расчетом арматуры этой же схемы, в одном, например, подобрав вариант арматуры по СНиП, а во втором – вариант по СП. Эти варианты подбора арматуры в ЛИРЕ-САПР получили названия «варианты конструирования». В вариант конструирования входят примерно те же данные, которые задавались для железобетонного и стального расчета в АРМ-САПР и СТК-САПР:

- нормы железобетонного расчета;
- нормы стального расчета;
- по каким видам усилий следует выполнять конструирование: по РСУ, по РСН, по усилиям от загружений;
- материалы элементов: сталь, бетон, арматура;
- данные, необходимые для подбора арматуры и стального расчета: расчетные длины, защитные слои, ширина раскрытия трещин, предельные гибкости и прогибы и пр.;
- конструктивные элементы – цепочки из соосных смежных стержней с одинаковыми жесткостями и материалом;
- унификация РСУ элементов, в том числе пластин;
- унификация РСУ конструктивных элементов;
- условные закрепления, предназначенные для расчета прогибов стальных балок.

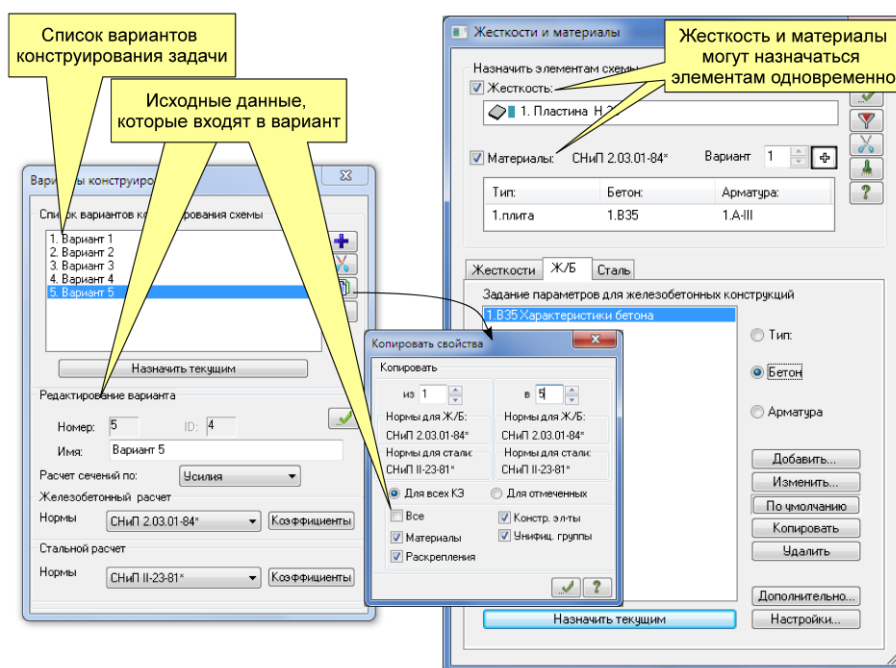


Рис. 11. Данные вариантов конструирования и окно жесткостей и материалов

Изображенные на рис. 11 диалоговые окна, предназначенные для создания, редактирования и копирования данных из одного варианта конструирования в другой, может служить хорошим напоминанием о том, какие именно данные входят в вариант конструирования. Остальная часть данных, содержащаяся в задаче – нагрузки, поперечные сечения элементов и др. – является общей для всех вариантов конструирования и не может меняться от варианта к варианту конструирования в пределах одной задачи. Для подбора арматуры элементам необходимо назначить тип, бетон и арматуру, а для стального расчета материал и дополнительные характеристики. Задание этих данных выполняется аналогично назначению элементам поперечных сечений. Даже больше того, назначение жесткостей и назначение материалов конструирования теперь сосредоточено в одном диалоговом окне под названием «Жесткости и материалы» и назначить элементу расчетной схемы и поперечное сечение, и материал можно одним щелчком мыши (см. рис.11).

Благодаря тому, что унификация теперь задается в данных вариантов конструирования, теперь можно сравнить между собой несколько вариантов унификации, в том числе пластин, и определить самый оптимальный из них, а также сравнить подобранную арматуру или стальные сечения с вариантом без унификации.

Если расчетная схема содержит суперэлементы, то конструирование всех экземпляров суперэлементов вместе с основной схемой. Для этого необходимо в каждом суперэлементе задать данные для расчета, то есть варианты конструирования. Один и тот же суперэлемент может входить в несколько различных расчетных схем, поэтому варианты конструирования в суперэлементе задаются независимо от расчетных схем, в которые он будет входить. С другой стороны, после установки суперэлемента в каждую основную схему необходимо указать, какой вариант конструирования суперэлемента соответствует каждому варианту конструирования основной схемы. То есть, точно так же, как отдельное загрузке суперэлемента входит в основную схему как *супернагрузка*, суперэлемент входит в каждый вариант конструирования основной схемы со своим *супервариантом* конструирования. Нормы расчета суперварианта должны соответствовать нормам расчета основной схемы, например: если основная схема рассчитывается по нормам СНиП 2.03.01-84*, то у суперэлемента должен быть выбран супервариант, в котором исходные данные заданы тоже по СНиП 2.03.01-84*.

На рис. 12 показано, как выбрать вариант конструирования суперэлемента для соответствующего варианта конструирования основной схемы.

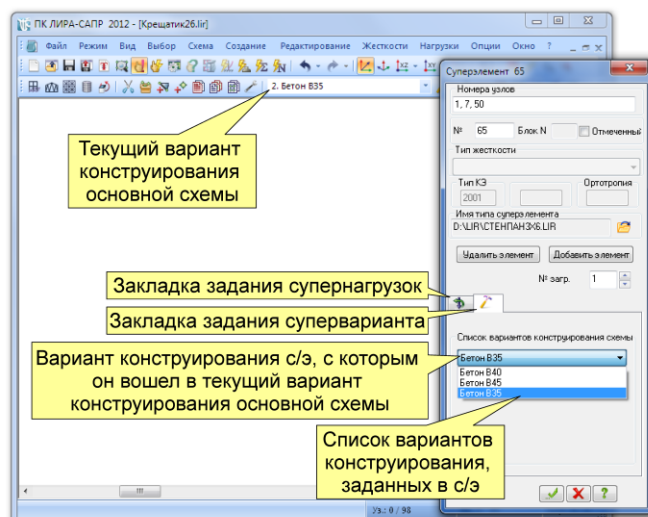


Рис. 12. Задание суперварианта

Полный расчет. Благодаря тому, что исходные данные для подбора арматуры и проверки/подбора стальных сечений, то есть данные вариантов конструирования, можно задавать точно также, как исходные данные для статического/динамического расчета, стало возможным выполнить сквозной расчет, то есть статический/динамический расчет, а за ним расчеты, которые в предыдущих версиях ЛИРЫ-САПР после статического перерасчета приходилось всегда запускать вручную, в том числе и расчет армирования и стали. Сейчас нажатие кнопки «Выполнить расчет» автоматически запускает полный расчет в следующей последовательности: статический и динамический расчет → расчет РСУ → вычисление реакций на фрагмент → расчет РСН → устойчивость по усилиям или РСН → вычисление главных и эквивалентных напряжений → вычисление унифицированных усилий по каждому варианту конструирования → железобетонный расчет и стальной расчет по каждому варианту. Запуск же команды «Расчет с контролем параметров» позволяет пользователю отключить те из расчетов в цепочке полного расчета, которые нет смысла выполнять или повторять в данный момент, рис. 13.

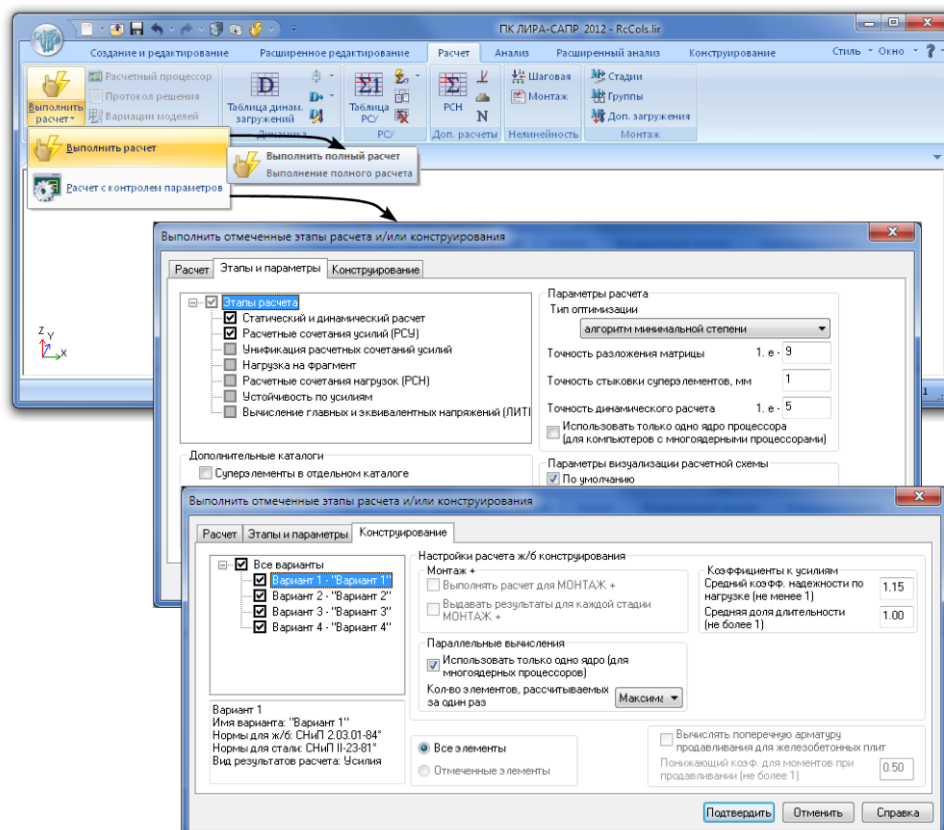


Рис. 13. Запуск полного расчета и расчета с контролем параметров

«МКЭ-расчет» – новый процессор ПК ЛИРА-САПР. В ПК ЛИРА-САПР, начиная с версии 2012 включен новый *процессор*, т.е. математический модуль МКЭ-расчета. Хотя в нем использованы основные идеи и концепции, разработанные еще в 60-х годах и реализованные во всех программах-предшественниках ЛИРЫ-САПР [1, 2, 3], в этом случае были реализованы новые компактные алгоритмические схемы, которые сделали процессор более гибким, открытым и готовым для быстрого наращивания функциональности и наукоемкости. Некоторые новые его возможности – инженерная нелинейность, новые возможности конечных элементов, новая реализация режима суперэлементов и другие мы описаны ниже.

Новый метод расчета «инженерная нелинейность». Его смысл – позволить пользователю задавать исходные данные и анализировать результаты как для линейного расчета, но при этом выполнять расчет с учетом физически-нелинейных свойств материала. То есть из времени, которое тратится на нелинейный расчет, исключаются и продолжительный этап определения и задания нелинейных свойств материала, и трудности, связанные с последующим анализом результатов. Вспомним, что после физически нелинейного расчета в ЛИРЕ-САПР были недоступны многие удобные инструменты, например, комбинирования расчетных сочетаний нагрузок «РСН» и расчетных сочетаний усилий «PCY». Напротив, после выполнения расчета по «инженерной нелинейности» такими инструментами можно свободно пользоваться. Этот инструмент является тем более интересным для пользователей ПК ЛИРА-САПР 2012, поскольку он доступен бесплатно во всех конфигурациях покупки, в том числе «стандарт», тогда как физически и геометрически нелинейные расчеты доступны только в наиболее дорогостоящей конфигурации «PRO».

Попробуем пояснить принципы, заложенные в «инженерную нелинейность». Вначале задаются исходные данные как для обычного расчета. Затем задается «определяющее» нагружение, которое, по мнению пользователя, в основном определит напряженно-деформированные состояния элементов конструкции – развитие трещин, пластические деформации бетона и арматуры. «Определяющее» нагружение задается как набор загрузений, каждое со своим коэффициентом. На назначенное определяющее нагружение выполняется расчет в нелинейной постановке с подбором на каждой итерации арматуры железобетонных элементов. Расчет выполняется, применяя итерационный метод секущих (метод Биргера). В результате расчета определяются жесткостные характеристики элементов, соответствующие секущим модулям деформации на последней итерации нелинейного расчета. Жесткостные характеристики стержневых элементов определяются как для стержневой переменной жесткости, а для пластинчатых элементов – как для ортотропных пластин. На основе полученных новых жесткостных характеристик выполняется линейный расчет на все заданные нагружения (в том числе и динамические), определяются PCY, РСН, подбирается проектная арматура и выполняется конструирование в конструирующих системах ЛИРЫ-САПР. Такая организация нелинейного расчета не требует трудоемкого этапа задания арматуры, так как арматура подбирается автоматически во время расчета, и дает достаточно адекватные результаты. Так, многочисленные исследования, проведенные на стадии тестовой эксплуатации, показывают, что перемещения от эксплуатационных нагрузок в 2,5...3,5 раза превышают перемещения, полученные на основе линейно-упругого расчета, и в ряде случаев наблюдается некоторое перераспределение усилий.

Инженерная нелинейность ни в коем случае не может заменить расчет с учетом физической нелинейности на основе шаговых методов, которые с точки зрения математики являются строго обоснованными. Используя «шаговую нелинейность», можно провести компьютерное моделирование прогресса нагружения – проследить развитие трещин, нарастания перемещений вплоть до разрушения элементов конструкции. Но и у «шаговой нелинейности» есть свои ограничения, в частности, ее исследовательский характер, так как расчет конструкции производится только на одно нагружение. «Инженерная нелинейность» не умаляет и не перечеркивает шаговую нелинейность, которая в ЛИРЕ-САПР была, есть и будет, но открывает еще одну возможность, ранее недоступную. Появление режима «инженерная нелинейность» позволяет интегрально оценить влияние изменения жесткостей на перераспределение усилий и увеличение перемещений для эксплуатационных нагрузок в рядовых практических расчетах.

Математический модуль МКЭ-расчета получил и другие, менее значимые усовершенствования. Перечислим самые основные из них. Конечные элементы плиты, оболочки, плиты на упругом основании теперь учитывают податливость сдвигу, что позволяет получить более адекватные результаты для толстых плит. Изменен расчет на сейсмическую нагрузку по акселерограмме. В основу нового метода положено интегрирование акселерограммы во времени с учетом коэффициента динамичности. Новый расчет позволяет получить более близкие результаты к теоретическим. Для динамических расчетов исправлен сбор масс с элементов, в том числе с суперэлементов. В прежних версиях при сборе масс не учитывалось расположение

нагрузки, а суммарная нагрузка равномерно распределялась между узлами элемента. Локальная система координат узлов теперь корректно учитывается при вычислении инерционных сил. Суперэлемент теперь корректно работает в системе «МОНТАЖ». Исправлено вычисление усилий в элементах в статической составляющей ветровой динамики. В прежних версиях в этой составляющей некорректно вычислялись усилия в стержнях, если в ветровом статическом нагружении была приложена нагрузка на этот стержень. Далее, кроме 32-разрядного варианта процессора появился и его 64-разрядный вариант, который позволяет использовать всю оперативную память компьютера (более 2Гб). Переработан пользовательский интерфейс окна МКЭ-расчета, то есть его внешний вид, рис. 14.

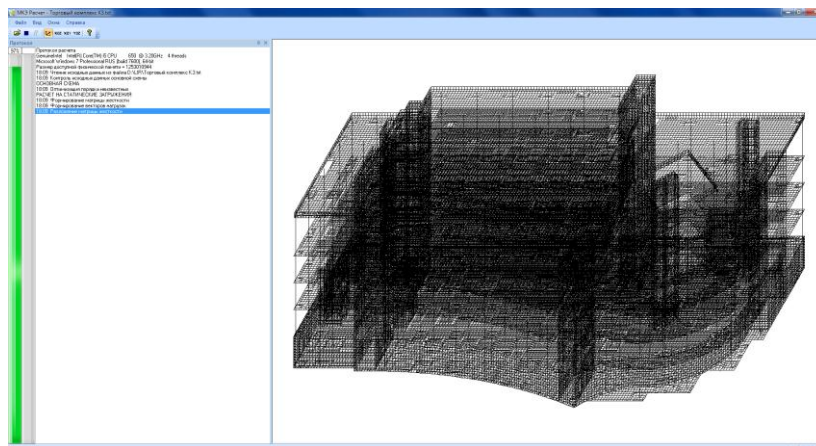


Рис. 14. Новый вид окна МКЭ-расчета

Расчетные сочетания усилий, или РСУ, тоже были усовершенствованы. РСУ теперь определяются не только по расчетным, но и по нормативным значениям усилий, для стержней введены дополнительные критерии, модифицированы формулы вычисления критериев для пластин. Чтобы пояснить сказанное, напомним сперва, что такое РСУ, а затем опишем изменения.

Математический модуль статического и динамического расчета МКЭ вычисляет усилия в элементах схемы от отдельных нагружений, как-то: постоянное нагружение, полезное нагружение, ветровое нагружение и т.д. Строительные нормы же обязывают учитывать при расчете конструкции совместное действие нескольких нагружений, то есть их *расчетные сочетания*. Расчетные сочетания получаются сложением усилий (или перемещений, реакций), вычисленных по нагружениям и умноженных на некоторые коэффициенты сочетаний, например: 0.9, 0.95, 0.8 или ноль. Значения коэффициентов сочетаний определяется нормативными документами, регламентирующими величины и взаимосвязь действующих на сооружение нагрузок и воздействий. Одним из инструментов для формирования расчетных сочетаний нагружений является инструмент под названием *расчетные сочетания нагрузок*, или РСН. В РСН пользователь сам создает все расчетные сочетания вместе с коэффициентами сочетаний при каждом нагружении, это просто и понятно, когда нагружений немного. Однако если в схеме n нагружений, то их возможных сочетаний может быть до 2^n , например, 10 нагружений могут дать 1024 сочетания. Поэтому для схем с большим количеством нагружений рациональнее применять другой инструмент под названием *расчетные сочетания усилий*, или РСУ. В РСУ расчетные сочетания нагружений формируются автоматически, для этого надо только присвоить каждому нагружению вид из табл.1 и задать взаимосвязи между нагружениями. Примеры взаимосвязей: «ветровые нагружения – взаимоисключающие» или «загружение от торможения крана сопутствует нагружению от веса крана». РСУ гарантировано строит все возможные сочетания нагружений, а в результаты записывает только опасные сочетания. Опасные сочетания определяются согласно *критериев* выбора: обычно критериями являются достижения усилиями или напряжениями в элементе расчетной схемы своих экстремальных значений.

Ранее расчетные сочетания усилий в ЛИРЕ-САПР формировались для расчетов конструкции по первому предельному состоянию, то есть прочности и устойчивости, а значения критериев вычислялись только на основе *расчетных* значений усилий. Значения критериев для расчета по второму предельному состоянию вычислялись как «тень» расчетных значений – делением расчетных значений на соответствующие коэффициенты надежности по нагрузке, чтобы превратить расчетные значения усилий в нормативные. Поэтому когда выполнялись расчеты по второму предельному состоянию, то есть расчеты трещиностойкости, была угроза пропустить опасное сочетание. Особенно актуально этот вопрос стал на территории Украины, где резко возросла угроза пропустить критическое сочетание для расчета трещиностойкости при работе с

нагрузками малой длительности после перехода Украины к новым нормам по нагрузкам, в которых характеристические значения нагрузок отличаются от расчетных более чем в полтора раза.

Теперь вычисление значений критериев производится как по расчетным, так и по *нормативным* (характеристическим) значениям усилий и напряжений. При формировании РСУ для второго предельного состояния учтена длительная часть усилий и напряжений, которая в этом случае является определяющей. Таким образом, вместо вычисления двух РСУ по расчетным значениям усилий: А – длительные и В – полные, в новых РСУ появилось восемь РСУ, из них четыре – А1, В1, С1, D1 – по расчетным значениям и еще четыре – А2, В2, С2, D2 – по нормативным значениям усилий. Следующая таблица иллюстрирует, загрузки какого типа могут входить в разные РСУ:

Вид загрузки	Значения усилия							
	расчетные полные				нормативные			
					длительные		полные	
	A1	B1	C1	D1	A2	B2	C2	D2
Постоянное	+	+	+	+	+	+	+	+
Длительное	+	+	+	+	+	+	+	+
Кратковременное	+	+	+	+		+	+	+
Кран		+	+	+			+	+
Тормоз		+	+	+			+	+
Сейсмика			+					+
Особое				+				
Мгновенное		+	+	+			+	+

Табл. 1. Включение нагрузок разных видов в расчетные сочетания усилий

Критерии вычисления РСУ тоже изменились по сравнению с предыдущими версиями.

Для стержней, дополнительно к уже имевшимся ранее 38 критериям, добавились характерные стальным элементам критерии минимума и максимума изгибающих моментов и перерезывающих сил M_y , M_z , Q_y , Q_z – всего 8 новых критериев.

Для пластин критерии РСУ теперь выбираются на основании метода Вуда-Армера, базирующегося на принципе предельного равновесия пластин. Это минимумы и максимумы нормальных напряжений на средней, верхней и нижней плоскости пластины, соответственно $\sigma_{ср\text{ед}} = N^*/F$, $\sigma_{в\text{ерх}} = N^*/F - M^*/W$, $\sigma_{н\text{из}} = N^*/F + M^*/W$. Здесь N^* , M^* – усилия в сечениях, ортогональных направлению арматуры: $N_x^* = N_x + |N_{xy}|$, $M_x^* = M_x + |M_{xy}|$, $N_y^* = N_y + |N_{xy}|$, $M_y^* = M_y + |M_{xy}|$, где N_x и N_y – нормальная силы вдоль оси x и y , N_{xy} – сдвигающая сила в плоскости xy , M_y и M_x – момент относительно оси x и y , M_{xy} – крутящий момент в пластине относительно оси z , F – площадь: $F = b \cdot h$, b – ширина пластины: $b=1$ м, h – толщина пластины, W – момент сопротивления: $W = b \cdot h^2/6 = 1 \cdot h^2/6$. Кроме напряжений $\sigma_{ср\text{ед}}$, $\sigma_{в\text{ерх}}$ и $\sigma_{н\text{из}}$ критериями РСУ для пластин являются значения перерезывающих сил Q_x , Q_y и среднеквадратичная сила $Q_{кв} = (Q_y^2 + Q_x^2)^{1/2}$. Как показала опытная эксплуатация, такой метод выбора РСУ пластин с большей надежностью определяет опасные сочетания, чем использовавшийся в предыдущих версиях метод огибающих экстремальных нормальных и касательных напряжений.

Расчет стержня переменного сечения. Такой стержень можно представить себе как некий условный элемент, состоящий из нескольких смежных соосных стержней, рис.15. Размеры поперечного сечения задаются только в начале и конце. Размеры и геометрические характеристики сечения отдельных конечных элементов, составляющих такой стержень, вычисляются автоматически. Можно получить напряженно-деформированное состояние стержня переменного сечения и подобрать его арматуру.

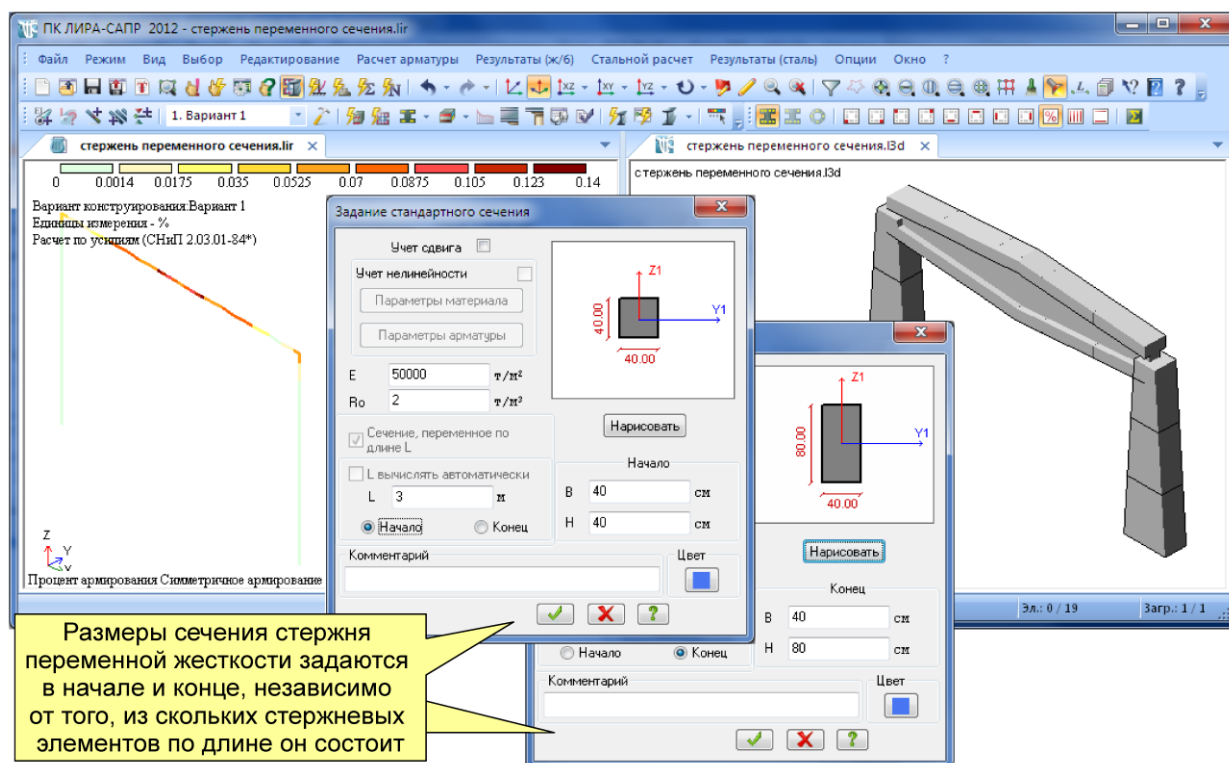


Рис. 15. Задание стержня переменного сечения, его визуализация в окне 3D и результаты подбора арматуры в стержне переменного сечения

Расчет пластин по Вуду. В блок подбора арматуры для пластинчатых элементов был добавлен альтернативный способ подбора по теории Р. Вуда, свободный от ряда алогизмов, которые иногда проявляются в расчете по теории Н. И. Карпенко. По реализованной ранее в ЛИРА-САПР теории Н. И. Карпенко подбор арматуры производился так. Вначале определялась схема раскрытия трещин, а потом, в зависимости от выбранной схемы, применялись различные методики расчета. Это приводило к тому, что появлялись области, которые не подходили ни к одной схеме трещинообразования или в которых был переход с одной схемы трещинообразования на другую, отчего возможны были всплески площади подобранной арматуры. Теория Р. Вуда позволяет избежать этих скачков, так как она едина и не имеет разрывности. Однако теория Вуда имеет и свои недостатки. Изначально она разрабатывалась для плит, где она и дает хорошие результаты. В оболочках же, несмотря на большую равномерность результатов и отсутствие скачков, в зонах, где касательные напряжения превалируют над нормальными, подбор арматуры по теории Вуда может дать завышенные результаты по сравнению с подбором по теориям Карпенко и Копра. Теперь пользователю предоставляется возможность получить армирование как по реализованной ранее в ЛИРА-САПР теории Н. И. Карпенко, так и по теории Р. Вуда и самостоятельно выбрать наиболее приемлемый из двух результатов.

Расчет плит на продавливание. В ЛИРА-САПР 2012 реализован подбор поперечной арматуры на продавливание в зонах опирания плит на железобетонные колонны на основании СНиП 2.03.01-84* и СНиП 52-01-2003. Расчет производится по следующей схеме.

В САПФИР-КОНСТРУКЦИИ для отмеченных пользователем колонн автоматически генерируются контуры продавливания. Форма сгенерированного контура зависит от поперечного сечения сечения колонны, толщины плиты, находящихся вблизи отверстий или краев плиты, рис. 16. Автоматически распознаются пилоны и предусматриваются разрывы в контуре продавливания. Пользователь имеет возможность корректировать автоматически полученные контуры продавливания вручную. Далее контуры продавливания передаются в ЛИРА-САПР для расчета.

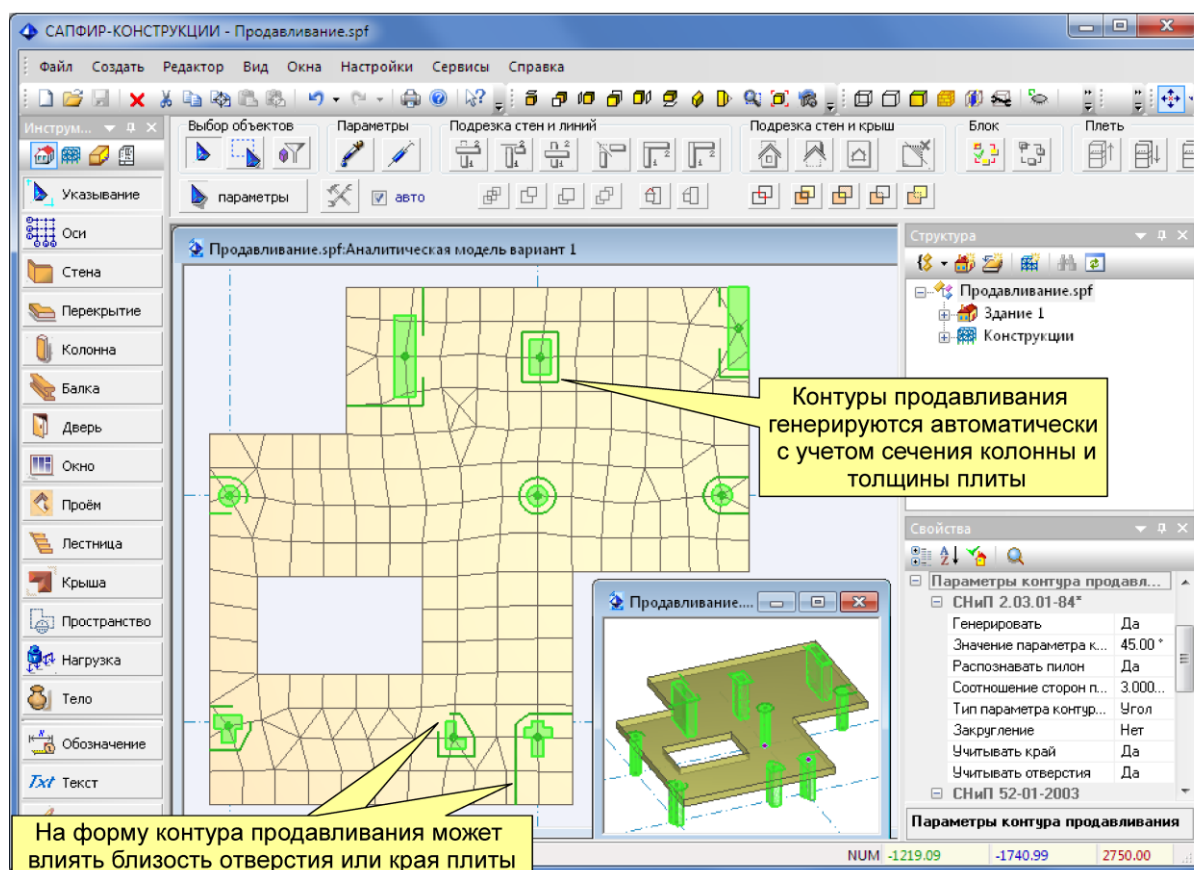


Рис. 16. Автоматическая генерация контуров продавливания в САПФИР-КОНСТРУКЦИИ

Расчет на продавливание, как и подбор арматуры в ЛИРЕ-САПР осуществляется по вариантам конструирования. Поскольку материалы для подбора арматуры и расчета на продавливание – одни и те же, никаких дополнительных данных специально для расчета на продавливание в ЛИРЕ-САПР задавать нет необходимости. Как и основную арматуру, подбираемую в данном варианте конструирования, арматуру на продавливание можно подбирать на усилия от загрузений, РСН и РСУ. Следует отметить, что в математическом модуле РСУ для вычисления усилий продавливания реализована специальная группа критериев. Усилия для расчета продавливания собираются только с плитных элементов, что позволяет избежать влияния балок, если таковые тоже опираются на колонну. Момент, собранный для расчета на продавливание, может быть откорректирован, что дает возможность управлять влиянием перекоса на величину подобранной арматуры. Величина сосредоточенного момента от внешней нагрузки может варьироваться коэффициентом под названием «понижающий коэффициент для моментов при продавливании», см. рис. 14, справа внизу. По умолчанию этот коэффициент равен 0,5.

В результате расчета на продавливание, определяются усилия продавливания для каждого контура: нормальное усилие N и два момента M_x , M_y – они доступны в таблицах результатов; периметр контура продавливания – доступен в окне информации об узле; коэффициент несущей способности на продавливание и арматура продавливания – доступны как в окне информации об узле, так и в виде мозаик, рис. 17. Площадь арматуры показывает, сколько всего см^2 поперечной арматуры продавливания требуется для данного контура, а коэффициент несущей способности k_a характеризует загруженность контура продавливания. Если $k_a > 2$ – арматура продавливания не требуется, $1 \leq k_a \leq 2$ – для восприятия усилий продавливания необходима арматура, а если $k_a < 1$ – принятой толщины плиты не достаточно для восприятия усилий продавливания, то есть необходимо увеличить толщину плиты или изменить конструкцию опирания.

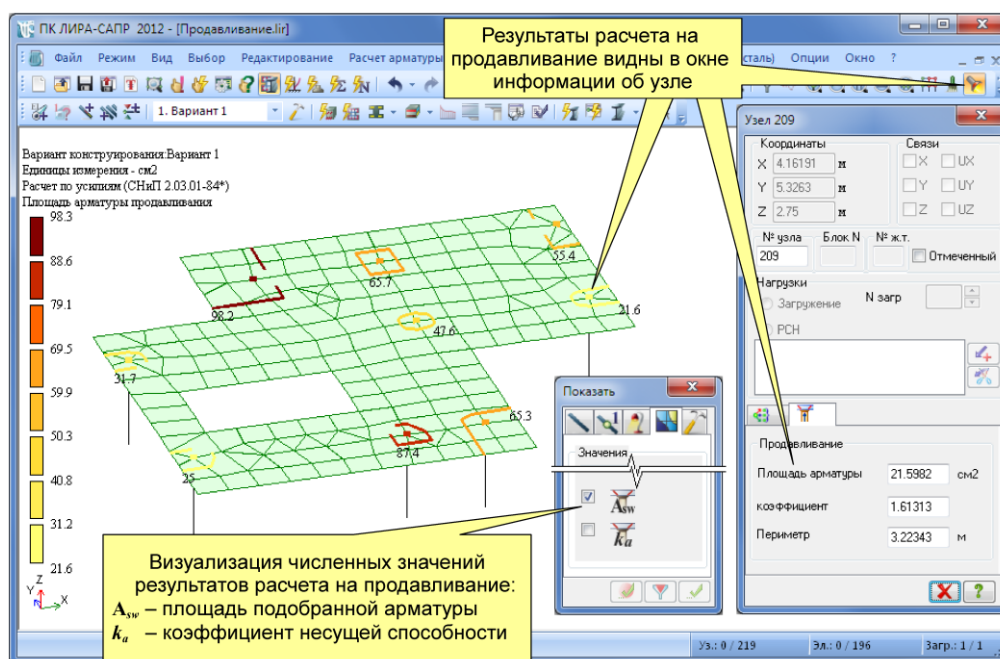


Рис. 17. Результаты расчета на продавливание в ЛИРЕ-САПР

Результаты расчета основной арматуры плит и результаты расчета плит на продавливание экспортируются в систему САПФИР-ЖБК для дальнейшего конструирования. Именно ей посвящен следующий раздел.

САПФИР-ЖБК

САПФИР-ЖБК функционирует в графической среде САПФИР и предназначен для получения рабочих чертежей железобетонных элементов по результатам расчета ПК ЛИРА-САПР. САПФИР-ЖБК включает два режима: получение рабочих чертежей продольного армирования плит перекрытий отдельными стержнями и получение рабочих чертежей поперечного армирования плит перекрытий на продавливание.

Режим продольного армирование плиты перекрытия функционирует по следующей схеме.

- Из архитектурной модели САПФИР автоматически формируется подоснова схемы армирования плиты перекрытия, состоящая из контура плиты, строительных осей, стен и контуров других конструктивных элементов.
- Из ПК ЛИРА-САПР 2012 импортируется подобранная арматура в виде изополей нижней и верхней арматуры по двум направлениям. Таким образом, можно создать четыре схемы продольного армирования плиты.
- Пользователь выбирает фоновую арматуру в плите. Участки, на которых площади фоновой арматуры не достаточно, выделяются цветом. На эти участки необходимо установить дополнительную арматуру.
- Устанавливается дополнительная арматура. Дополнительная арматура устанавливается в виде зон армирования в форме прямоугольника или параллелограмма, рис. 18. Эти зоны армирования автоматически дополняются участками анкеровки стержней согласно заданной пользователем длины анкеровки. САПФИР-ЖБК предоставляет инструмент для вычисления необходимой длины анкеровки по ДСТУ 3760-98 или по СНиП 2.03.01-84, рис. 19. Для анкеровки можно также использовать загибы.
- Чтобы сократить количество типоразмеров используемых стержней арматуры, можно выполнить унификацию длин арматурных стержней, рис. 20. Здесь же выводится масса дополнительной арматуры, обусловленная унификацией. Размеры зон армирования автоматически корректируются во время унификации длин стержней.
- Далее на схему армирования наносятся необходимые размеры, чтобы привязать зоны армирования к строительным осям, или опалубке.
- После того, как схема армирования готова, в автоматическом режиме формируется лист чертежа, включающий схему армирования, спецификации, ведомости материалов и деталей, примечания, рис. 21. При дальнейшем редактировании схемы армирования содержимое этого листа чертежей будет обновляться автоматически.

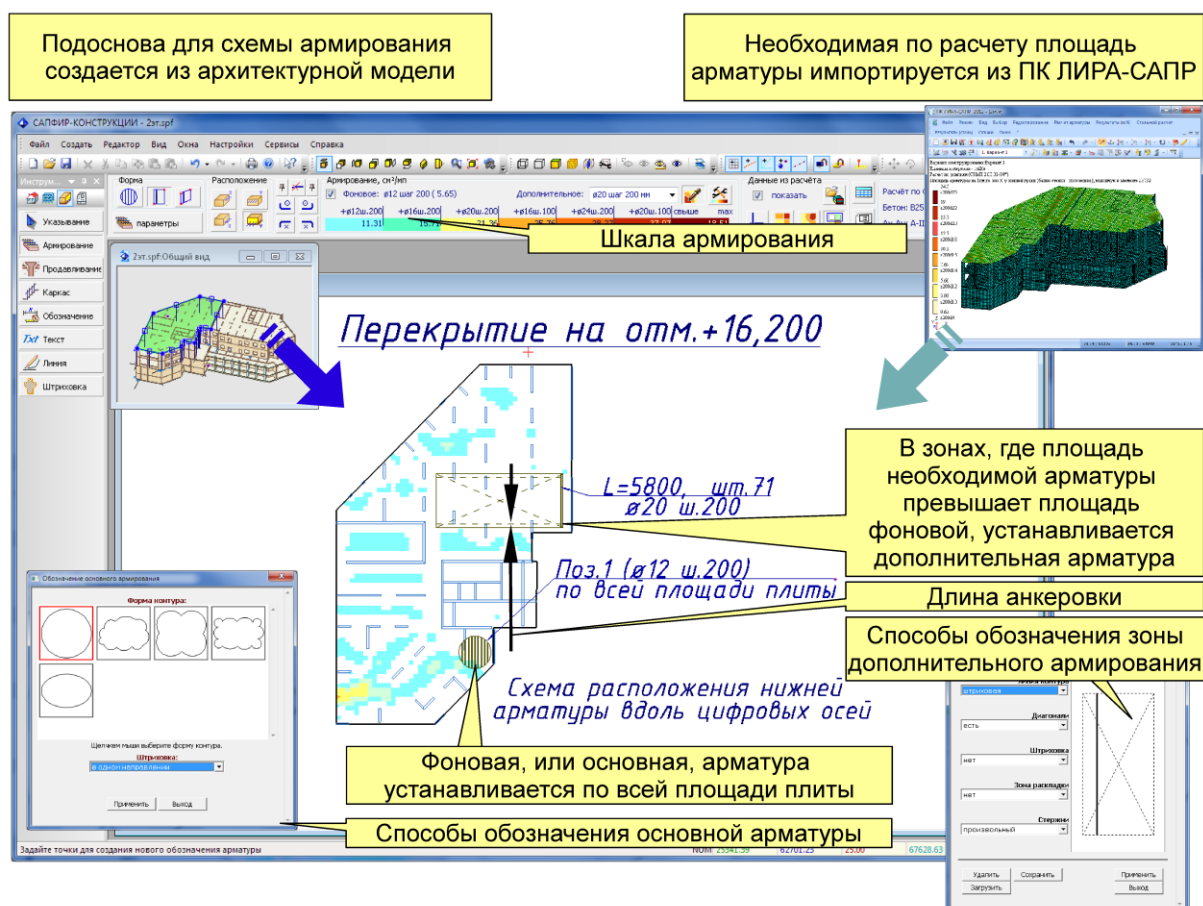


Рис. 18. Создание схемы продольного армирования плиты

Работа по созданию схемы армирования плиты начинается с того, что пользователь на схеме выделяет плиту и нажимает кнопку «Создание узла армирования плиты перекрытия». САПФИР-ЖБК переходит в режим создания схемы армирования, см. рис. 17. Следующий шаг – открыть файл с результатами армирования *.aspr, созданный в ЛИРЕ-САПР при помощи пункта меню «Экспорт в САПФИР». САПФИР-ЖБК визуализирует требуемую по расчёту площадь арматуры в виде изополей или в виде цветной мозаики. Таких изополей или мозаик требуемой по расчёту арматуры может быть всего четыре: верхняя арматура по направлениям X и Y и нижняя арматура по направлениям X и Y. Таким образом необходимо создать четыре схемы армирования: верхней вдоль X, верхней вдоль Y, нижней вдоль X и нижней вдоль Y. Следует особо отметить, что САПФИР-ЖБК версии 2.0 может использовать только арматуру, подобранную в согласованных осях пластин, направление которых совпадает с направлением глобальных осей координат, поэтому во время создания модель здания надо разворачивать так, чтобы направление армирования совпадало с глобальными осями координат.

В плите устанавливается основная и дополнительная арматура. Основная, или фоновая, арматура устанавливается по всей площади плиты. Дополнительная арматура устанавливается в местах, где площади фоновой арматуры не хватает, то есть в местах, где площадь требуемой по расчёту арматуры больше, чем площадь фоновой арматуры. Диаметр и шаг стержней фоновой арматуры задается в окне «Настройка шкалы армирования», рис. 19. Участки, на которых площадь фоновой арматуры не меньше площади требуемой арматуры, заливаются на схеме армирования белым, см. рис. 18. Участки, где площадь фоновой арматуры меньше, чем площадь требуемой, остаются залитыми некоторым цветом, образуя «островки». Чтобы покрыть недостающую площадь, в таких местах необходимо установить дополнительную арматуру. Зоны дополнительной арматуры в САПФИР-ЖБК могут иметь форму прямоугольника или параллелограмма. В момент создания зоны дополнительного армирования САПФИР-ЖБК автоматически производит выбор комбинации диаметр + шаг стержней арматуры так, чтобы такая комбинация обеспечила площадь не меньше недостающей. Выбор происходит только из комбинаций, определенных пользователем в диалоге «Настройка шкалы армирования», рис. 19. Каждая такая комбинация имеет на шкале армирования свой собственный цвет, поэтому, проще говоря, когда пользователь растягивает прямоугольник зоны дополнительного армирования, программа сама выбирает для нее арматуру с

цветом не светлее «островка». Цвет «островков» также показывает недостающее армирование согласно шкалы армирования. Таким образом, с помощью «островков» пользователь получает наглядное представление, в каком месте плиты, какую арматуру и с каким шагом необходимо разместить. Разумеется, шаг и диаметр фонового армирования и зон дополнительного армирования можно изменить. При корректировке параметров фоновой арматуры динамически изменяется размер и форма цветных «островков».

Во время создания к зоне дополнительного армирования прибавляется дополнительный участок, длина которого равна длине анкеровки, см. рис.18. Длина анкеровки во время создания зоны автоматически выбирается из таблицы «Арматура», см. рис. 19. По умолчанию длина анкеровки равна 20 диаметрам арматурного стержня. Для более точного определения длины анкеровки в САПФИР-ЖБК есть специализированный инструмент под названием «Анкеровка и нахлестка ненапрягаемой арматуры», см. рис. 19.

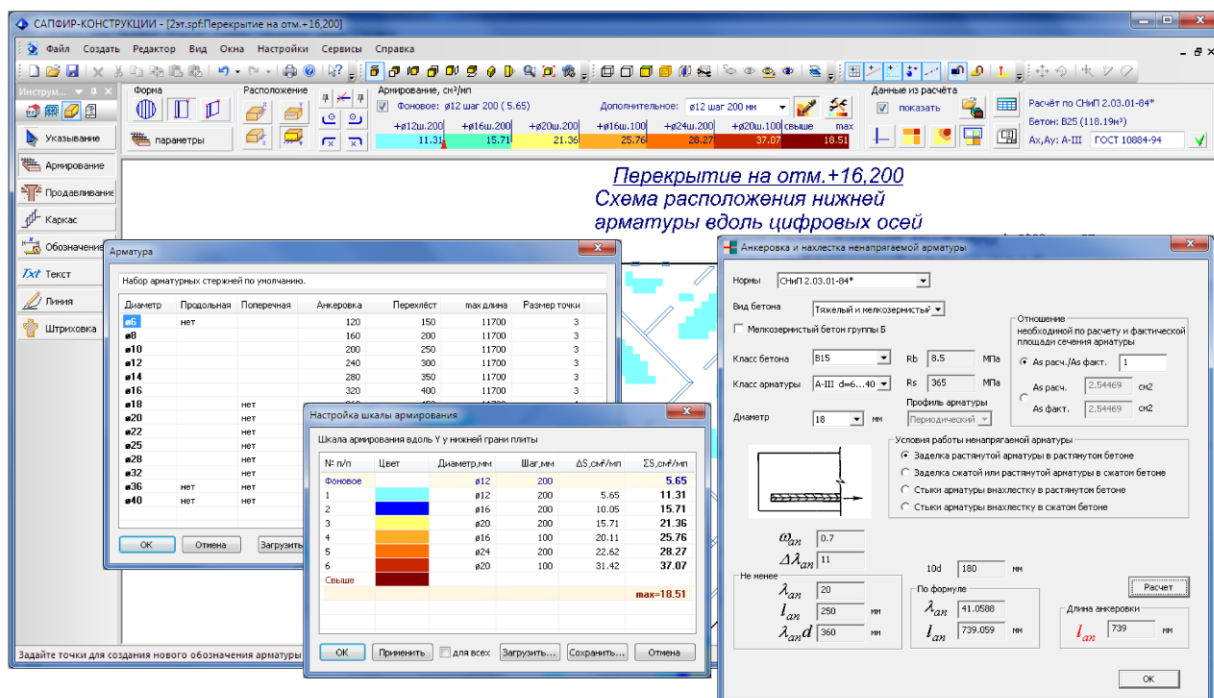


Рис. 19. Задание используемой арматуры, ее шага и анкеровки

Когда все цветные «островки» в схеме армирования стали белыми, то есть когда вся требуемая арматура в плите уложена, можно выполнить *унификацию длин* арматурных стержней. Унификация длин стержней позволяет избавиться от избыточного количества типоразмеров арматуры. Поясним работу унификации на примере. Предположим, что в спецификацию вошли две близкие позиции:

Ø12, L=5000 × 40 шт. Σ=176,4 кг,

Ø12, L=4700 × 30 шт. Σ=124,3 кг.

Если мы примем длину стержней обеих позиций L=5000, то две позиции в нашей спецификации у нас сольются в одну, с суммарным количеством стержней 40+30=70 шт.:

Ø12, L=5000 × 70 шт. Σ=308,8 кг

При этом у нас возникнет перерасход $\Delta m = 308,8 - (176,4 + 124,3) = 8,1$ кг арматуры, который является не чем иным, как «платой» за унификацию. Именно так действует кнопка

«Унифицировать» в диалоге «Спецификация арматуры» на рис.20. Нажатие на эту кнопку объединяет две смежные, стоящие одна над другой позиции, в таблице спецификации в одну. Все стержни этих двух позиций получают одну длину, а количество и масса стержней суммируется. Во время унификации стержни всегда только удлиняются; унифицировать можно только мерные стержни одного диаметра. «Плата» за слияние текущей позиции с предыдущей выводится в столбце под названием «Униф. Δm».

Спецификация арматуры. Перекрытие на отм.+16,200						
Позиция	Обозначение	Наименование	Кол-во	Масса, кг	Униф. Δm, кг	Примечание
1	ГОСТ 10884...	Ø16A-III, ΣL=3820 м.п.	-	6028.8	-	Учтён перерасход на на...
2	ГОСТ 10884...	Ø12A-III, ΣL=11364 м.п.	-	10089.5	-	Учтён перерасход на на...
3	ГОСТ 10884...	Ø16A-III, L=17400	41 шт.	1126.0	-	
4	ГОСТ 10884...	Ø16A-III, L=3850	89 шт.	540.8	1903.4	«Плата» за унификацию, то есть за слияние текущей позиции с предыдущей
5	ГОСТ 10884...	Ø16A-III, L=3200	92 шт.	464.7	94.4	
6	ГОСТ 10884...	Ø12A-III, L=4100	30 шт.	109.2	-	
ОСп1	ГОСТ 10884...	Ø10A-I, L=1100	1154 шт.	782.6	-	50мм высота
Пм1		B25	118.19 м³			
Итого:				19141.7		в среднем 162.0 кг/м³
Спецификация всегда отсортирована по убыванию диаметра и длины						
<div>ОК</div> <div>Отмена</div> <div>Унифицировать...</div> <div>Поместить на чертёж...</div>						

Рис. 20. Таблица спецификации и унификация длин арматурных стержней. В таблице фоновая арматура (позиции 1 и 2) всегда стоит перед мерной арматурой (позиции 3...6)

После выполнения унификации длин стержней автоматически изменяются и размеры зон дополнительного армирования, которым они принадлежат. Когда схема армирования готова, на ней можно проставить необходимые размеры и обозначения при помощи чертежных инструментов «Сапфира» и, наконец, разместить на листе, рис. 21.

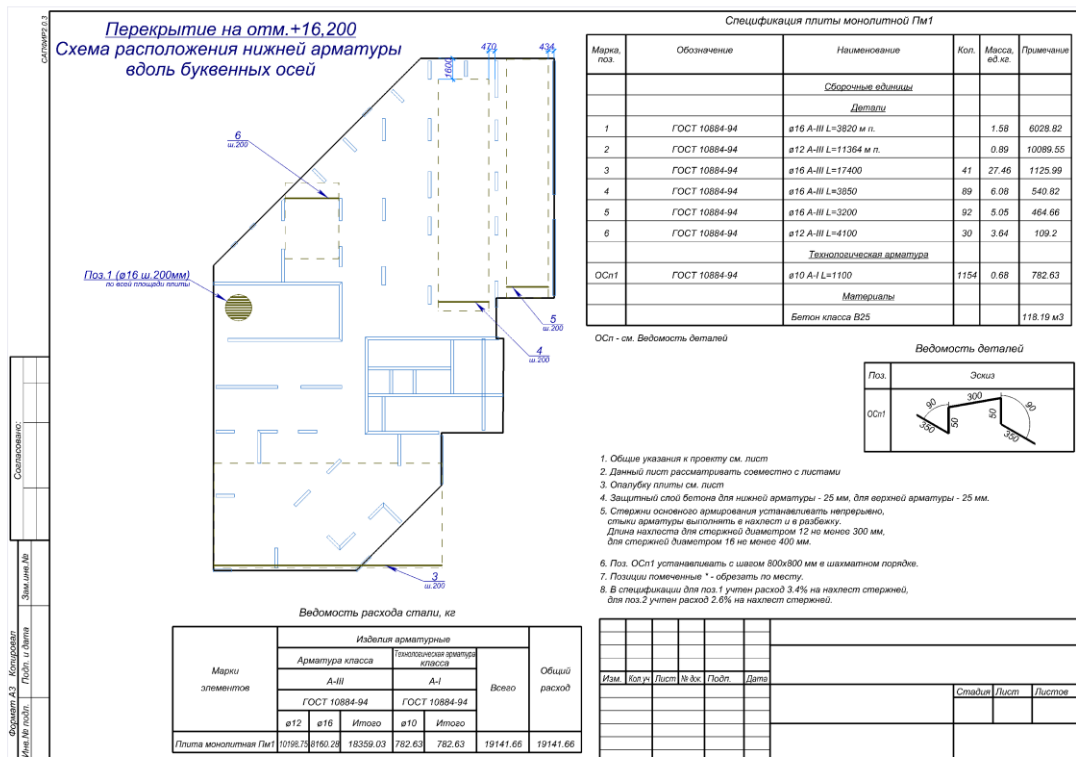


Рис. 21. Лист чертежа схемы продольного армирования плиты перекрытия с автоматически созданными таблицами

Режим армирования плиты на продавливание функционирует по следующей схеме.

- Из архитектурной модели САПФИР автоматически формируется подоснова схемы армирования плиты перекрытия, состоящая из контура плиты, контуров продавливания (см. рис. 16), строительных осей, стен и других конструктивных элементов. Если такая основа была сформирована для создания схемы продольного армирования, этот шаг можно опустить.
- Из ПК ЛИРА-САПР 2012 импортируется подобранная арматура продавливания (см. рис. 17). Если подобранная арматура уже была импортирована для создания схемы продольного армирования, этот шаг можно опустить.
- В САПФИР-ЖБК арматура продавливания представляется в виде стержней поперечной арматуры заданного пользователем диаметра. Стержни поперечного армирования расставляются в зонах, форма которых определяется контурами продавливания, рис. 22.

- Пользователь объединяет стержни в каркасы и формирует узлы. Один и тот же узел можно назначить на несколько контуров продавливания. Таким образом обеспечивается унификация поперечной арматуры.
- На схему поперечного армирования и чертежи узлов можно нанести необходимые размеры и обозначения.
- В автоматическом режиме формируется лист чертежа, включающий схему армирования, чертежи каркасов, ведомости материалов и деталей, спецификацию арматуры, примечания, рис. 24. При дальнейшем редактировании схемы армирования содержимое этого листа чертежей будет обновляться автоматически.

Согласно расчету, арматура для восприятия продавливания в местах опирания плиты на колонну или пилон нужна далеко не всегда. Во-первых, может выясниться, что несущей способности бетона в расчетном сечении достаточно и поперечная арматура продавливания не требуется. Во-вторых, может оказаться, что усилия в зоне продавливания настолько велики, что арматура продавливания не сможет предотвратить разрушение плиты. И, наконец, рабочий случай: чтобы обеспечить условие прочности требуется установка поперечной арматуры в зоне продавливания в некотором определенном расчетном количестве. Вот в этом случае как раз и пригодится САПФИР-ЖБК, который автоматизирует создание схем поперечного армирования опираний плит.

Как и при создании схемы продольного армирования, создание схем поперечного армирования начинается с того, что выбирается архитектурный элемент для армирования который передается в режим «Армирование», а из ПК ЛИРА-САПР вычитываются результаты армирования. Если плита уже была передана в режим армирования, то необходимо просто перейти в подрежим «Продавливание» режима «Армирование» (см. рис. 22). Аналогично, если результаты армирования в ПК ЛИРА-САПР уже были импортированы в режиме продольного армирования, нет нужды заново импортировать файл *.asp, так как он содержит и результаты подбора арматуры продавливания. Следующий шаг – выполнение автоматической расстановки стержней поперечной арматуры в приопорных зонах плиты. После этого наша плита будет иметь вид, как на рис. 22.

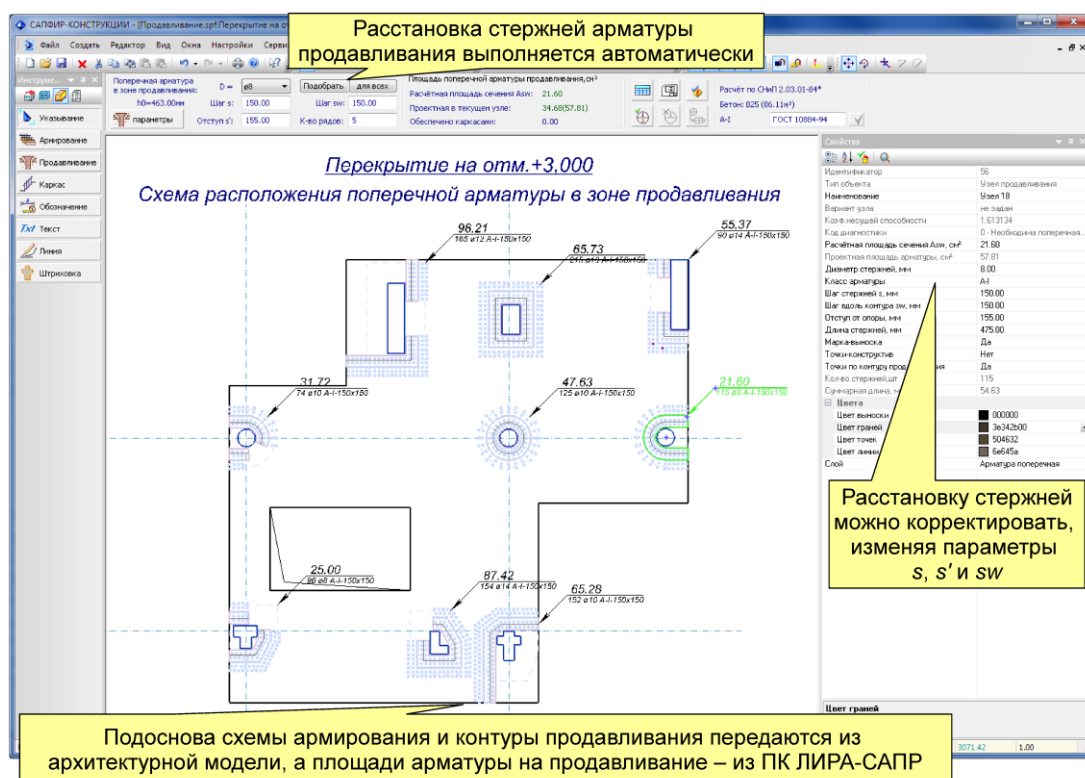


Рис. 22. Теоретическая расстановка стержней арматуры продавливания в плите

Автоматическая расстановка контролирует, чтобы с одной стороны площадь арматуры была по расчёту, а с другой – удовлетворялись конструктивные требования СНиП 2.03.01-84 или СП 52-101-2003. Если по каким-то причинам автоматическая расстановка стержней арматуры пользователя не устраивает, то можно ее подкорректировать, установив вручную величины отступа от контура опоры s' , шага стержней s и шага вдоль расчётного контура продавливания s_w . На схеме показано значение высоты сечения h_0 с учётом усреднённого защитного слоя, динамически вычисляется площадь арматуры в зоне продавливания и общая площадь арматуры, размещённая по конструктивным требованиям в приопорной зоне. При попытке ввести значения параметров, выходящие за пределы требований нормативных документов, происходит их автоматическая коррекция в нужную сторону. Теоретическая расстановка стержней при текущих заданных значениях параметров динамически визуализируется в графическом виде.

После того, как теоретическая расстановка арматуры закончена, можно приступать к конструированию каркасов. Инструмент «Каркас», рис. 24 позволяет избрать конструкцию каркасов и разместить каркасы в приопорных зонах по результатам вычисленного на предыдущем шаге теоретического армирования. Предусмотрены прямые и радиусные (полукруглые) каркасы, а также каркасы типа «змейка», рис. 23. Прямые и радиусные каркасы могут быть замкнуты нижним распределительным стержнем. Для нижнего стержня могут быть назначены отгибы заданной длины и радиуса в одну или в другую сторону. В прямых каркасах вертикальные стержни могут быть исполнены в виде хомутов. Регулируются шаг, горизонтальные отступы, вертикальные выпуски, длина и радиус отгибов. Можно задать диаметр и шаг поперечной арматуры в каркасе и диаметр распределительной арматуры, то есть стержня, соединяющего поперечную арматуру в каркас. Пользователь размещает каркасы выбранного типа, ориентируясь на теоретические положения стержней, обозначенные в узле продавливания. Программа динамически отслеживает площадь арматуры в узле продавливания, обеспеченную установленными каркасами и информирует пользователя о ее величине. Предоставлены функции ускоренного размещения (параллельно или веером) и оперативной диагностики для выявления наложения каркасов, рис. 24.

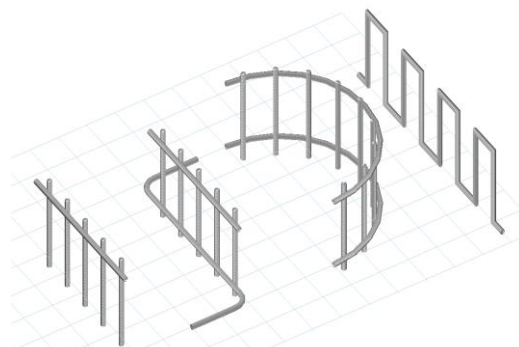


Рис. 23. Каркасы арматуры продавливания

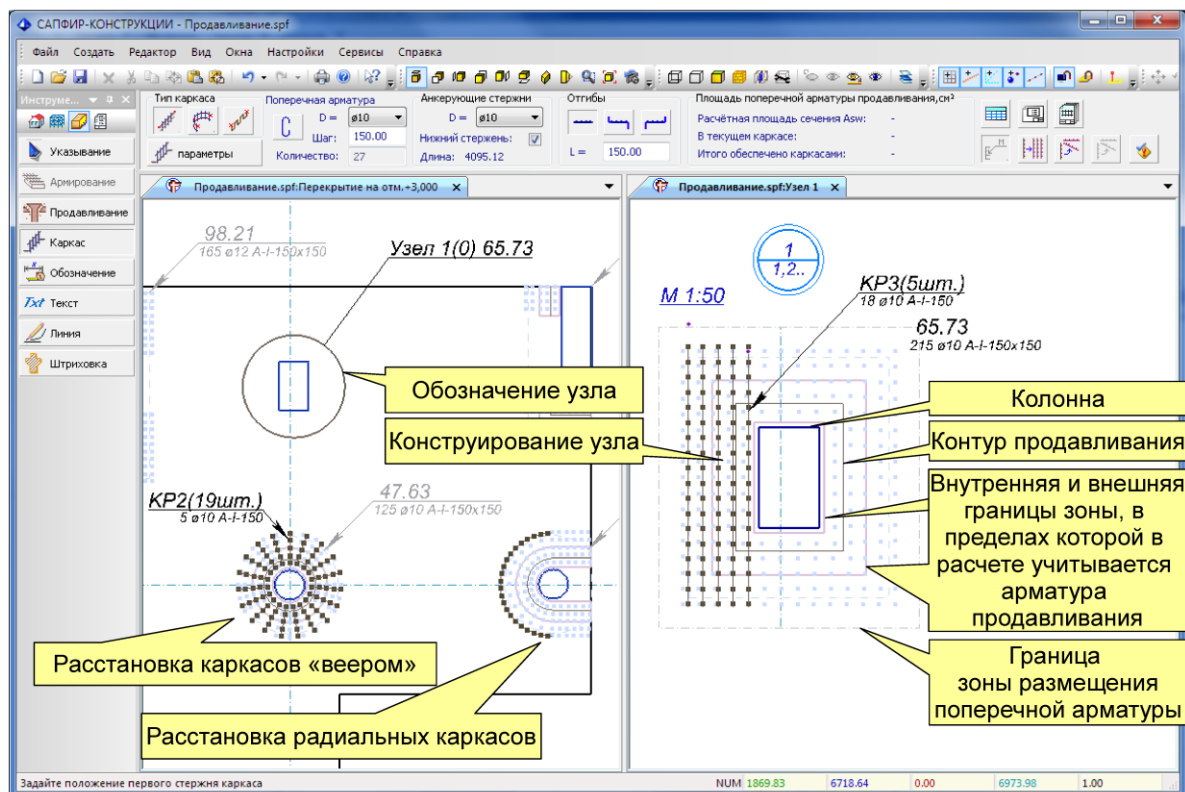


Рис. 24. Конструирование и размещение каркасов на схеме и в отдельном узле армирования

Каркасы в зависимости от типа, размера и значений параметров получают сквозную маркировку по всем плитам здания. Чертежи КЖИ для всех марок каркасов вычерчиваются автоматически специализированной сервисной программой, доступной по нажатию кнопки на панели инструмента «Каркас». Этот сервис генерирует листы чертежей по количеству марок каркасов. На каждом листе приводится необходимое количество изображений каркаса, ведомость деталей с эскизами гнутых деталей при их наличии, спецификация, в соответствующей графе основной надписи обозначается масса изделия.

Конфигурация каркасов в зоне продавливания некоторого опорного элемента может быть представлена в отдельном виде документирования в качестве узла, см. рис. 24. Узел вычерчивается в укрупнённом масштабе, что облегчает его детальную проработку, нанесение размеров и обозначений. Такой узел может использоваться как шаблон. Его можно применить к другим узлам продавливания, что будет подразумевать повторение аналогичной конфигурации каркасов в этих узлах. Соответственно, в спецификации по каждой плите перекрытия учитывается общее количество каркасов во всех узлах. Детальное изображение узла может содержать фрагменты опалубочного контура плиты перекрытия. Видимая область настраивается путём редактирования прямоугольного контура отсечения.

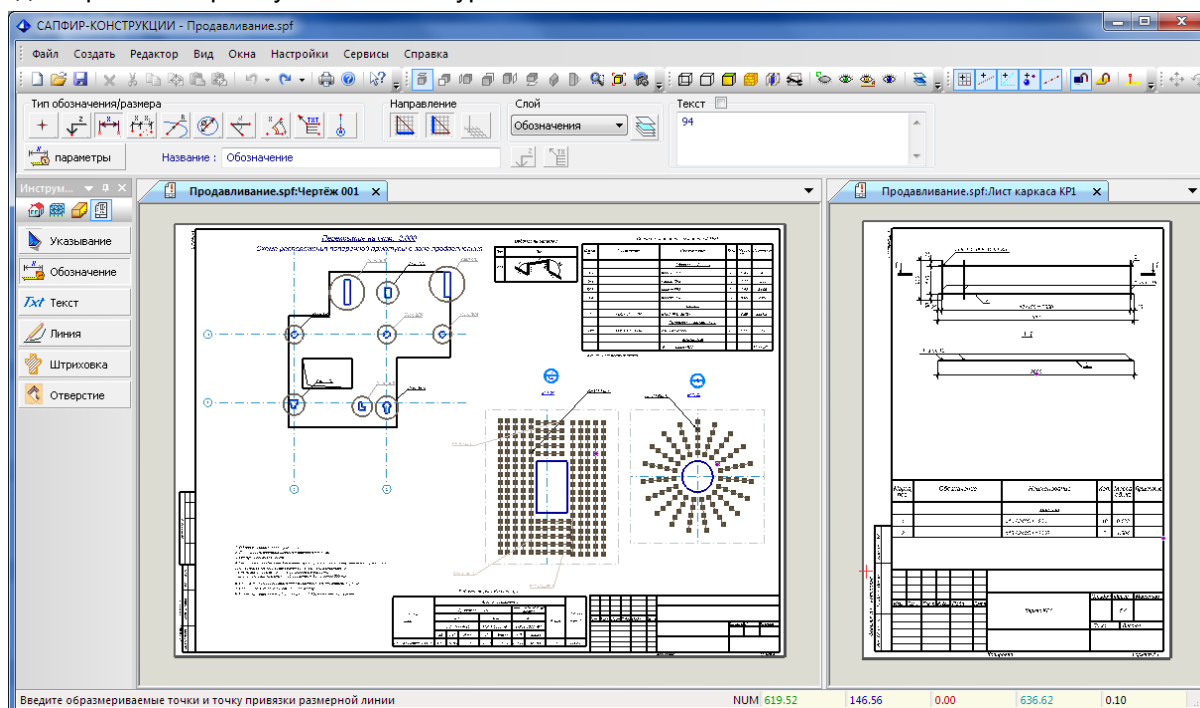


Рис. 25. Создание схем армирования и чертежей каркасов

Чертежи узлов могут быть помещены на отдельные листы чертежей, или на общий лист, или на лист чертежа плиты перекрытия в зависимости от предпочтений проектировщика, формата листа и выбранного масштаба. На чертеже плиты перекрытия детальные изображения узлов замещаются ссылками с выносками. Ссылка на узел на схеме размещения узлов получает номер листа, на котором представлен узел.

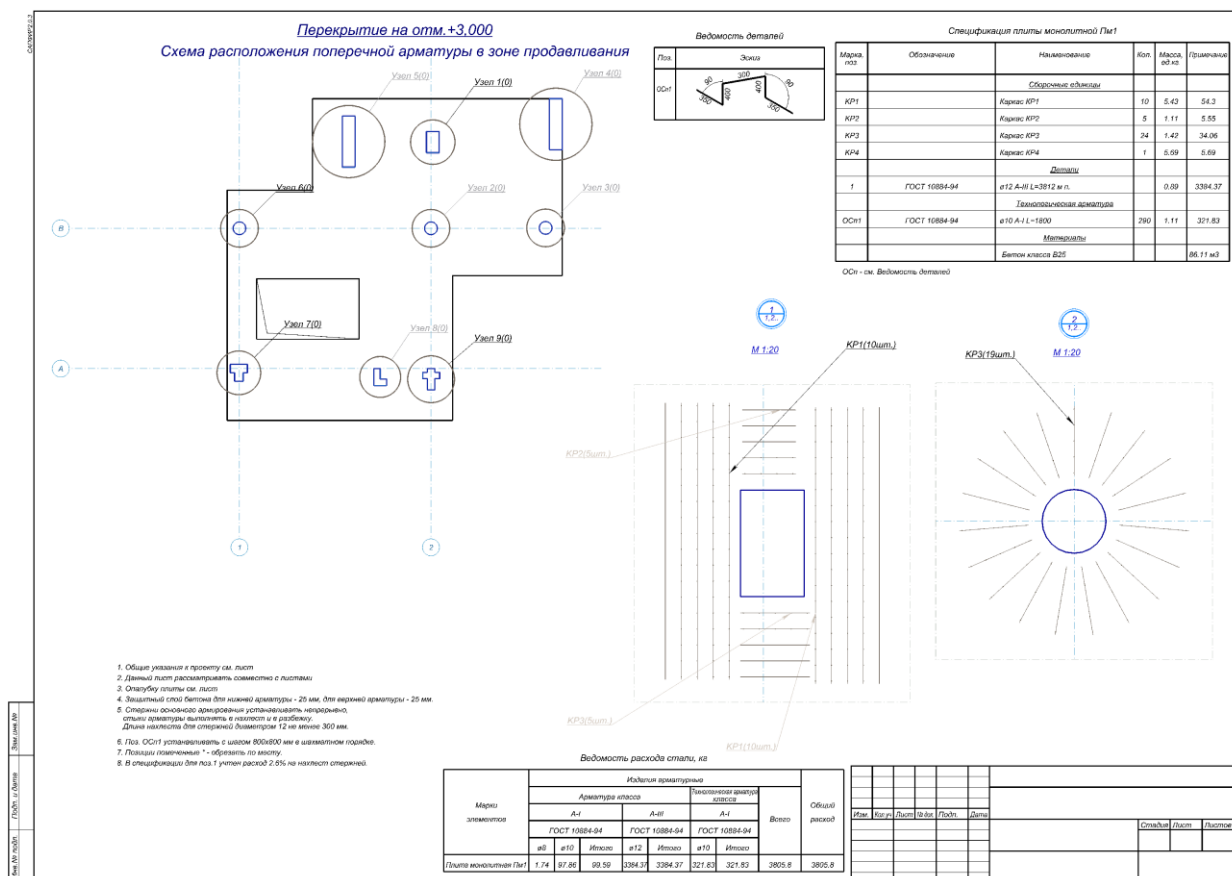


Рис. 26. Компоновка листа чертежа

Каждый прикладной инструмент в режиме ЖБК: «Армирование», «Продавливание», «Каркас» обеспечивает получение оперативной спецификации арматуры по всей конструируемой плите или спецификации каркасов по отдельному узлу. Оперативная спецификация обеспечивает унификацию стержней, управление длиной стержней, выделение в модели позиций, выбранных в спецификации. Команда «Поместить на чертёж» обеспечивает формирование на чертёжном листе спецификации плиты монолитной в соответствии с СПДС. По актуальным данным из модели в её текущем состоянии автоматически формируется спецификация сборочных единиц (каркасов), деталей (отдельных стержней) и арматуры, представленной погонажем. В отдельной таблице автоматически формируется ведомость деталей с эскизами и указанием размеров отгибов. На лист чертежа помещается ведомость расхода стали, в которой учитывается: продольная арматура, в том числе основная (фоновая) с учётом перерасхода на нахлест, технологическая арматура (фиксаторы), поперечная арматура в виде каркасов с учётом распределительных стержней. Автоматически формируются примечания с указаниями по установке фиксаторов, обрезке стержней по месту, ссылками на общие указания к проекту, информацией об учёте перерасхода на нахлест.

Таким образом, САПФИР-ЖБК обеспечивает автоматизированное конструирование железобетонных плит перекрытия в зданиях с монолитным несущим каркасом и документирование проектно-конструкторских решений в виде полного спектра необходимых чертежей и спецификаций.

Спасибо, что вы есть!

История программного комплекса «ЛИРА-САПР» продолжается с 1963 года. Самая первая версия под названием «МОДЕЛЬ» появилась на БЭСМ-2 в 1963 году. За ними последовали «РПСС» на БЭСМ-4 в 1966, «Н-59» на ЭВМ НАИРИ в 1968, «ЭКСПРЕСС» на ЭВМ Минск-22 в 1969, и «Мираж» на ЭВМ Минск-22 в 1970, «СУПЕР» на ЭВМ Минск-32 в 1971, «ЛИРА-ЕС» на ЕС ЭВМ в 1976, «ЛИРА-СМ» на СМ ЭВМ в 1982, «ЛИРА Р.С.» на IBM PC-AT 286 в 1988, «МИРАЖ» для DOS в 1991, «ЛИРА» для Windows в 1995 и, наконец, «ЛИРА-САПР» в 2011 году. Все эти программы разрабатывались не одним поколением разработчиков, которые всегда бережно, из рук в руки передавали свои идеи и решения от версии к версии, от программы к программе. Благодаря этому коллективу на свет появилась не одна сопутствующая программа, и даже программы-конкуренты. Разработчикам всех этих программ невероятно повезло, ведь все это время, уже

почти пятьдесят лет, были люди, которые их поддерживали. Эти люди – пользователи. Мы, разработчики, очень горды тем, что наши программы оказываются полезными и хотим от всего сердца поблагодарить всех, кто ими пользуется. Большое спасибо! За то, что вы используете наши программы, позволяя нам заниматься любимым делом. И знайте, что мы ни дня не стоим на месте. Из каждого сообщения на нашем интернет-форуме, из каждого обращения в службу поддержки мы по крупицам собираем ваши отзывы, чтобы устранить предмет затруднений в будущих версиях и релизах и проложить пути дальнейшего пути развития и совершенствования. Каждый день и час мы стремимся сделать нашу программу лучше. И еще так много надо сделать!

Литература:

1. Городецкий А.С. Программа расчета пространственных стержневых систем в неупругой стадии. Вычислительная техника в строительстве и проектировании, вып. II-1. Гипротис Госстора СССР, М.: 1967 – стр. 20-25.
2. Городецкий А.С. Численная реализация метода конечных элементов, в кн. Сопротивление материалов и расчет сооружений. – К.: Будівельник, 1973, вып. XX стр. 68-75.
3. Городецкий А.С., Лантух-Лященко А.И., Рассказов А.О. Метод конечных элементов в проектировании транспортных сооружений, М.: Транспорт 1981. – 176 с.

Приложение 2

Учебные программы

В приложении представлены предлагаемые варианты учебных программ для высших учебных заведений, осуществляющих подготовку по направлениям «Строительство» и «Архитектура».

Учебные программы рассчитаны на основные дисциплины, преподаваемые при подготовке специалистов данных направлений. Это «Строительная механика», «Железобетонные конструкции», «Металлические конструкции», «САПР в строительстве», «Компьютерные технологии в строительстве» и другие.

Все эти программы рассчитаны на использование современных информационных технологий, современных программных комплексов в разрезе фундаментальных наук, преподаваемых в высших учебных заведениях.

Информатизация общества стремительно идет вперед, средства автоматизации процесса проектирования строительных конструкций стремительно развиваются, заложенные в них методы и алгоритмы развиваются и совершенствуются, натурные эксперименты все чаще заменяются численными, а компьютерное моделирование процессов жизненного цикла конструкций становится все более актуальным и востребованным. В связи с вышеперечисленным, нельзя оставить без внимания подготовку специалистов строительного и архитектурного профиля в свете быстрого наращивания мощности и функциональности компьютеров, развивающейся автоматизации проектирования на всех этапах.

В учебных программах отражены аспекты применения программных комплексов семейства ЛИРА при решении учебных задач, при выполнении расчетно-графических и курсовых работ и проектов.

Такой подход дает возможность комплексности образовательного процесса, использования современных программных комплексов на этапе дипломного проектирования и в дальнейшем, при работе в проектных организациях.

Предлагаемые учебные программы составлены на основе учебных программ дисциплин, которые преподаются в высших учебных заведениях строительного направления. Материалы любезно предоставлены профессором, к.т.н. Линченко Ю.П., доцентом, к.т.н. Кирьязовым П.Н., доцентом, к.т.н. Барабаш М.С.

УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА
по дисциплине:

«Компьютерные технологии в проектировании и научных исследованиях»

Уровень: магистр

Направление: «Строительство»

Специальность: «Промышленное и гражданское строительство»

Кафедра железобетонных конструкций

Изучение дисциплины запланировано на 5 курсе в 9 семестре

Введение

Эффективное проектирование и научные исследования в современных условиях осуществляется на базе информационных технологий.

Подготовку магистров необходимо организовать на новых методологических основах, учитывающих современное развитие профессиональных информационных технологий, средств обучения и индивидуальных особенностей обучаемых. Информационные технологии должны стать инструментом более глубокого освоения предметной области.

Лекционный курс и практические занятия строятся по принципу развития глубины и сложности изложения: минимальные теоретические и практические сведения по комплексу программных средств, необходимые для осмысленного выполнения расчетно-графических работ (РГР), а затем углубление и систематизация знаний. РГР в зависимости от уровня знаний и навыков обучаемых также могут получать дополнительные к базовым уровни сложности. Изучение применения профессиональных программных средств разворачивается на втором уровне после освоения их применения в рядовом проектировании. Таким образом, магистрант получает основные навыки проектирования в САПР, а затем более глубокого – научного анализа задач с применением компьютерных технологий.

1. Цель изучения курса

Подготовка к самостоятельному применению в инженерной деятельности и научных исследованиях комплекса средств автоматизированного проектирования и управления строительством.

2. Задачи изучения курса

Знать: современную концепцию развития системы автоматизированного проектирования и управления строительством; теоретические основы построения системы и проектирующих комплексов; теоретические основы методов расчета и формирования изображений в программных комплексах (ПК); состав и характеристики современных профессиональных ПК, а также методические основы их применения при решении инженерных задач и выполнении научных исследований и научно-техническом обслуживании производства – инжиниринге.

Уметь: решать задачи автоматизированного проектирования и управления строительством на современных профессиональных программных комплексах; самостоятельно осваивать новые программные средства и версии. Уметь разрабатывать численные модели исследуемых объектов и проводить численные эксперименты.

3. Содержание разделов и тем курса

Раздел 1. Общие сведения о САПР

Тема 1.1. Введение в САПР

Значение, цель и задачи и структура курса. Общие сведения о структуре САПР, истории и тенденциях развития. Комплексная автоматизированная линия проектирования строительных объектов САПФИР-ЛИРА-САПР – САПФИР-ЖБК. Примеры выполнения проектирования и исследований с применением численных экспериментов.

Раздел 2. Основы машинной графики

Тема 2.1. Принципы формирования изображений и средства формирования чертежей

Аппаратные средства машинной графики. Физический примитив, Логический примитив. Программные средства машинной графики. Общие сведения о ПК AutoCAD. Система автоматизированного проектирования формообразования и расчетов САПФИР. Концепция параметрических пространственных объектов. Трехмерное моделирование. Режимы черчения: система привязок, прямоугольные и радиальные сетки координатных осей с произвольным линейным и угловым шагом. настраиваемая и самопозиционирующаяся метрическая сетка. Средства построения чертежей ПК САПФИР: конструктивные элементы, тела вращения, призмы, поверхности. Средства визуализации изображений: автообновляемые видовые окна в плане, трехмерном виде, разрезе.

Раздел 3. Основы автоматизированного проектирования конструкций

Тема 3.1. Общие сведения о ПК ЛИРА-САПР, МОНОМАХ

Назначение и модульная структура программных комплексов. Проблемно и объектно ориентированные комплексы и модули. Характеристика модулей ЛИР-ВИЗОР, ЛИР-АРМ, ЛИР-СТК, Конструктор Сечений.

Тема 3.2. Принципы расчета НДС в ПК ЛИРА-САПР

Метод конечных элементов, принцип дискретизации объекта проектирования (континуальной среды). Понятие и свойства конечного элемента. Три группы уравнений метода конечных элементов: уравнения равновесия, уравнения деформирования, уравнения связи. Последовательность расчета НДС в ПК ЛИРА-САПР. Принципы реализации физической и геометрической нелинейности. Шаговый и итерационный методы. Учет разрушений элементов. Критерий прогрессирующего разрушения.

Тема 3.3. Общесистемные характеристики ПК ЛИРА-САПР и разработка расчетной модели

Системы координат – глобальная, местная и локальная. Условные обозначения тензора усилий. Правила знаков. Понятия: узел, связь, шарнир, жесткая вставка, сечение. Принцип умолчания; параметры, заданные по умолчанию. Признак схемы: допускаемые степени свободы и моделируемые типы конструкций. Операции с выбранными (отмеченными) элементами схемы.

Тема 3.4. Методика анализа расчетной схемы

Анализ несущей системы здания. Анализ узлов сопряжения конструкций. Основные принципы построения расчетных моделей: адекватность, простота, соответствие ПК. Библиотека конечных элементов ПК ЛИРА-САПР – общие сведения. Формирование расчетной схемы в ПК ЛИРА-САПР: признак схемы, геометрия, связи, жесткие вставки, типы и характеристики жесткостей.

Тема 3.5. Моделирование нагрузок и загружений

Типы и виды нагрузок. Формирование загружений. Соотношение нагрузок и загружений. Расчетные сочетания усилий. Принципы формирования расчетных сочетаний. Параметры загружений в расчетных сочетаниях и коэффициенты сочетаний. Коэффициент длительности нагрузок. Нормативные и расчетные значения нагрузок. Основы расчета на динамическое воздействие.

Тема 3.6. Управление расчетом и анализ напряженно-деформированного состояния (НДС)

Анализ и проверка результатов расчета НДС. Результаты расчета НДС. Методы контроля результатов расчета. Приближенная оценка, оценка по аналогам. Документирование результатов.

Тема 3.7. Вариантное проектирование конструкций в ПК ЛИРА-САПР.

Подготовка дополнительных данных для проектирования. Анализ результатов проектирования. Документирование результатов. Локальный режим работы модулей.

Раздел 4. Основы автоматизированного управления строительством

Тема 4.1. Программные средства автоматизации сметных расчетов и управления строительством.

Общие сведения о ПК сметных расчетов. Область применения ПК, решаемые задачи, принципы расчета, нормативная база. Связь ПК сметных расчетов с комплексами архитектурно-строительного и конструктивного проектирования. Методика разработки сметной документации. Модель стройки. Структура базы ресурсных нормативов. Формирование локальной сметы. Выбор ресурсов из нормативной базы, задание работ по коду норматива. Виды выходной документации: локальные сметы, построчные ресурсные сметы. Учет выполненных работ.

Раздел 5. Методика автоматизированного проектирования

Тема 5.1. Разработка сложных расчетных моделей в ПК ЛИРА-САПР

Анализ несущей системы здания, сооружения. Выбор типов конечных элементов для моделирования конструкций. Мера дискретизации и анализ точности решения. Методика формирования пространственной расчетной модели. Особенности расчета на динамические воздействия.

Тема 5.2. Методика вариантного проектирования с применением комплекса программных средств

Постановка цели и задач вариантного проектирования. Назначение варьируемых факторов, шага и границ варьирования. Определение базовой расчетной модели. Методика разработки сценария многовариантного моделирования. Методика анализа и оптимизации проектных решений.

Тема 5.3. Нормативное обеспечение автоматизированного проектирования и управления строительством

Информационно-справочная система ЗОДЧИЙ. Структура законодательной, нормативной и справочной документации. Методика поиска документации по каталогу и по контексту. Форматы

хранения документов, копирование и распечатка. Перспективы развития информационно-справочной системы, региональные архивы документов.

Раздел 6. Численное моделирование

Тема 6.1. Анализ объекта и предмета исследования и выбор программных средств.

Исследование отдельных конструкций и узлов их сопряжения. Учет физической и геометрической нелинейности. Моделирование железобетона.

Исследование несущих систем зданий. Анализ влияния конструктивных решений на напряженно-деформированное состояние.

Исследование совместной работы сооружения и основания.

Тема 6.2. Библиотека конечных элементов и моделирование исследуемых объектов.

Физически и геометрически нелинейные конечные элементы. Их применение для моделирования различных объектов. Моделирование железобетона, каменной кладки, металла, грунта. Моделирование односторонних связей.

Тема 6.3. Разработка и отладка численной модели (на примере анкерного узла стыка сборных железобетонных плит)

Анализ технических противоречий. Предварительная разработка конструктивного решения. Анализ литературы, конструктивных решений и методов расчета. Приближенная оценка конструктивного решения. Разработка численной модели: виды конечных элементов (КЭ), геометрия, жесткости, условия закрепления и нагружения. Ведение журнала исследований.

Тема 6.4. Разработка рекомендаций по расчету и конструированию на основе численного эксперимента.

Изложение рекомендаций в соответствии со стилем нормативных документов в виде понятном для проектировщиков. Границы применения рекомендаций. Примеры применения рекомендаций в проектировании объектов.

РАБОЧАЯ УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА
по дисциплине:

«САПР В СТРОИТЕЛЬСТВЕ»

для специальностей
«Промышленное и гражданское строительство»,
«Строительство ТЭС и АЭС»

Уровень: магистр
Направление: «Строительство»
Специальность: «Промышленное и гражданское строительство»
Кафедра строительной механики
Изучение дисциплины запланировано на 5 курсе в 9 семестре

1. ЦЕЛЬ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Студент, который учится на специальности "Промышленное и гражданское строительство", должен владеть современными средствами компьютерных технологий проектирования. Особенно будущий инженер-строитель должен уметь запроектировать и проверить на прочность ответственные несущие конструкции. Такую возможность на сегодняшний день обеспечивают современные программные комплексы. Поэтому получение теоретических знаний и практических навыков в освоении компьютерных программ строительного направления имеет большое значение для подготовки современного инженера. При этом у него должны быть навыки накоплен практический опыт выполнения графических и расчетных работ.

Для изучения курса "САПР в строительстве" необходимы знания компьютерной техники, строительной механики, металлических и железобетонных конструкций, основ архитектуры и других дисциплин, которые изучаются бакалаврами строительства.

2. СОДЕРЖАНИЕ ЛЕКЦИОННОГО КУРСА

Содержание курса "САПР в строительстве" приведено в таблицах.

№ темы	Темы лекций	Часы лекций
1	Вступление. Основные понятия автоматизированного проектирования, технические и общие программные средства. Информационные и графические подсистемы САПР.	2
2	Программный комплекс ЛИРА-САПР для прочностных расчетов строительных конструкций. Общие характеристики комплекса.	2
3	Расчет плоской рамы с помощью программного комплекса. Формирование исходных данных.	2
4	Расчет пространственной рамы с помощью программного комплекса. Фрагментация расчетной схемы и компоновки ее из отдельных подсхем.	2
5	Расчет пространственной пластинчато-оболочковой системы с помощью программного комплекса. Особенности континуальных систем и предельных состояний.	2
6	Теоретические основы программного комплекса. Библиотека конечных элементов, программная реализация основных математических методов расчета.	2
7	Практические приемы построения расчетных схем. Идеализация пространственной схемы, жесткостных характеристик, условий закреплений и нагрузок.	2
8	Программный комплекс МОНОМАХ для проектирования каркасных железобетонных сооружений. Общие характеристики и графический интерфейс комплекса.	2
9	Проектирование и расчет строительного сооружения с помощью программного комплекса МОНОМАХ.	2
10	Анализ результатов расчета	2
ВСЕГО		20

3. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

№ темы	Темы практических занятий	Часы лекций
1	Порядок выполнения работ в компьютерном классе. Ознакомление с вычислительной техникой и программным обеспечением.	2
2	Общие сведения о расчете строительных конструкций в ПК ЛИРА-САПР. Принципы построения расчетной схемы. Проверка достоверности полученных результатов. Тестовые примеры.	2
3	Решение тестовой задачи в ПК ЛИРА-САПР по расчету на НДС плоской рамы. Возможности графического интерфейса.	2
4	Решение тестовой задачи в ПК ЛИРА-САПР по расчету на НДС пространственной рамы. Особенности составления пространственной расчетной схемы. Анализ полученных результатов.	2
5	Решение тестовой задачи по расчету на НДС пространственной пластинчато-оболочечной конструкции. Особенности предельных состояний. Анализ результатов расчета с помощью таблиц.	2
1	2	3
6	Выполнение на ПК первого индивидуального упражнения по расчету пространственной стержневой системы	4
7	Выполнение на ПК второго индивидуального упражнения по расчету НДС пластинчато-оболочечной системы	4
ВСЕГО		20

4. СОДЕРЖАНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

№ темы	Темы лабораторных занятий	Часы лекций
1	Оформление расчетно-графической работы	2
2	Расчет в ПК ЛИРА-САПР конструкций на действие динамической нагрузки	2
3	Ознакомление с программным комплексом МОНОМАХ для проектирования и расчета каркасных железобетонных сооружений.	2
4	Проектирование и расчет в ПК МОНОМАХ каркасного железобетонного здания.	2
ВСЕГО		8

5. СОДЕРЖАНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ

5.1. Расчет в ПК ЛИРА-САПР напряженно-деформированного состояния пространственных стержневых и пластинчато - оболочечных систем

Трудоемкость 20 часов. Объем – 10 стр.

РАБОЧАЯ УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА
по дисциплине:

«Теория сооружений»

для специальностей «Архитектура строительных сооружений»,
«Градостроительство», «Дизайн архитектурной среды»

Уровень: магистр

Факультет архитектурный

Кафедра строительной механики

Изучение дисциплины запланировано на 5 курсе в 10 семестре

1. ЦЕЛЬ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Студент, специализирующийся по профессиональному направлению «Архитектура» в техническом университете, должен выучить основы теории сооружений и усвоить некоторые основы расчета строительных объектов на статические нагрузки. При этом у него должно быть накоплено умение и практический опыт выполнения расчетных работ.

Для изучения курса теории сооружений необходимы знания соответствующих разделов математики, физики, теоретической механики, сопротивления материалов, строительной механики.

Математика: алгебраические уравнения и неравенства, графики элементарных функций, уравнения поверхностей, тригонометрические функции

Физика: физические основы механики.

Теоретическая механика: равновесие систем сил; элементы аналитической механики; виды связей.

Сопротивление материалов: напряженно-деформированное состояние элементов конструкций, критерии прочности, сжатие прямого бруса, изгиб балки, эпюры внутренних усилий.

Строительная механика: кинематический анализ стержневых конструкций, расчет ферм, рам, арок

2. СОДЕРЖАНИЕ ЛЕКЦИОННОГО КУРСА

Содержание курса теории сооружений приведено в таблице.

№ темы	Темы лекций	Часы лекций
1	Вступление. Практическое значение теории сооружений. Обзор характерных сооружений мировой строительной практики.	2
2	Расчетные схемы. Классификация конструкций по их геометрическим формам. Диаграммы Отто Фрея. Эволюция форм и напряженных состояний. Характерные сооружения с позиции исторического развития	2
3	Особенности конструктивных решений. Влияние геометрических характеристик, условий сопротивления на напряженно-деформированное состояние и устойчивость элементов конструкций. Особенности конструирования ферм и их нагрузки. Трещинообразование в многоэтажных кирпичных домах. Построение высотных каркасных зданий с использованием программного комплекса МОНОМАХ.	4
4	Потеря устойчивости и разрушение. Критические нагрузки и формы потери стойкости простых элементов. Аварии мостов и сооружений из мировой практики.	2
5	Основные положения расчета строительных конструкций. Расчет по допустимым напряжениям, разрушающим усилиям и предельным состояниям. Нормативные и расчетные характеристики материалов и нагрузок. Расчетные соединения и обобщенные эпюры усилий.	4
6	Пластинчатые элементы. Нагрузка, условия закрепления и внутренние усилия. Прямоугольные изотропные пластины, нагруженные равномерно распределенным и гидростатическим давлением, распределенным на участке на участке и сосредоточенной силой. Расчет ребристых, многопролетных плит и балок-стенок. Использование для расчета программного комплекса ЛИРА-САПР.	4
7	Стержневые и плитные покрытия. Особенности НДС плоских статически определяемых ферм. Расчет перекрестных ферм, структурных плит – плит из пентаэдров и плит из тетраэдров. Проверка в программном комплексе ЛИРА-САПР	4
8	Пространственные стержневые покрытия. Расчет сеточного свода, сеточной складки, пологой оболочки, четырехлепесткового гипара. Расчет в программном комплексе ЛИРА-САПР	6

№ темы	Темы лекций	Часы лекций
9	Вантовые и мембранные покрытия. Основные положения расчета и конструирования висячих оболочек с параллельными и радиальными вантами, двухпоясных висячих покрытий, сферического мембранного покрытия. Особенности задания расчетной схемы в программном комплексе ЛИРА-САПР	4
10	Компьютерный расчет конструкций. Создание расчетной схемы с помощью графического препроцессора программного комплекса САПФИР. Определение и анализ напряженно-деформированного состояния пространственной стержневой конструкции.	2
ВСЕГО		34

3. СОДЕРЖАНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЗАДАНИЯ

Расчет пространственной стержневой конструкции покрытия

Общая характеристика конструкции и практика сооружения зданий с покрытием заданной формы. Определения нормативной и расчетной нагрузки от собственного веса конструкции и ограждающих материалов, снега и ветра. Определения усилий в адекватной сплошной конструкции, и усилий в стержнях сеточного покрытия. Подбор сортаментных элементов. Проверка сжатых стержней на стойкость. Расчет конструкции в программном комплексе ЛИРА-САПР Подбор сечений металлических элементов.

Трудоемкость 16 часов. Объем – 5 стр.

4. СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО И ИТОГОВОГО КОНТРОЛЯ

Текущий контроль осуществляется во время выполнения индивидуального задания. Форма контроля – защита индивидуального задания.

Итоговый контроль проводится на зачете.

РАБОЧАЯ УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине:

«Современные методы расчета конструкций и автоматизированное проектирование»

для специальности: «Реконструкция зданий и сооружений»

Уровень: магистр

Направление: «Строительство»

Кафедра строительной механики

Изучение дисциплины запланировано на 5 курсе в 9 семестре

1. ЦЕЛЬ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Студент, специализирующийся по профессиональному направлению "Реконструкция зданий и сооружений", должен владеть современными методами расчета конструкций, которые ориентированы на использование компьютерных программных комплексов. Особенно, будущий инженер-строитель должен уметь запроектировать и проверить на прочность и жесткость ответственные несущие конструкции. Такую возможность на сегодняшний день обеспечивают современные программные комплексы – ПК ЛИРА-САПР, ПК МОНОМАХ, ПК САПФИР. Поэтому получение теоретических знаний и практических навыков в овладении компьютерными программами строительного направления имеет большое значение для подготовки современного инженера. При этом у него должно быть накоплено умение и практический опыт выполнения расчетных работ с помощью современных систем автоматизированного проектирования..

Для изучения курса "Современные методы расчета конструкций и автоматизированное проектирование" необходимы знания компьютерной техники, высшей математики, строительной механики, металлических и железобетонных конструкций, основ архитектуры и других дисциплин, которые изучаются бакалаврами строительства.

В результате изучения курса студенты овладеют

- 1) основами методов компьютерного расчета конструкций в линейной и нелинейной постановках задач с использованием программного комплекса ЛИРА-САПР;
- 2) компьютерными средствами создания расчетных схем сложных пространственных конструкций в программном комплексе ЛИРА-САПР;
- 3) навыками анализа результатов компьютерных расчетов.

Студенты также будут уметь:

- 1) пользоваться современным программным комплексом при расчетах прочности и жесткости несущих конструкций;
- 2) оценивать возможность эксплуатации существующих та эффективность запроектированных конструкций по методу предельных состояний;
- 3) принимать обоснованные решения по усилению отдельных элементов и усовершенствованию конструктивных схем.

2. СОДЕРЖАНИЕ ЛЕКЦИОННОГО КУРСА

Содержание курса "Современные методы расчета конструкций и автоматизированное проектирование" приведено в таблицах.

№ темы	Темы лекций (час.)	Форма	
		очная	заочная
1	Введение. Расчетные модели и основные средства автоматизированного расчета конструкций.	2	—
2	Метод конечных элементов. Общие сведения. Построение расчетных уравнений МКЭ для плоских рам.	2	—
3	Расчет плоской рамы в программном комплексе ЛИРА-САПР. Задание исходных данных и обработка полученной информации.	2	—
4	Метод конечных элементов (продолжение). Расчетные уравнения МКЭ для пространственных стержневых конструкций.	2	—
5	Расчет пространственной рамы в программном комплексе ЛИРА-САПР. Фрагментация расчетной схемы и компоновка ее из отдельных подсхем.	2	—

№ темы	Темы лекций (час.)	Форма	
		очная	заочная
6	Метод конечных элементов (продолжение). Расчетные уравнения МКЭ для пространственных пластинчато-оболочечных конструкций	2	—
7	Расчет пространственной пластинчато-оболочечной системы в программном комплексе ЛИРА-САПР. Способы формирования расчетных схем.	2	—
8	Методика расчета конструкций в геометрически нелинейной постановке. Нелинейные соотношения Коши. Метод решения геометрически нелинейных задач. Построение конечно-элементных нелинейных уравнений. Расчет в программном комплексе ЛИРА-САПР.	2	—
9	Методика расчета конструкций в физически нелинейной постановке. Нелинейные соотношения Метод решения физически нелинейных задач. Построение конечно-элементных нелинейных уравнений. Расчет в программном комплексе ЛИРА-САПР.	2	—
10	Методика расчета устойчивости конструкций. Матрица геометрической жесткости. Расчет в ПК ЛИРА-САПР.	2	—
11	Методика расчета конструкций на динамические нагрузки. Матрица масс конечного элемента. Решение задачи на собственные значения матрицы большого порядка. Приведение задачи о вынужденных колебаниях к нормальной форме. Расчет в программном комплексе ЛИРА-САПР.	2	—
12	Методика расчета сооружений на сейсмические нагрузки. Расчет в программном комплексе ЛИРА-САПР..	2	—
13	Программный комплекс МОНОМАХ. Теоретические основы комплекса и практические действия по созданию расчетной модели каркасного железобетонного сооружения.	2	—
14	Программный комплекс САПФИР. Создание архитектурно-конструктивной части здания и его экспорт в программный комплекс ЛИРА-САПР.	2	—
ВСЕГО		28	—

3. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

№ темы	Темы практических занятий (час.)	Форма	
		очная	заочная
1	Решение в программном комплексе ЛИРА-САПР тестовой задачи по определению НДС плоской рамы. Использование графического препроцессора ЛИРА-САПР для задания исходных данных. Линейное решение задачи.	2	—
2	Решение в программном комплексе ЛИРА-САПР тестовой задачи по определению НДС пространственной пластинчато-оболочечной конструкции. Особенности предельных условий на плоскостях симметрии. Анализ результатов расчета с помощью табличного постпроцессора.	2	—
ВСЕГО		4	—

4. СОДЕРЖАНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

№ темы	Темы лабораторных занятий (час.)	Форма	
		очная	заочная
1	Решение геометрически нелинейной задачи по определению напряженно-деформированного состояния предварительно напряженной вантовой фермы в программном комплексе ЛИРА-САПР.	2	—
2	Расчет железобетонной рамы с учетом нелинейных зависимостей напряжения от деформации в программном комплексе ЛИРА-САПР.	2	—
3	Расчет конструкций на собственные и вынужденные колебания в программном комплексе ЛИРА-САПР. Гармонические, импульсные и ударные нагрузки. Методы их задания в программном комплексе ЛИРА-САПР.	2	—
ВСЕГО		6	—

5. СОДЕРЖАНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ РАБОТ

№ темы	Темы лабораторных занятий (час.)	Форма	
		очная	заочная
1	Выполнение в программном комплексе ЛИРА-САПР первого индивидуального упражнения по расчету НДС пространственной стержневой системы	10	—
2	Выполнение в программном комплексе ЛИРА-САПР второго индивидуального упражнения по расчету каркасного железобетонного сооружения	12	—
ВСЕГО		22	—

6. СОДЕРЖАНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ

6.1. Расчет в программном комплексе ЛИРА-САПР напряженно-деформированного состояния пространственных стержневых систем. Трудоемкость 10 часов. Объем – 10 стр.

6.2. Расчет в программном комплексе ЛИРА-САПР напряженно-деформированного состояния каркасного железобетонного сооружения. Трудоемкость 10 часов. Объем – 10 стр.

7. СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО И ИТОГОВОГО КОНТРОЛЯ

Текущий контроль осуществляется во время проведения практических, лабораторных и индивидуальных занятий. Форма контроля – проверка индивидуальных заданий в программном комплексе ЛИРА-САПР.

Итоговый контроль проводится на экзамене.

РАБОЧАЯ УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА
по дисциплине:

«Компьютерные технологии проектирования конструкций зданий и сооружений»

Уровень: магистр

Направление: «Строительство»

Специальность: «Промышленное и гражданское строительство»

Кафедра железобетонных конструкций

1. Цель изучения дисциплины

Цель изучения дисциплины заключается в обеспечении будущего специалиста знаниями в отрасли использования компьютерных технологий в проектировании строительных конструкций зданий и сооружений, с учетом условий их строительства и технической эксплуатации, что возможно на основе использования современных программных наукоемких комплексов, таких как ПК ЛИРА-САПР, ПК МОНОМАХ, ПК САПФИР.

2. Задачи изучения дисциплины.

Задачи изучения этой дисциплины полностью отвечают актуальным требованиям подготовки нового поколения инженеров, которые будут в полной мере эффективно использовать в строительстве возможности современной компьютерной техники с ее фактически неограниченными техническими возможностями и в совершенстве владеть современными компьютерными программами ПК ЛИРА-САПР, ПК МОНОМАХ, ПК САПФИР, методами компьютерного моделирования.

Основной задачей дисциплины является изучение практических методов использования компьютерных технологий в строительстве, изучения практических методов расчета и конструирования несущих элементов зданий и сооружений, выполненных из разных строительных материалов при проектировании несущих и ограждающих строительных конструкций зданий и сооружений, на основе действующих нормативных документов и с использованием программных комплексов ЛИРА-САПР, МОНОМАХ, САПФИР.

3. Место учебной дисциплины в системе профессиональной подготовки специалиста

Учебная дисциплина „Компьютерные технологии проектирования конструкций зданий и сооружений” являются профессионально-ориентированной дисциплиной, предусмотренной учебным планом подготовки специалистов и магистров с высшим образованием, является одной из основных специальных дисциплин, определяющих подготовку инженеров-строителей по специальности "Промышленное и гражданское строительство".

Учебная дисциплина „Компьютерные технологии проектирования конструкций зданий и сооружений” формирует у будущего специалиста знания в области практических методов расчета и конструирования несущих элементов зданий и сооружений, выполненных из разных строительных материалов, на основе действующих нормативных документов, с помощью ПК ЛИРА-САПР, ПК МОНОМАХ.

Знания научных и технических положений дисциплины “Компьютерные технологии проектирования конструкций зданий и сооружений” обеспечивают трудоустройство специалистов строителей в качестве сотрудников отделов капитального строительства эксплуатации сооружений, ремонтно-строительных участков или управлений.

4. Интегрированные требования к знаниям и умениям по дисциплине.

В результате изучения дисциплины студенты должны **знать:**

- возможности современных программных комплексов ПК ЛИРА-САПР, ПК МОНОМАХ, ПК САПФИР;
- основные принципы и правила формирования алгоритмов, которые предназначены для их последующей реализации на компьютере;
- математические основы алгоритмизации сложных процессов расчета строительных конструкций, а также владеть методами компьютерного моделирования,
- основные особенности компьютерных технологий в строительстве;
- современное программное обеспечение, справочную и нормативную литературу, типичные проекты, каталоги и альбомы, чертежи строительных конструкций;
- знать новые тенденции развития компьютерных технологии и практические методы их использования для проектирования конструкций зданий и сооружений (построение расчетных схем в ПК ЛИРА-САПР, ПК МОНОМАХ);
- методы использования современного программного обеспечения для расчета и конструирования специальных основных несущих конструктивных элементов зданий и сооружений с применением вариантного проектирования (ПК ЛИРА-САПР);
- основные физико-механические свойства конструктивных материалов, рациональные отрасли применения строительных материалов и конструкций для несущих элементов зданий и сооружений.

В результате изучения дисциплины студенты должны **уметь**:

- критически оценивать практические возможности существующих разработок в области автоматизации строительства;
- пользоваться справочной и нормативной литературой, типовыми проектами, каталогами и альбомами, чертежами строительных конструкций зданий и сооружений;
- усвоить положения нормативной документации, направляющих деятельность строительных служб предприятий;
- иметь практические навыки расчета и конструирования с использованием современных программных комплексов ПК ЛИРА-САПР, ПК МОНОМАХ основных несущих конструктивных элементов зданий и сооружений на основе технико-экономического сравнения вариантов конструкций.

5. Междисциплинарные связи учебной дисциплины.

Дисциплина «Компьютерные технологии проектирования конструкций зданий и сооружений» базируется на знаниях общетеоретических и технических дисциплин: Здания и сооружения, Строительные материалы, Строительные конструкции, Теоретическая механика, Соппротивление материалов, Механика твердого деформированного тела, Строительная механика, Основания и фундаменты, Высшая математика, Физика, Компьютерные технологии в строительстве и другие.

Дисциплина имеет самостоятельное значение и является базовой для изучения дисциплины «Компьютерные технологии проектирования специальных конструкций», а также других дисциплин, связанных с применением расчетных программных комплексов в строительстве.

6. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**6.1. Тематический план учебной дисциплины**

№ п/п	Название темы	Объем учебных занятий, часов				
		Всего	Лекции	Лаб.	СРС	Инд.
Модуль №1 . “Составляющие расчетной схемы для автоматизированного расчета строительных конструкций”						
1	Современные расчетные комплексы и системы конструирования ПК ЛИРА-САПР, ПК МОНОМАХ.	22	2	4	14	-
2	Основные принципы компьютерного моделирования. Составляющие расчетной схемы строительных конструкций зданий и сооружений	4	2	-	2	-
3	Возможности библиотеки конечных элементов ПК ЛИРА-САПР при расчете различных строительных конструкций.	18	2	-	10	2
4	Наиболее эффективные приемы, которые используются при моделировании расчетных схем строительных конструкций. (Стратифицированная. Фрагментация)	6	2	4	12	-
5	Наиболее эффективные приемы, которые используются при моделировании расчетных схем строительных конструкций (Использование супер элементов)		2	-		
6	Глубина моделирования строительных конструкций зданий и сооружений	12	2	-	8	2
7	Неординарные случаи моделирования расчета конструкций с учетом изменения расчетных схем вариация моделей (ПК ЛИРА-САПР)		2	2		
8	Расчетные сочетания нагрузок (РСН). Расчетные сочетания усилий (РСУ). Локальный режим работы модуля ЛИР АРМ	18	2	-	10	2
9	Методы контроля правильности составления расчетных схем зданий и сооружений (Погрешности вычислений)		2	4		
10	Методы контроля корректности расчетных схем зданий и сооружений (Одновременное использование нескольких расчетных схем).	12	2	-	6	-
11	Сравнение расчетных и экспериментальных данных результатов		2	2		
12	Модульная контрольная работа №1	4	2	-	2	-
ВСЕГО		110	24	16	64	6

№ п/п	Название темы	Объем учебных занятий, часов				
		Всего	Лекции	Лаб.	СРС	Инд.
Модуль №2. “Процедура выполнения автоматизированного расчета строительных конструкций с помощью ПК ЛИРА-САПР”						
1	Скрытые ошибки при стыковке разнотипных конечных элементов при составлении расчетных схем (стержень с плитой, применение жестких вставок и жестких тел) (ПК ЛИРА-САПР)	30	2	8	20	-
2	Ошибки при аппроксимации геометрической формы и нагрузок. Ошибки в расчетной схеме при соединении элементов, которые базируются на разнообразных теориях. Тестовые задачи ПК ЛИРА-САПР.	6	2	-	4	-
3	Физическая нелинейность бетона. Диаграммы, использующиеся в ПК ЛИРА-САПР.	8	10	-	14	-
4	Постановка нелинейной задачи при автоматизированном расчете.					
5	Нелинейные уравнения. Шаговая процедура.	6	2	-	4	-
6	Пример компьютерного моделирования процесса нагрузки железобетонных конструкций в ПК ЛИРА-САПР					
7	Особенности расчета железобетонных конструкций (прочность, трещиностойкость).	18	2	2	10	2
8	Особенности моделирования ребристых железобетонных перекрытий. Смешанное армирование.	14	2	2	8	2
9	Моделирование предварительного напряжения при автоматизированном расчете.	22	2	4	12	2
10	Продавливание плит перекрытия. Автоматизированный расчет с использованием ПК САПФИР, ПК ЛИРА-САПР, ПК МОНОМАХ.		2			
11	Классификация и расчетные схемы зданий для автоматизированного расчета.	12	2	2	6	2
12	Дискретно-континуальные и рамно-связевые системы и их расчет. Автоматизированный расчет фундаментов.		3			
13	Модульная контрольная работа №2	4	2	-	2	-
ВСЕГО		133	27	18	80	8

№ п/п	Название темы	Объем учебных занятий, часов				
		Всего	Лекции	Лаб.	СРС	Инд.
Модуль №3. Курсовой проект “Автоматизированное проектирование одноэтажного промышленного здания, оборудованного кранами. Особенности разнообразных расчетных схем 2D-3D”						
1	Автоматизированное проектирование одноэтажного промышленного здания, оборудованного кранами. Особенности разнообразных расчетных схем 2D-3D	54	-	-	54	-
ВСЕГО		54			54	
Итого по трем модулям:		297	51	34	198	14

6.2 Планирование дидактического процесса по видам учебных занятий

Лекционные занятия, их тематика и объем

№ п/п	Название темы	Объем учебных занятий, час.	
		Лекции	СРС
Модуль №1 . “Составляющие расчетной схемы для автоматизированного расчета строительных конструкций”			
1	Современные расчетные комплексы и системы конструирования ПК ЛИРА-САПР, ПК МОНОМАХ	2	6
2	Основные принципы моделирования и составляющие расчетной схемы строительных конструкций зданий и сооружений	2	2
3	Возможности библиотеки конечных элементов на примере ПК “ЛИРА-САПР” при расчете строительных конструкций зданий и сооружений	2	2
4	Наиболее эффективные приемы, которые используются при моделировании расчетных схем строительных конструкций зданий и сооружений (Стратифицированная. Фрагментация)	2	4
5	Наиболее эффективные приемы, которые используются при моделировании расчетных схем строительных конструкций зданий и сооружений (Использование супер элементов)	2	4
6	Глубина моделирования строительных конструкций зданий и сооружений	2	6
7	Неординарные случаи компьютерного моделирования с учетом изменения расчетных схем (процессор МОНТАЖ ПК ЛИРА-САПР)	2	2
8	Расчетные сочетания нагрузок (РСН). Расчетные сочетания усилий (РСУ). Локальный режим работы модуля армирования в ПК ЛИРА-САПР.	2	2
9	Контроль расчетных схем зданий и сооружений (Погрешности вычислений)	2	2
10	Контроль расчетных схем зданий и сооружений (Одновременное использование нескольких расчетных схем).	2	2
11	Контроль расчетных схем зданий и сооружений (Сравнение расчетных и экспериментальных данных)	2	2
12	Модульная контрольная работа №1	2	2
ВСЕГО		24	36

№ п/п	Название темы	Объем учебных занятий, час.	
		Лекции	СРС
Модуль №2. “Процедура выполнения автоматизированного расчета строительных конструкций с помощью ПК ЛИРА-САПР”			
1	Скрытые ошибки при стыковке различных конечных элементов при составлении расчетных схем.	2	4
2	Ошибки при аппроксимации геометрической формы и нагрузок. Ошибки в расчетной схеме при соединении элементов, которые базируются на разнообразных теориях. Тестирование ПК ЛИРА-САПР.	2	4
3	Физическая нелинейность бетона. Диаграммы, которые используются в ПК ЛИРА-САПР.	2	4
4	Постановка нелинейной задачи при автоматизированном расчете.	2	4
5	Нелинейные уравнения. Шаговая процедура.	2	4
6	Пример компьютерного моделирования процесса нагрузки железобетонных конструкций.	2	4
7	Особенности расчета железобетонных конструкций (прочность, трещиностойкость). Армирование в ПК ЛИРА-САПР.	2	4
8	Особенности моделирования ребристых железобетонных перекрытий. Смешанное армирование	2	4
9	Моделирование предварительного напряжения при автоматизированном расчете.	2	2
10	Продавливание. Автоматизированный расчет на продавливание с использованием ПК ЭСПРИ, ПК МОНОМАХ.	2	2
11	Классификация и расчетные схемы зданий для автоматизированного расчета.	2	2
12	Дискретно-континуальные и рамно-связевые системы и их расчет. Автоматизированный расчет фундаментов в ПК МОНОМАХ.	3	4
13	Модульная контрольная работа №2	2	2
ВСЕГО		27	44
Итого по двум модулям:		51	62

Лабораторные занятия, их тематика и объем

№ п/п	Название темы	Объем учебных занятий, час.	
		Лекции	СРС
Модуль №1 . “Составляющие расчетной схемы для автоматизированного расчета строительных конструкций”			
1	Реализация расчета пространственного каркаса здания с фундаментной плитой на упругом основании в ПК ЛИРА-САПР.	4	8
2	Расчет металлической башни.	4	8
3	Расчет цилиндрического резервуара в ПК ЛИРА-САПР.	2	4
4	Нелинейный расчет двух пролетной балки.	4	4
5	Расчет плиты	2	4
ВСЕГО		16	28

№ п/п	Название темы	Объем учебных занятий, час.	
		Лекции	СРС
Модуль №2. “Процедура выполнения автоматизированного расчета строительных конструкций с помощью ПК ЛИРА-САПР”			
1	Проектирование поперечной рамы многопролетного одноэтажного здания. Реализация расчета в ПК ЛИРА-САПР.	8	16
2	Расчет армирования плиты и подбор арматуры в ПК ЛИРА-САПР..	2	4
3	Расчет предварительно напряженной подкрановой балки пролетом 12м.	2	4
4	Расчет фундаментной балки. Расчет армирования и подбор арматуры в ПК ЛИРА-САПР фундаментной балки. Расчет фундаментной балки вместе с балкой-стенкой.	4	8
5	Проектирование фундаментов поперечной рамы многопролетного одноэтажного промышленного здания.	2	4
ВСЕГО		18	36
Итого по двум модулям		34	64

6.3. Индивидуальная работа

№ п/п	Содержание занятия	Объем, час.
Модуль №1 . "Составляющие расчетной схемы для автоматизированного расчета строительных конструкций"		
1	Библиотека конечных элементов программного комплекса ЛИРА-САПР	2
2	Анализ результатов работы программных комплексов ЛИРА-САПР, МОНОМАХ (правила чтения усилий и реакций, документирования, отчет, пояснительная записка).	2
3	Автоматизированный расчет поперечника промышленного здания с учетом крановых нагрузок. Расчетные сочетания нагрузок.	2
Всего		6
Модуль №2. «Процедура выполнения автоматизированного расчета строительных конструкций с помощью ПК ЛИРА-САПР»		
2.1	Автоматизированный расчет подкрановой балки. Расчетные сочетания нагрузок	2
2.2	Классификация и расчетные схемы зданий для автоматизированного расчета	2
2.3	Автоматизированный расчет бескаркасных, крупнопанельных домов.	2
2.4	Автоматизированный расчет комбинированных систем. Здания из объемных блоков. Здания из монолитного железобетона	2
ВСЕГО		8
Итого по двум модулям		14

7. Курсовой проект

Цель выполнения курсового проекта - приобретение и развитие навыков самостоятельного проектирования в 9 семестре.

Тема проекта: расчет железобетонного рамного каркаса и проектирование несущих конструкций производственного одноэтажного каркасного здания, оборудованного кранами.

Рассчитываются усилия в элементах поперечной рамы каркаса в программном комплексе ЛИРА-САПР. Конструктивные элементы поперечной рамы выполняются с применением сборных железобетонных конструкций. В процессе работы студент производит выбор конструктивной схемы каркаса здания, расчет рамного каркаса, а также расчет и конструирование железобетонных элементов каркаса.

Несущие конструкции покрытий предусмотрены в сборном железобетоне с применением стропильных ферм, балок или арок. В процессе проектирования студент разрабатывает конструктивные схемы перекрытия и покрытия здания, маркирует несущие элементы и определяет их размеры, определяет расчетные нагрузки. После выбора расчетных схем определяет усилия, а затем выполняет подбор и проверку сечений элементов с одновременным их конструированием. При этом рассматриваются также вопросы изготовления, транспортировки, монтажа, технической эксплуатации конструктивных элементов здания и мероприятия по охране труда и окружающей среды. Выполняя технико-экономическое обоснование варианта компоновочной схемы каркаса и определяя расчетные усилия в элементах, студент пользуется программным комплексом ЛИРА-САПР.

В процессе курсового проектирования студенты имеют возможность принимать участие в научно-исследовательской работе путем сравнения тех или других предложений с типовыми решениями.

Объем курсового проекта – 3-4 листа чертежей формата А2 и расчетно-объяснительной записки – 40-50 страниц текста формата А4 с расчетами, объясняющими схемами и эскизами.

Для выполнения проекта студентам предоставляется 54 часов самостоятельной работы.

РАБОЧАЯ УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине:

«Компьютерные технологии проектирования специальных конструкций зданий и сооружений»

Уровень: магистр

Направление: «Строительство»

Специальность: «Промышленное и гражданское строительство»

Кафедра компьютерных технологий в строительстве

Изучение дисциплины запланировано на 5 курсе в 9 семестре

1. Цель изучения дисциплины

Дисциплина «Компьютерные технологии проектирования специальных конструкций зданий и сооружений» является одной из главных дисциплин, которые определяют подготовку магистров по специальности «Промышленное и гражданское строительство» на надлежащем современном уровне.

Основная цель изучения дисциплины содержится в освоении проектирования несущих и ограждающих строительных конструкций зданий и сооружений с учетом условий их строительства и технической эксплуатации, что возможно на основе применения современных программных комплексов, таких как ПК ЛИРА-САПР, ПК МОНОМАХ, ПК САПФИР.

2. Задачи изучения дисциплины

Задачами изучения дисциплины являются:

- овладение практическими методами расчета специальных несущих и ограждающих конструкций зданий и сооружений;
- овладение методами и технологиями математического моделирования конструктивных элементов зданий и сооружений;
- исследование оптимальных областей использования разных строительных материалов на основе действующих нормативных документов;
- овладение методами компьютерного моделирования специальных конструкций в программных комплексах ЛИРА-САПР, МОНОМАХ, САПФИР.
-

3. Место учебной дисциплины в системе профессиональной подготовки специалиста

Данная дисциплина является теоретической и практической основой для формирования специалиста строителя промышленного и гражданского строительства.

4. Интегрированные требования к знаниям и умениям по учебной дисциплине

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать:

- математические методы систем автоматизированного проектирования (САПР);
- структуру автоматизированных систем, особенности задания исходных данных в программных комплексах ЛИРА-САПР, МОНОМАХ, САПФИР, средства анализа результатов расчета, возможности интеграции данных в программных комплексах;
- основные физико-механические свойства конструктивных материалов, рациональные области применения их в строительстве;
- современные системы автоматизированного проектирования в строительстве, их критический анализ и области эффективного применения.

Уметь:

- самостоятельно рассчитать основные конструкции специальных сооружений ;
- самостоятельно создать расчетную схему сложного сооружения, проанализировать разные расчетные схемы для одного и того же здания;
- самостоятельно проводить исследование статических и динамических систем с использованием компьютерных моделей в программных комплексах ЛИРА-САПР, МОНОМАХ;
- пользоваться и нормативной литературой, справочниками, каталогами и альбомами типовых проектов, оперативными документами ведомственных учреждений.

5. Междисциплинарные связи учебной дисциплины

Дисциплина базируется на знаниях общетеоретических дисциплин: «Строительные конструкции», «Строительное материаловедение», «Соппротивление материалов», «Строительная механика», «Архитектура зданий и сооружений», «Основания и фундаменты», «Инженерная

графика», «Высшая математика», «Теоретическая механика», «Механика твердого деформируемого тела», «Вычислительная техника и программирование».

Знание научных и технических положений дисциплины обеспечивает выполнение дипломного проекта (магистерской работы), а также деятельность специалистов отделов капитального строительства, эксплуатации наземных сооружений, ремонтно-строительных участков или управлений и др.

6. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Тематический план учебной дисциплины

№ п/п	Название темы	Объем учебных занятий, часов				
		Всего	Лекции	Лабор.	СРС	ИР
9 семестр						
Модуль № 1 «Специальные железобетонные конструкции»						
1	Введение. Проектирование спец. железобетонных конструкций зданий и сооружений. Сопротивление железобетона динамическим влияниям.	10	2	2	4	2
2	Роль комплексной и системной автоматизации САПР в проектировании, строительстве, реконструкции зданий и сооружений. Использование методов сквозного проектирования и комплексной автоматизации (технологическая линия – ПК САПФИР – ПК ЛИРА-САПР). Метод конечных элементов (МКЭ). Основные положения МКЭ в расчетах строительных конструкций. Основные этапы реализации метода.	22	4	2	14	2
3	Тонкостенные пространственные покрытия, задание расчетной схемы и расчет в ПК ЛИРА-САПР. Конструкции многоэтажных каркасных и панельных зданий, возводимых и эксплуатируемы в особых условиях. Расчет в ПК МОНОМАХ.	22	4	2	14	2
4	Особенности составления компьютерных моделей каркасных и панельных зданий В ПК САПФИР с последующей передачей данных в ПК ЛИРА-САПР. Конструкции инженерных сооружений, возводимых и эксплуатируемых в особых условиях.	19	4	2	9	4
5	Модульная контрольная работа №1	3	2	–	1	–
ВСЕГО		76	16	8	42	10
Модуль № 2 «Специальные металлические конструкции»						
1	Конструктивные схемы большепролетных покрытий ангаров, стадионов, торгово-развлекательных центров. Висячие покрытия, оптимизация конструктивных решений в ПК ЛИРА-САПР.	12	4	2	4	2
2	Специализированные средства ПК ЛИРА-САПР для расчета и проектирования металлических конструкций (КМ-САПР).	12	4	2	4	2

№ п/п	Название темы	Объем учебных занятий, часов				
		Всего	Лекции	Лабор.	СРС	ИР
3	Здания и сооружения из легких металлических конструкций поставки. Особенности задания исходных данных и проектирования в ПК ЛИРА-САПР.	22	4	2	14	2
4	Листовые конструкции резервуаров. Металлические оболочки. Сооружения. Висячие конструкции сооружений. Высотные инженерные сооружения. Расчет в ПК ЛИРА-САПР.	27	4	3	16	4
5	Расчетно-графическая работа: «Проектирование строительного объекта с использованием специальных железобетонных и стальных конструкций».	10	-	-	10	—
6	Модульная контрольная работа № 2	3	2	-	1	-
ВСЕГО		86	18	9	49	10
Итого за 9 семестр		162	34	17	91	20

6.2 Проектирование дидактического процесса по видам учебных занятий

Лекционные занятия, их тематика и объем

№ п/п	Название темы	Объем учебных занятий, часов	
		Лекции	СРС
9 семестр			
Модуль №1 «Специальные железобетонные конструкции»			
1	Введение. Основы проектирования специальных железобетонных конструкций зданий и сооружений. Сопротивление железобетона динамическим влияниям.	2	1
2	Применение программных комплексов ЛИРА-САПР, МОНОМАХ в проектировании, реконструкции зданий и сооружений. Метод конечных элементов (МКЭ).	2	1
3	Тонкостенные пространственные покрытия. Оболочки отрицательной гаусовой кривизны. Оболочки позитивной гаусовой кривизны. Задание расчетной схемы в ПК ЛИРА-САПР.	2	5
4	Конструкции многоэтажных каркасных и панельных зданий.	2	1
5	Особенности создания компьютерных моделей для расчета каркасных и панельных зданий, возводимых и эксплуатируемых в особых условиях. Динамический расчет зданий при наличии акселерограм. Методы расчета на сейсмические влияния в ПК ЛИРА-САПР.	2	5
6	Расчет конструкций многоэтажных каркасных и панельных зданий на действие температуры.	2	1
7	Конструкции инженерных сооружений, возводимых и эксплуатируемых в особых условиях. Расчет и применение конструкций сводчатых железобетонных покрытий в строительстве.	2	5

№ п/п	Название темы	Объем учебных занятий, часов	
		Лекции	СРС
8	Модульная контрольная работа №1	2	1
ВСЕГО		16	20
Модуль № 2 «Специальные металлические конструкции»			
1	Специализированные средства ПК ЛИРА-САПР для расчета и проектирования металлических конструкций (КМ-САПР).	2	1
2	Здания и сооружения из легких металлических конструкций.	2	1
3	Особенности реализации расчетов металлических конструкций с применением ПК ЛИРА-САПР.	2	1
4	Конструкции и методы возведения вантовых мостов с металлическим настилом. Задание исходных данных и расчет в ПК ЛИРА-САПР.	2	1
5	Конструктивные схемы большепролетных покрытий ангаров, стадионов, торгово-развлекательных комплексов. Оптимизация конструктивных решений.	2	1
6	Расчет покрытия с перекрестными стержневыми конструкциями. Структурные покрытия. Металлоконструкции арочного типа.	2	5
7	Листовые конструкции резервуаров. Расчет цилиндрических металлических оболочек в ПК ЛИРА-САПР.	2	4
8	Высотные инженерные сооружения. Расчет антенных сооружений и матч освещения в ПК ЛИРА-САПР.	2	4
9	Модульная контрольная работа №2	2	1
ВСЕГО		18	19
Итого в 9-м семестре:		34	39

Лабораторные занятия, их тематика и объем

Номер	Название темы	Объем занятия часов	Объем самост. роб. часов
Модуль № 1 «Специальные железобетонные конструкции»			
1	Особенности задания исходных данных для расчета каркасных зданий на влияние сейсмических нагрузок и влияние просадок грунта в ПК ЛИРА-САПР.	2	2
1	Основы расчета и конструирования тонкостенных пространственных покрытий в ПК ЛИРА-САПР. Основы расчета и конструирования пологих оболочек в ПК ЛИРА-САПР. Металлические конструкции большепролетных покрытий в виде сеточных оболочек и висячих систем. Задание исходных данных и расчет в ПК ЛИРА-САПР.	2	8

Номер	Название темы	Объем занятия часов	Объем самост. роб. часов
3	Основы проектирования железобетонных конструкций, возводимых в особых условиях. Математическое моделирование и расчет стержневых конструкций и их систем. Задание исходных данных и расчет в ПК ЛИРА-САПР.	2	8
4	Особенности проектирования железобетонных конструкций, возводимых в особых условиях. Основы проектирования конструкций инженерных сооружений. Задание исходных данных и расчет в ПК ЛИРА-САПР.	2	4
	Всего	8	22
Модуль № 2 «Специальные металлические конструкции»			
1	Особенности создания компьютерных моделей в технологической линии проектирования САПФИР – ЛИРА-САПР.	2	2
2	Расчет элементов структурных блоков покрытия. Задание исходных данных и расчет в ПК ЛИРА-САПР	2	2
3	Расчет и конструирование элементов вертикального цилиндрического резервуара. Расчет несущих элементов висячих конструкций с учетом пластичной работы материала. Задание исходных данных и расчет в ПК ЛИРА-САПР.	2	8
4	Пример расчета несущей висячей нити однослойного покрытия. Пример расчета башни с решетчатым стволом. Задание исходных данных и расчет в ПК ЛИРА-САПР Анализ состояния предварительно напряженного стержневого элемента большепролетного покрытия ангара.	3	8
ВСЕГО		9	20
Итого в 9-м семестре:		17	42

Индивидуальная работа

1. Расчет полой железобетонной оболочки в ПК ЛИРА-САПР – 2 часа.
2. Сбор нагрузки и расчет многоэтажных каркасных и панельных зданий в ПК МОНОМАХ – 2 часа.
3. Конструкции сейсмостойких каркасных и панельных зданий. Конструкции многоэтажных зданий из объемных блоков – 2 часа.
4. Специализированные средства ПК ЛИРА-САПР для расчета железобетонных и металлических конструкций – 2 часа.
5. Конструкции, расчет и область применения сводчатых железобетонных покрытий в гражданском, промышленном и сельскохозяйственном строительстве – 2 часа.
6. Практический метод расчета анкерных фундаментов висячих покрытий зданий – 2 часа.
7. Металлические конструкции большепролетных покрытий в виде сеточных оболочек и висячих систем – 2 часа.
8. Конструирование и расчет наземного цилиндрического резервуара для сохранения нефтепродуктов. Задание исходных данных и расчет в ПК ЛИРА-САПР – 2 часа.
9. Особенности расчета несущих элементов висячих конструкций с учетом пластичной работы материала – 2 часа.
10. Конструкции, расчет и методы создания расчетной схемы в ПК ЛИРА-САПР вантовых мостов с железобетонным и металлическим настилом – 2 часа.

Расчетно-графическая работа

Цель выполнения РГР – приобретение и развитие навыков самостоятельного комплексного проектирования зданий предприятий с решениями конструктивного и частично технологического и объемно-планировочного разделов проекта. В зависимости от назначения здания (сооружения) студент разрабатывает технологическую схему объекта, выявляет перечень помещений, выполняет поэтажное планирование. Выбирает конструктивную схему здания, конструктивные материалы и конструкции. Выполняет расчеты и чертежи конструкций здания (сооружения). Расчеты выполняются в программном комплексе ЛИРА-САПР.

Объем РГР - один лист чертежей формата А-И и расчетно-пояснительная записка - 30 страниц текста с схемами, эскизами, таблицами усилий для наиболее опасных элементов и анализом результатов расчета.

РАБОЧАЯ УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА
по дисциплине:

«Металлические конструкции»

Уровень: бакалавр

Направление: «Строительство»

Специальность: «Промышленное и гражданское строительство»

Кафедра металлических конструкций

Изучение дисциплины запланировано на 4 курсе в 7-8 семестре

Цель изучения дисциплины

Учебная дисциплина «Металлические конструкции» является фундаментальной дисциплиной подготовки специалистов специальностей «Промышленное и гражданское строительство». Цель изучения дисциплины заключается в обеспечении уровня знаний студентов в отрасли проектирования металлических конструкций с учетом требований технологичности, транспортировки, монтажа и технической эксплуатации.

Задачи изучения учебной дисциплины

Основной задачей является получение знаний студентом правил проектирования металлических конструкций в соответствии с действующими нормами и приобретением навыков конструирования и расчета конструкций каркасу здания, в том числе и в программных комплексах (ПК ЛИРА-САПР, подсистема КМ-САПР)

Место учебной дисциплины в системе профессиональной подготовки специалиста

Учебная дисциплина «Металлические конструкции» является теоретической основой для формирования специалиста строительного профиля в отрасли проектирования металлических конструкций.

Интегрированные требования к знаниям и умениям по учебной дисциплине

В результате изучения дисциплины студенты должны знать:

- тенденции развития конструктивных форм металлических конструкций;
- метод расчета металлических конструкций по предельным состояниям;
- правила расчета соединений узлов элементов;
- правила конструирования металлоконструкций с учетом требований изготовления, транспортировки, монтажа и технической эксплуатации.

Студенты должны уметь:

- выбирать материал для конструкций и их элементов с учетом требований норм проектирования;
- составлять схемы конструкций и схемы их расположения, разрабатывать узлы соединения элементов;
- выполнять создание расчетной схемы в программном комплексе ЛИРА-САПР;
- определять нагрузку на конструкции и усилия в элементах;
- подбирать перерезы элементов, проверять их прочность, стойкость и жесткость.
- выполнять автоматизированный подбор и проверку сечений в ПК ЛИРА-САПР;
- выполнять конструирование в подсистеме КМ-САПР.

Интегрированные требования к знаниям и умениям по учебным модулям

Учебный материал дисциплины структурирован по модульному принципу и состоит из трех учебных модулей. Отдельным третьим модулем является курсовая работа, которая выполняется в седьмом семестре.

В результате усвоения учебного материала учебного модуля №1 «Конструктивные формы металлических конструкций. Расчет элементов и соединений» студент должен

знать:

- направления развития конструктивных форм металлических конструкций;
- типы соединений и их расчет;
- работу элементов под нагрузкой и их расчет;

уметь:

- самостоятельно составлять схемы конструкций и сооружений разных форм;
- самостоятельно рассчитывать наиболее распространенные элементы и соединения;

- самостоятельно задавать расчетные схемы типичных конструкций в ПК ЛИРА-САПР.

В результате усвоения учебного материала учебного модуля №2 «Стальной каркас одноэтажного производственного здания» студент должен:

знать:

- правила компоновки поперечной рамы здания;
- правила определения нагрузки на поперечную раму;
- правила составления схем отдельных элементов поперечной рамы;

уметь:

- определять размеры поперечной рамы здания;
- самостоятельно осуществлять сбор нагрузок, которые действуют на отдельные элементы каркаса;
- самостоятельно определять усилие в элементах каркаса;
- выполнить расчет на статические нагрузки поперечной рамы в программном комплексе ЛИРА-САПР.

В результате усвоения учебного материала учебного модуля №3 «Курсовая работа» студент должен:

знать:

- правила проектирования стального каркаса одноэтажного производственного здания;
- правила конструирования и расчета основных несущих элементов каркаса;

уметь:

- самостоятельно разрабатывать конструктивные схемы одноэтажных производственных зданий;
- самостоятельно составлять конструктивную и расчетную схему поперечной рамы здания и схемы отдельных конструкций;
- определять нагрузку на конструкции и усилия в элементах;
- подбирать перерезы элементов и проверять их прочность, стойкость и жесткость;
- выполнить расчет на статические нагрузки, выполнить подбор и проверку сечений в программном комплексе ЛИРА-САПР, оформить чертежи в подсистеме КМ- САПР.

Междисциплинарные связи учебной дисциплины

Изучение дисциплины «Металлические конструкции» базируется на знаниях дисциплин: «Физика», «Химия», «Сопротивление материалов», «Строительное материаловедение», «Строительные конструкции», «Строительная механика».

На основе знаний данной дисциплины студенты смогут усвоить дисциплины: «Металлы и сварка», «Компьютерные технологии проектирования специальных строительных конструкций зданий и сооружений».

Знание и умения, полученные во время изучения данной дисциплины, будут использоваться во время изучения большинства следующих дисциплин профессиональной и практической подготовки специалиста – строителя.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Тематический план дисциплины

№ п/п	Название темы	Объем учебных занятий, час				
		Всего	Лекции	Практич.	СРС	ИР
Модуль №1. «Конструктивные формы металлических конструкций (МК). Расчет элементов и соединений»						
1	История развития МК та наука о МК	2	1	-	1	-
2	Материалы для МК. Сортаменты. Работа металла под нагрузкой и при переходе в пластическую стадию. Сортамент в ПК ЛИРА-САПР.	3	2	-	1	-
3	Основные положения расчета элементов МК	3	2	-	1	-
4	Расчет сварных, заклепковых и болтовых соединений. Конструирование узлов, сварных и болтовых соединений в ПК ЛИРА-САПР.	3	2	-	1	-
5	Модульная контрольная работа №1	3	-	1	2	-
ВСЕГО		14	7	1	6	-
Модуль №2. «Стальной каркас одноэтажного производственного здания»						
1	Компоновка поперечной рамы и проектирование схемы каркасу. Задание исходных данных в ПК ЛИРА-САПР.	9	2	2	4	1
2	Нагрузка на поперечную раму	8	2	2	4	-
3	Статический расчет поперечной рамы. Расчет в ПК ЛИРА-САПР.	11	2	3	6	-
4	Расчет и конструирование колонны каркаса.. Конструирование колонны в ЛИРА-САПР.	12	2	4	6	-
5	Расчет и конструирование подкрановой балки. Конструирование в ЛИРА-САПР.	5	1	2	2	-
6	Расчет и конструирование ригеля рамы. Конструирование в ЛИРА-САПР.	10	1	2	6	1
7	Модульная контрольная работа №2	3	-	1	2	-
ВСЕГО		58	10	16	30	2
Модуль №3. «Курсовая работа»						
1	Проектирование каркаса одноэтажного производственного здания с расчетом конструктивных элементов поперечной рамы. Расчет и конструирование здания в ПК ЛИРА-САПР.	36	-	-	36	-
ВСЕГО		36	-	-	36	-
Итого по трем модулям		108	17	17	72	2

Проектирование дидактического процесса по видам учебных занятий

Лекционные занятия, их тематика и объем

№ п/п	Название темы	Объем учебных занятий, час		
		Лекции	СРС	ИР
Модуль №1. «Конструктивные формы МК. Расчет элементов и соединений»				
1	История развития МК та наука о МК	1	1	-
2	Материалы для МК. Сортаменты. Работа металла под нагрузкой и при переходе в пластическую стадию. Сортаменты в ПК ЛИРА-САПР.	2	1	
3	Основные положения расчета элементов МК	2	1	
4	Расчет сварных, заклепочных и болтовых соединений. Конструирование в ПК ЛИРА-САПР.	2	1	
Всего		7	4	-
Модуль №2. «Стальной каркас одноэтажного производственного здания»				
1	Компоновка поперечной рамы цеха. Типы рам. Связи каркаса. Задание исходных данных в ПК ЛИРА-САПР.	2	4	1
2	Нагрузка на поперечные рамы здания	2	4	-
3	Статический расчет поперечных рам одноэтажных зданий. Расчет в ПК ЛИРА-САПР	2	4	-
4	Расчет и конструирование колонны каркасу. Конструирование в ПК ЛИРА-САПР..	2	4	-
5	Расчет и конструирование подкрановой балки. Конструирование в ПК ЛИРА-САПР..	1	2	-
6	Расчет и конструирование ригеля рамы (фермы). Конструирование в ПК ЛИРА-САПР..	1	4	1
ВСЕГО		10	22	2
Итого по двум модулям		17	26	2

Практические занятия, их тематика и объем

№ п/п	Название темы	Объем учебных занятий, час		
		Практ. занятие	СРС	ИР
Модуль №1. «Конструктивные формы МК. Расчет элементов и соединений»				
1	Модульная контрольная работа №1	1	2	-
Всего за модулем №1		1	2	-
Модуль №2. «Стальной каркас одноэтажного производственного здания»				
1	Компоновка поперечной рамы. Компоновка в ПК ЛИРА-САПР.	1	1	1
2	Проектирование каркасу здания (схемы расположения элементов)	1	1	-

№ п/п	Название темы	Объем учебных занятий, час		
		Практ. занятие	СРС	ИР
3	Определение нагрузок на поперечную раму здания	2	2	-
4	Статический расчет поперечной рамы. Выполнение расчета в ПК ЛИРА-САПР.	3	2	-
5	Расчет и конструирование колонны. Конструирование в ПК ЛИРА-САПР.	4	4	-
6	Расчет и конструирование подкрановой балки. Конструирование в ПК ЛИРА-САПР..	2	1	-
7	Расчет и конструирование ригеля рамы (фермы). Конструирование в ПК ЛИРА-САПР.	2	2	1
8	Модульная контрольная работа №2	1	2	-
ВСЕГО		13	15	2
Итого по двум модулям		17	17	2

Индивидуальная работа

№ пор.	Содержание занятия	Объем, час
Модуль №2. «Стальной каркас одноэтажного производственного здания»		
1	Компоновка поперечной рамы цеха. Типы рам. Связи каркаса. Расчет и конструирование в ПК ЛИРА-САПР.	2
ВСЕГО		2

Курсовая работа

Курсовая работа (КР) по дисциплине выполняется в седьмом семестре в соответствии с утвержденными в установленном порядке методическими рекомендациями, с целью закрепления теоретических знаний и умений, приобретенных студентом в процессе усвоения всего учебного материала дисциплины в области расчета и проектирования строительных конструкций зданий и сооружений.

Выполнение КР является важным этапом в подготовке к дипломному проектированию, поскольку тема КР взята из практики проектирования производственных объектов строительной отрасли.

Курсовая работа предусматривает проектирование стального каркаса производственного здания. При этом каждый студент выполняет работу по индивидуальным исходным данным. В процессе работы студент разрабатывает схему каркаса здания, выполняет компоновку поперечной рамы здания, определяет нагрузку, которую воспринимает рама при эксплуатации здания, определяет расчетные усилия в основных несущих конструктивных элементах каркаса, подбирает их сечения и проверяет их несущую способность.

Также студенту необходимо выполнить расчет на статические нагрузки, определить расчетные сочетания усилий в программном комплексе ЛИРА-САПР, затем выполнить подбор и проверку сечений в ПК ЛИРА-САПР. Рабочие чертежи выполнить с помощью подсистемы КМ-САПР.

Объем курсовой работы:

- расчетно-пояснительная записка объемом до 60 страниц;
- графическая часть работы должна быть выполнена на 3-х листах формата А-2.

РАБОЧАЯ УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА
по дисциплине:

«Металлы и сварка в строительстве»

Уровень; бакалавр

Направление: «Строительство»

Специальность: «Промышленное и гражданское строительство»

Кафедра металлических конструкций

Изучение дисциплины запланировано на 4 курсе в 7-8 семестре

Цель изучения учебной дисциплины

Цель изучения дисциплины заключается в обеспечении будущего специалиста знаниями в отрасли расчета и конструирования сварных металлических конструкций с учетом требований технологичности производства конструктивных элементов, их транспортировки, монтажа и технической эксплуатации.

Задачи изучения учебной дисциплины

Задачей учебной дисциплины является усовершенствование знаний студента в отрасли выбора оптимальных конструктивных строительных материалов, назначения рациональных конструктивных систем проектируемых строительных объектов. Овладение методами расчета и правилами конструирования несущих элементов и разных типов соединений отделенных элементов в конструкции. Овладение правилами конструирования и расчета узлов соединения конструкций в сооружении с учетом условий производства, монтажа и технической эксплуатации зданий и сооружений.

Место учебной дисциплины в системе профессиональной подготовки специалиста

Дисциплина имеет самостоятельное значение и является одной из основных дисциплин, которые формируют специалиста строительной отрасли. На базе знаний и умений, полученных студентами при изучении дисциплины, будущим специалистом в случае работы в проектных организациях будет разрабатываться часть проектов, которая связана с проектированием несущих металлических конструкций. При работе в эксплуатационных подразделениях знания по дисциплины необходимы для определения состава металлических конструкций зданий и сооружений.

Интегрированные требования к знаниям и умениям по учебной дисциплине

В результате изучения дисциплины специалист должен:

а) знать:

- методы расчета и правила конструирования несущих конструкций зданий и сооружений с учетом особенностей физико-механических свойств сталей и алюминиевых сплавов, их химический состав;
- методы расчета и правила конструирования конструкций зданий и сооружений в ПК ЛИРА-САПР;
- алгоритмы расчета конструкций со сварными соединениями;
- технологические возможности заводского производства стальных конструкций, правила транспортировки, монтажа и технической эксплуатации строительных конструкций;

б) уметь:

- самостоятельно подбирать оптимальные марки сталей и алюминиевых сплавов для строительных конструкций, рассчитывать и назначать параметры поперечных сечений несущих элементов конструкций, назначать тип соединений отделенных элементов конструкции, запроектировать узлы соединений конструкций в сооружении в зависимости от специфических условий их эксплуатации, провести оценку технико-экономической эффективности принятого конструктивного решения;
- самостоятельно выполнить компьютерный расчет металлических конструкций в ПК ЛИРА-САПР, а также всего сооружения в целом, законструировать несущие элементы зданий и сооружений и узлов их соединений, провести оптимизацию конструктивных решений в своих предложениях.

Интегрированные требования к знаниям и умениям по учебным модулям

Учебный материал дисциплины структурирован по модульному принципу и состоит из трех учебных модулей.

В результате усвоения материала учебного модуля №1 «*Элементы металлических конструкций и их сварка*» студент должен:

Знать:

- методы расчета и правила конструирования сварных металлических конструкций;
- особенности технологии индустриального производства металлических конструкций;

Уметь:

- самостоятельно разрабатывать конструктивные схемы металлических каркасов производственных зданий и сооружений;
- самостоятельно рассчитывать основные несущие стальные конструктивные элементы каркасов, как вручную, так и с использованием ПК ЛИРА-САПР;

В результате усвоения материала учебного модуля №2 «*Металлические конструкции зданий и сооружений*» студент должен:

Знать:

- методы расчета и правила конструирования металлических конструкций промышленного производства;
- особенности технологии производства металлических конструкций;

Уметь:

- самостоятельно разрабатывать конструктивные схемы каркасов производственных зданий из металлических конструкций;
- самостоятельно рассчитывать основные несущие металлические конструктивные элементы каркасных зданий, как вручную, так и с использованием ПК ЛИРА-САПР.

В результате усвоения материала учебного модуля №3 «*Курсовой проект*» студент должен:

Знать:

- требования нормативных и регламентирующих документов по вопросам проектирования строительных объектов;
- метод предельных состояний для расчетов строительных конструкций;
- правила конструирования элементов конструкций промышленного производства;

Уметь:

- самостоятельно разрабатывать конструктивные схемы каркасов производственных объектов;
- проводить сбор нагрузок на конструкции и их расчеты с помощью ПК ЛИРА-САПР;
- составлять и исследовать модели конструктивных схем в ПК ЛИРА-САПР;
- самостоятельно оформлять рабочие чертежи зданий и сооружений с помощью AutoCAD и подсистемы КМ-САПР.

Междисциплинарные связи учебной дисциплины

Для усвоения содержания дисциплины необходимо знание следующих дисциплин: «Физика», «Химия», «Сопротивление материалов», «Вступление в строительное дело и строительное материаловедение», «Строительные конструкции».

На основе материала дисциплины студенты смогут усвоить дисциплины: «Организация строительства», «Компьютерные технологии проектирования специальных строительных конструкций зданий и сооружений».

Знания и умения, полученные во время изучения данной учебной дисциплины, будут использованы во время изучения следующих дисциплин профессиональной и практической подготовки специалиста – строителя.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Тематический план учебной дисциплины

№ п/п.	Название темы	Объем учебных занятий (час.)				
		Всего	Лекции	Практи- ческие	СРС	И Р
Модуль №1 «Элементы металлических конструкций и их сварка»						
1	Свойства металлов для строительных конструкций. Сварочные соединения и их типы.	9	4	2	3	-
2	Технологические возможности заводского производства и сварки элементов металлических конструкций. Расчет сварных соединений.	12	4	4	4	-
3	Виды металлических балок и их проектирование с учетом оптимизации.	10	2	2	2	4
4	Составление вариантных схем рабочей площадки. Виды настилов рабочих площадок и их расчеты.	14	4	4	4	2
5	Расчет прокатных балок разрезных и неразрезных. Определение нагрузок и выбор стали.	14	4	4	4	2
6	Проектирование колонны. Подбор сечений сквозных и сплошных колонн. Расчет оголовка и базы колонны. Проектирование связей между колоннами. Расчет базы колонны и конструирование узлов в ПК ЛИРА-САПР.	14	4	4	4	2
7	Модульная контрольная работа №1	4	-	2	2	-
ВСЕГО		77	22	22	23	10
Модуль №2 «Металлические конструкции зданий и сооружений»						
1	Технологический процесс изготовления сварных конструкций.	9	2	4	3	-
2	Металлоконструкции каркасов многоэтажных зданий, их типы и составление схем каркасов. Компоновка балочной клетки в ПК ЛИРА-САПР.	6	2	2	2	-
3	Металлические конструкции сооружений специального назначения. Большепролетные конструкции и принципы их расчета.	12	6	2	4	-
4	Модульная контрольная работа №2	4	-	2	2	
Всего		31	10	10	11	-
Модуль №3 «Курсовой проект»						
1	Проектирование рабочей площадки производственного здания. Выполнения расчета в ПК ЛИРА-САПР.	54	-	-	54	
ВСЕГО		54	-	-	54	
Итого по трем модулям		162	32	32	88	10

Проектирование дидактического процесса по видам учебных занятий

Лекционные занятия, их тематика и объем

№ п/п	Название темы	Объем учебных занятий (час.)	
		Лекции	СРС
8 семестр			
Модуль №1 «Элементы металлических конструкций и их сварка»			
1	Требования к свойствам металлов для строительных металлических конструкций. Структура сталей, химический состав и физико-механические свойства металлов. Определение свариваемой стали.	2	1
2	Электрическая сварка, сварочные соединения в строительстве, их типы.	2	1
3	Технологические возможности заводского производства и сварки элементов металлических конструкций.	2	1
4	Заводские и монтажные сварные швы и стыки. Расчет сварных соединений.	2	1
5	Виды металлических балок и их проектирование с учетом оптимизации.	2	1
6	Составление вариантных схем рабочей площадки. Техно-экономические показатели. Сравнение вариантов.	2	1
7	Виды настилов рабочих площадок и их расчеты.	2	1
8	Расчет прокатных балок разрезных и неразрезных. Определение нагрузок и выбор стали.	2	1
9	Расчет главной балки с применением оптимальных решений. Определение размеров сечений, изменение сечения по длине балки. Расчет опорной части балки, поясных швов, местной стойкости стенки. Выполнение расчета балки переменного сечения в ПК ЛИРА-САПР. Подбор и проверка металлических сечений.	2	1
10	Проектирование колонны. Определение нагрузок. Расчетная схема. Подбор сечения сквозных и сплошных колонн. Расчет соединительных планок сквозных колонн. Подбор, проверка сечение, конструирование узлов в ПК ЛИРА-САПР.	2	1
11	Виды баз колонн. Расчет оголовка и базы колонны. Проектирование связей между колоннами. Схемы связей, типы сечений элементов связей, подбор сечений по предельной гибкости. Выполнение расчета и конструирования в ПК ЛИРА-САПР.	2	1
ВСЕГО		22	11
Модуль №2 «Металлические конструкции зданий и сооружений»			
1	Технологический процесс изготовления сварных конструкций.	2	1
2	Металлоконструкции каркасов многоэтажных зданий, их типы и составление схем каркасов.	2	1
3	Листовые конструкции, их типы. Определение толщины стенки вертикального цилиндрического резервуара.	2	1
4	Большепролетные конструкции и принципы их расчета.	2	1
5	Высотные сооружения . Определение нагрузок.	2	1
ВСЕГО		10	5
Итого по двум модулям		32	16

Практические занятия, их тематика и объем

№ п/п	Название темы	Объем учебных занятий (час.)	
		Практ. занятие	СРС
Модуль №1 «Элементы металлических конструкций и их сварка»			
1	Определение марок сталей по данным испытания образцов.	2	1
2	Расчет соединений со стыковыми и угловыми швами по тематике курсового проекта. Порядок сварки швов в монтажных стыках.	4	1
3	Определение допустимых прогибов балок. Выбор оптимальной стали для балок.	2	1
4	Подбор сечений прокатных и сварных балок. Изменение сечения составной балки по длине.	2	1
5	Принцип обеспечения общей устойчивости главной балки согласно норм проектирования. Размещение ребер жесткости и проверка местной устойчивости стенки балки. Расчет и проверка в ПК ЛИРА-САПР.	2	1
6	Расчет поясных швов.	2	1
7	Конструирование и расчет опорной части балки. Конструирование в подсистеме ЛИР-СТК.	2	1
8	Определение и проверка прогиба балки с учетом изменения сечения балки по длине. Расчет в ПК ЛИРА-САПР главной балки переменного сечения.	2	1
9	Подбор сечения сквозных и сплошных колонн. Конструирование и расчет базы колонны. Расчет и конструирование в ПК ЛИРА-САПР.	2	1
10	Конструирование и расчет оголовка колонны и связей между колоннами. Расчет и конструирование в ПК ЛИРА-САПР.	2	1
11	Модульная контрольная работа №1	2	2
ВСЕГО		22	12
Модуль №2 «Металлические конструкции зданий и сооружений»			
1	Разработка технологической карты составления и сварки стержня балки/колонны.	2	1
2	Выбор вида сварки для отдельных швов. Выбор типов швов и обработка кромок.	2	1
3	Выбор режима сварки или прихватывания. Выбор рода тока, его полярности и сварочного оборудования.	2	1
4	Выбор свариваемых материалов. Последовательности сварки та пооперационного контроля.	2	1
5	Модульная контрольная работа № 2	2	2
ВСЕГО		10	6
Итого за 8 семестр		54	18

Индивидуальная работа

№ п/п	Название темы	Объем учебных занятий (час.)
		Индивидуальная работа
Модуль №1 «Элементы металлических конструкций и их сварка»		
1	Определение оптимального шага вспомогательных балок и балок настила усложненной схемы балочной клетки.	2
2	Определение максимально допустимого расчетного сопротивления металлических балок.	2
3	Определение параметров центрально-сжатой колонны при разных расстояниях между планками и их анализ.	2
4	Определение эффективности установки связей между колоннами рабочей площадки и исследование их влияния на параметры колонн.	2
5	Определение геометрических характеристик поперечного сечения элементов из разных профилей, которые подвержены коррозионному разрушению.	2
Всего		10
Итого за 8 семестр		10

Курсовой проект.

Курсовой проект (КП) по дисциплине выполняется в восьмом семестре, в соответствии с утвержденными в установленном порядке методическими рекомендациями, с целью закрепления и углубления теоретических знаний и умений, приобретенных студентом в процессе усвоения всего учебного материала дисциплины в области проектирования производственных зданий и сооружений.

Выполнение КП является важным этапом в подготовке к выполнению дипломного проекта будущего специалиста строителя. Студент получает навыки проектной работы, знакомится с нормативными документами, справочниками и каталогами типовых строительных конструкций.

Курсовой проект предусматривает проектирование элементов рабочей площадки (балочной клетки) производственного здания с использованием стальных конструкций. Каждый студент выполняет работу по индивидуальным исходным данным. В процессе выполнения работы студент разрабатывает схему рабочей площадки производственного здания, рассчитывает и конструирует отделенные конструкции: колонну, главную и второстепенную балку, лист настила и базу колонны. Также студент выполняет расчет на статические нагрузки, а также конструирование в программном комплексе ЛИРА-САПР.

Для успешного выполнения курсового проекта студент должен:

знать: особенности работы конструктивных элементов разных типов каркасных производственных зданий в зависимости от технологических процессов, которые выполняются в них, и в зависимости от районов строительства и грунтовых условий, методы расчетов конструкций и правила их конструирования, требования нормативных и регламентирующих документов,

уметь: самостоятельно разрабатывать конструктивные схемы металлических каркасов производственных зданий и сооружений во взаимодействии с окружающей средой, провести сбор нагрузок на конструкции, составить компьютерные модели конструктивных схем в ПК ЛИРА-САПР, провести расчеты конструкций с помощью ПК ЛИРА-САПР и оформить рабочие чертежи зданий и их элементов с помощью ПК AutoCAD и подсистемы КМ-САПР.

Для защиты курсового проекта студент предъявляет расчетно-пояснительную записку (объем которой составляет 40-50 страниц) и чертеж (1,5 листа формата А-1).

Время, нужное для выполнения КП – до 54 часов самостоятельной работы.

РАБОЧАЯ УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА
по дисциплине:

«Строительная механика»

Уровень: бакалавр

Направление: «Строительство»

Специальность: «Промышленное и гражданское строительство»

Кафедра строительной механики

Изучение дисциплины запланировано на 3,4 курсе в 5, 6, 7 семестре

Вступление

Предмет изучения курса «Строительная механика» - кинематический анализ расчетных схем, методы расчета строительных конструкций и сооружений на прочность, жесткость и стойкость при статических и динамических нагрузках.

Цель - обеспечить в необходимом объеме теоретическими знаниями, методами и методикой выполнения расчетов конструкций и сооружений на прочность, жесткость и устойчивость при статических и динамических нагрузках.

Задача изучения дисциплины - *знать и уметь использовать* методы расчета напряжения, деформации, прочности, жесткости, стойкости отдельных элементов строительных конструкций и сооружений, и *иметь навыки* кинематического анализа расчетных схем, расчета строительных конструкций и сооружений на прочность, жесткость и стойкость при статических и динамических нагрузках.

Междисциплинарные связи:

после изучения дисциплин «Вышая математика», «Физика», «Архитектура», «Теоретическая механика», «Сопротивление материалов и основы теории упругости и пластичности»;

предшествует изучению дисциплин «Металлические конструкции», «Железобетонные конструкции», «Конструкции из дерева и пластмасс», «Основания и фундаменты».

ПРОГРАММА

Лекционные занятия

Модуль 1. Кинематический анализ и расчет стержневых систем.

Тема 1. Введение. Кинематический и структурный анализ стержневых систем

Строительная механика и ее задачи. Связь со смежными дисциплинами. Расчет строительных сооружений на прочность, жесткость и устойчивость. Классификация сооружений и конструкций. Расчетные схемы, сопротивления.

Образование плоских стержневых систем. Кинематический анализ плоских стержневых систем. Структурный анализ плоских стержневых систем. Мгновенно изменяемые системы.

Анализ пространственных стержневых систем.

Тема 2. Основы статического расчета плоских и пространственных стержневых систем.

Виды усилий. Вычисление усилий. Построение эпюр усилий. Правила знаков. Алгоритм расчета сложных стержневых систем статическим методом. Основы ПК ЛИРА-САПР для расчета стержневых конструкций.

Тема 3. Большепролетные шарнирно-консольные балки.

Тема 4. Трехшарнирные арки и рамы

Строительные свойства и сфера использования трехшарнирных арок и рам. Расчет на постоянные нагрузки. Методы задания расчетной схемы трехшарнирной арки, рамы в ПК ЛИРА-САПР.

Тема 5. Плоские статически определяемые фермы

Строительные свойства и сферы использования ферм. Структура ферм. Элементы ферм. Классификация ферм.

Вычисление усилий в стержнях ферм статическим методом. Расчет сложных ферм. Шпренгельные фермы. Особенности задания расчетной схемы фермы в ПК ЛИРА-САПР.

Тема 6. Комбинированные, висячие и вантовые системы

Виды комбинированных систем, сфера их применения. Расчет шпренгельной балки. Расчет вантовой фермы. Расчет висячего моста.

Модуль 2. Теория перемещений и основные энергетические теоремы.

Тема 7. Действительная и возможная работа внешних сил. Возможная работа внутренних усилий системы.

Тема 8. Обобщенные силы и перемещения.

Тема 9. Расчет перемещений в стержневых системах

Расчет перемещений методом Мора. Правило О.М. Верещагина. Формулы перемножения эпюр усилий по Верещагину.

Перемещение температурного происхождения и от неравномерного проседания опор.

Тема 10. Общие теоремы строительной механики

Теорема о взаимности работ. Теорема Максвелла о взаимности перемещений. Первая теорема Релея о взаимности реакций. Вторая теорема Релея о взаимности реакций и перемещений.

Тема 11. Потенциальная энергия деформации.

Тема 12. Теоремы Лагранжа и Кастилиано

Модуль 3. Расчет плоских стержневых систем методом перемещений.

Тема 13. Метод перемещений.

Идея метода перемещений. Основные зависимости метода перемещений для стержня постоянной жесткости. Основные неизвестные и степень кинематической неопределенности плоской стержневой системы.

Тема 14. Алгоритм расчета стержневых систем методом перемещений.

Канонические уравнения метода перемещений. Определение основных неизвестных.

Вычисление усилий. Построение и проверка эпюр усилий. Расчет в программном комплексе ЛИРА-САПР. Сравнительный анализ результатов расчета.

Тема 15. Расчет стержневых систем методом перемещений на температурные действия и на неравномерное проседание опор.

Тема 16. Учет симметрии сооружений при решении задач методом перемещений.

Модуль 4. Расчет плоских стержневых систем методом сил.

Тема 17. Статически неопределимые системы. Особенности работы и расчетов.

Статически неопределимые системы. Степень статической неопределимости плоских стержневых систем. Свойства статически неопределимых систем. Методы расчета статически неопределимых систем.

Тема 18. Метод сил.

Основная система и основные неизвестные методу сил. Канонические уравнения метода сил. Алгоритм расчета методом сил. Вычисление и проверка коэффициентов и свободных членов канонических уравнений. Построение и проверка эпюр усилий. Вычисление перемещений в статически неопределимых системах.

Особенности расчетов методом сил статически неопределимых ферм, арок, комбинированных систем.

Тема 19. Вычисление перемещений в статически неопределимых системах. Контроль правильности эпюр.

Тема 20. Расчет стержневых систем методом сил на изменение температуры и перемещения опорных связей.

Тема 21. Матричные алгоритмы расчетов методом сил.

Модуль 5 Основы динамики стержневых систем.

Тема 22. Основы динамики сооружений.

Основные понятия и допуски динамики стержневых систем. Виды и характеристики колебаний систем. Виды динамических нагрузок. Степени вольности масс, которые колеблются. Методы составления уравнений движения. Построение линий влияния в ПК ЛИРА-САПР.

Тема 23. Собственные колебания систем с одной степенью свободы.

Влияние вязкого сопротивления системы на параметры собственных колебаний.

Тема 24. Вынужденные колебания систем с одной степенью свободы.

Влияние вязкого сопротивления системы на динамические перемещения массы при вынужденных колебаниях. Периодическая постоянная во времени нагрузка.

Тема 25. Собственные колебания упругих систем со многими степенями свободы сосредоточенных масс.

Тема 26. Спектр частот и форм собственных колебаний. Теорема ортогональности собственных форм колебаний.

Тема 27. Вынужденные колебания упругих систем со многими степенями свободы сосредоточенных масс.

Тема 28. Собственные и вынужденные колебания стержней с равномерно распределенной массой. Метод начальных параметров.

Тема 29. Основные зависимости метода перемещений для прямолинейного стержня с распределенной массой.

Тема 30. Динамический расчет рам методом перемещений с учетом собственного веса элементов (собственные колебания).

Тема 31. Динамический расчет рам методом перемещений с учетом собственного веса элементов (вынужденные колебания). Задание динамических нагрузок в ПК ЛИРА-САПР. Тестовый расчет рам на динамические нагрузки.

Модуль 6. Устойчивость стержневых систем.

Тема 32. Основные зависимости метода перемещений для прямолинейного стержня постоянной жесткости при продольном изгибе.

Тема 33. Расчет на прочность рам методом перемещений по деформированной схеме.

Тема 34. Основные предположения в расчетах на устойчивость. Расчетные схемы рам на устойчивость. Уравнение равновесия.

Тема 35. Определение критической силы и формы потери устойчивости.

Гибкость и коэффициент продольного изгиба сжатых стержней.

Тема 36. Устойчивость решетчатых стержней

Тема 37. Устойчивость арок.

Тема 38. Устойчивость балок при изгибе

Тема 39. Устойчивость пластин

Тема 40. Расчеты на устойчивость в программном комплексе ЛИРА-САПР. Решение тестовых задач. Сравнительный анализ результатов расчета.

Модуль 7. Расчет плоских стержневых систем на подвижную нагрузку.

Тема 41. Расчет стержневых систем на подвижную нагрузку.

Тема 42. Линии влияния. Методы построения линий влияния.

Тема 43. Линии влияния в балках, фермах, распорных системах

Тема 44. Линии влияния в статически неопределяемых системах

Тема 45. Использование линий влияния в расчетах на неподвижную нагрузку.

Тема 46. Использование линий влияния в расчетах на подвижную нагрузку.

Тема 47. Вычисление максимальных усилий по линиям влияния от временных нагрузок.

Построение линий влияния в ПК ЛИРА-САПР.

Тема 48. Понятие об огибающих Эпюрах усилий. Построение огибающих эпюр в программном комплексе ЛИРА-САПР. Понятие «Расчетные сочетания усилий» (PCY), «Расчетные сочетания нагрузок» (PCN)

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ**Модуль 1. Кинематический анализ и расчет стержневых систем.**

Тема 1. Кинематический анализ стержневых систем. Решение тестовых задач в ПК ЛИРА-САПР.

Тема 2. Структурный анализ стержневых систем

Тема 3. Многопролетные шарнирно-консольные балки.

Тема 4. Трехшарнирные арки и рамы

Тема 5. Плоские статически определимые фермы

Тема 6. Комбинированные, висячие та вантовые системы.

Модуль 2. Теория перемещений и основные энергетические теоремы.

Тема 7. Расчет перемещений в стержневых системах методом Мора

Тема 8. Расчет перемещений от нагрузки методом Мора с использованием правила О.М. Верещагина в балках и рамах.

Тема 9. Расчет перемещений в фермах. Расчет ферм в ПК ЛИРА-САПР.

Тема 10. Расчет перемещений в комбинированных системах.

Тема 11. Перемещения температурного происхождения.

Тема 12. Перемещения от неравномерного проседания опор.

Модуль 3. Расчет плоских стержневых систем методом перемещений.

Тема 13. Метод перемещений: основные неизвестные и степень кинематической неопределенности плоской стержневой системы.

Тема 14. Метод перемещений: Каноничные уравнения метода перемещений. Определение основных неизвестных.

Тема 15. Метод перемещений: Вычисление усилий. Построение эпюр усилий. Проверка эпюр усилий. Решение тестовых задач в ПК ЛИРА-САПР.

Тема 16. Расчет стержневых систем методом перемещений на температурные воздействия и на неравномерное проседание опор.

Модуль 4. Расчет плоских стержневых систем методом сил.

Тема 17. Метод сил: Статически неопределимые системы. Степень статической неопределимости плоских стержневых систем. Свойства статически неопределимых систем. Методы расчета статически неопределимых систем. Основные неизвестные. Определения степени статической неопределимости, выбор рациональных основных систем.

Тема 18. Метод сил: Канонические уравнения метода сил. Вычисление и проверка коэффициентов и свободных членов канонических уравнений. Построение и проверка эпюр усилий.

Тема 19. Вычисление перемещений в статически неопределимых системах.

Тема 20. Расчет стержневых систем методом сил на изменение температуры .

Тема 21. Расчет стержневых систем методом сил на перемещение опорных связей.

Модуль 5. Основы динамики стержневых систем.

Тема 22. Методы составления уравнений движения систем с одной степенью свободы.

Тема 23. Собственные колебания систем с одной степенью свободы.

Тема 24. Вынужденные колебания систем с одной степенью свободы

Тема 25. Собственные колебания упругих систем со многими степенями свободы сосредоточенных масс.

Тема 26. Спектр частот и форм собственных колебаний. Теорема ортогональности собственных форм колебаний.

Тема 27. Вынужденные колебания упругих систем со многими степенями свободы сосредоточенных масс.

Тема 28. Собственные и вынужденные колебания стержней с равномерно распределенной массой. Метод начальных параметров.

Тема 29. Основные зависимости метода перемещений для прямолинейного стержня с распределенной массой.

Тема 30. Динамический расчет рам методом перемещений с учетом собственного веса элементов (собственные колебания).

Тема 31. Динамический расчет рам методом перемещений с учетом собственного веса элементов (вынужденные колебания).

Решение тестовых задач в ПК ЛИРА-САПР.

Модуль 6. Устойчивость стержневых систем.

Тема 32. Расчет устойчивости прямолинейных стержней методом начальных параметров.

Тема 33. Расчет на прочность прямолинейных стержней методом начальных параметров.

Тема 34. Расчетные схемы рам на устойчивость. Уравнение равновесия. Уравнение устойчивости.

Тема 35. Определение критической силы и формы потери устойчивости. Гибкость и коэффициент продольного изгиба сжатых стержней.

Тема 36. Устойчивость решетчатых стержней

Тема 37. Устойчивость арок.

Тема 38. Устойчивость балок при изгибе

Тема 39. Устойчивость пластин

Тема 40. Расчеты на устойчивость в программном комплексе ЛИРА-САПР.

Модуль 7. Расчет плоских стержневых систем на подвижную нагрузку.

Тема 41. Построение линий влияния статическим методом.

Тема 42. Построение линий влияния кинематическим методом.

Тема 43. Линии влияния в балках, фермах, распорных системах

Тема 44. Линии влияния в статически неопределимых системах

Тема 45. Использование линий влияния в расчетах на неподвижную нагрузку.

Тема 46. Использование линий влияния в расчетах на подвижную нагрузку.

Тема 47. Вычисление максимальных усилий по линиям влияния от временных **нагрузок**.

Тема 48. Построение обводных и объемлющих эпюр усилий.

Построение линий влияний в ПК ЛИРА-САПР. Решение тестовых задач. Сравнительный анализ полученных результатов.

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Модуль 1.

1. Проработка раздела:

«Кинематический анализ и расчет стержневых систем».

2. Выполнение и защита индивидуального задания на тему:

«Вычисление усилий и построение эпюр в статически определимых системах».

3. Контрольная работа на тему:

«Вычисление усилий и построение эпюр в статически определимых системах».

Модуль 2.

1. Проработка раздела:

«Теория перемещений и основные энергетические теоремы».

2. Выполнение и защита индивидуального задания на тему:

«Расчет перемещений в стержневых системах методом Мора».

3. Контрольная работа на тему:

«Расчет перемещений в стержневых системах методом Мора».

Модуль 3.

1. Проработка раздела:
«Расчет плоских стержневых систем методом перемещений».
2. Выполнение и защита индивидуального задания на тему:
«Расчет стержневых систем методом перемещений».
3. Контрольная работа на тему:
«Расчет стержневых систем методом перемещений».

Модуль 4

1. Проработка раздела:
«Расчет плоских стержневых систем методом сил».
2. Выполнение и защита индивидуального задания на тему:
«Расчет стержневых систем методом сил».
3. Контрольная работа на тему:
«Расчет стержневых систем методом сил».

Модуль 5

1. Проработка раздела:
«Основы динамики стержневых систем».
2. Выполнение и защита индивидуального задания на тему:
«Собственные и вынужденные колебания систем с несколькими степенями вольности».
3. Контрольная работа на тему:
«Собственные и вынужденные колебания систем с несколькими степенями вольности».

Модуль 6

1. Проработка раздела:
«Устойчивость стержневых систем».
2. Выполнение и защита индивидуального задания на тему:
«Расчеты устойчивости конструкций».
3. Контрольная работа на тему:
«Расчеты устойчивости конструкций».

Модуль 7

1. Проработка раздела:
«Расчет плоских стержневых систем на подвижную нагрузку».
2. Выполнение и защита индивидуального задания на тему:
«Расчет плоских стержневых систем на подвижную нагрузку».
3. Контрольная работа на тему:
«Расчет плоских стержневых систем на подвижную нагрузку».

Все индивидуальные задания выполняются ручным способом и в программном комплексе ЛИРА-САПР. Выполняется сравнение и анализ сходимости результатов расчета.

РАБОЧАЯ УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА
по дисциплине:

«Метод конечных элементов и автоматизированные расчеты на прочность»

Уровень: магистр

Направление: «Строительство»

Специальность: «Промышленное и гражданское строительство»

Кафедра строительной механики

Изучение дисциплины запланировано на 3 курсе в 6 семестре

Вступление

Предмет изучения курса «Метод конечных элементов (МКЭ) и автоматизированные расчеты на прочность» включает расчет строительных конструкций и сооружений на прочность, жесткость и устойчивость при статических и динамических нагрузках методом конечных элементов, а также и использованием программного комплекса ЛИРА-САПР, в котором реализован этот метод.

Цель - обеспечить в необходимом объеме теоретическими знаниями, методами и методикой выполнения расчетов конструкций и сооружений на прочность, жесткость и стойкость при статических и динамических нагрузках.

Задача изучения дисциплины - *знать и уметь использовать* расчеты строительных конструкций и сооружений на прочность, жесткость и устойчивость при статических и динамических нагрузках методом конечных элементов с помощью программного комплекса ЛИРА-САПР.

Междисциплинарные связи:

после изучения дисциплин «Высшая математика», «Физика», «Архитектура», «Теоретическая механика», «Соппротивление материалов и основы теории упругости и пластичности», «Строительная механика»;

предшествует изучению дисциплин «Металлические конструкции», «Железобетонные конструкции», «Конструкции из дерева и пластмасс», «Основания и фундаменты».

ПРОГРАММА**Лекционные занятия****Модуль 1.****1. Вступление. Основные понятия и операции МКЭ**

Место метода конечных элементов (МКЭ) в современной практике проектирования. Сущность МКЭ. Основные операции. Выбор основных неизвестных. Основные понятия: число степеней свободы конечного элемента. Матрицы жесткости стержневых элементов. Матрицы усилий. Матрица узловых перемещений. Алгоритм расчета методом конечных элементов.

2. Решение плоской задачи теории упругости МКЭ

Матрица жесткости треугольного конечного элемента. Матрица жесткости прямоугольного элемента.

3. Конечные элементы для решения объемной задачи теории упругости**4. Конечные элементы для расчета пластин и оболочек.****5. Рекомендации по подготовке расчетных моделей**

- 5.1. Густота сетки и точность решения задач.
- 5.2. Фрагментация и суперэлементы.
- 5.3. Расчет плит и оболочек, подпертых ребрами.
- 5.4. Моделирование шарнирного соединения плит и оболочек.
- 5.5. Моделирование податливости узлов.
- 5.6. Учет симметрии сооружений.
- 5.7. Расчеты на проседание опор и температурные нагрузки.

6. Основные сведения о программном комплексе автоматизированных расчетов напряженно-деформированного состояния (НДС) строительных конструкций “ЛИРА-САПР”**7. Примеры подготовки конечно-элементных расчетных схем и выполнения расчетов на прочность**

Лабораторные занятия

Модуль 1.

Содержание лабораторных занятий

Программой курса предусмотрено выполнение трех лабораторных работ, на которых студент изучает программный комплекс ЛИРА-САПР, создает конечно-элементные расчетные схемы строительных сооружений и выполняет автоматизированные расчеты на прочность, анализирует полученные результаты. На лабораторных занятиях преподаватель решает пример по теме, которая изучается по плану, обращает внимание студентов на типичные и нетипичные ситуации, которые могут встретиться при выполнении индивидуальных заданий, выполняет анализ результатов решенной задачи. После этого студенты решают индивидуальные задачи.

Тематика лабораторных занятий

1. Расчет стержневой системы на прочность и жесткость
2. Расчет балок-стенок и плит
3. Расчет оболочек и комбинированных систем

Самостоятельная работа

Модуль 1.

1. Проработка теоретического лекционного материала
2. Выполнение лабораторных работ №1, №2 та №3.
3. Контрольная работа по тематике лабораторных работ.

На консультациях студент получает разъяснение преподавателя по теоретическим и практическим вопросам, возникшим у него при изучении теории или при выполнении индивидуального задания.

СОДЕРЖАНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ

Индивидуальные задания студент получает во время практических занятий для самостоятельного выполнения во внеклассное время в сроки, предусмотренные учебным планом и графиком самостоятельной работы студента.

В сроки, предусмотренные учебным планом и графиком самостоятельной работы, студент должен защитить индивидуальные задания (ответить на вопрос и решить контрольную задачу по теме задания). Качество выполнения задания и уровень знаний студента оценивается в баллах, которые учитываются при рейтинговой оценке знаний студента по дисциплине.

Индивидуальные задания, которые студенты выполняют вне аудиторных занятий, состоят из отдельных, наиболее характерных и важных теоретических и практических вопросов, которые связаны с расчетом напряжений, деформаций, прочности, жесткости и стойкости отдельных строительных конструкций и сооружений.

ТЕМАТИКА ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ

- №1 Расчет стержневой системы на прочность и жесткость
№2 Расчет балок-стенок и плит
№3 Расчет оболочек

Список литературы к учебным программам

1. Байков В.Н., Сигалов З.В. Железобетонные конструкции. :Общий курс. Учебн. для вузов. - 5-е изд. перераб. и доп. - Г.: Стройиздат, 1991. - 767 с.
2. Барабаш М.С. Комп'ютерні технології проектування металевих конструкцій: навч.посіб./М.С. Барабаш, С.В. Козлов, Д.В. Медведенко. - К.:НАУ,2012. - 572 с.
3. Барабаш М.С. Программные комплексы САПФИР и ЛИРА-САПР - основа отечественных BIM-технологий: монография/М.С. Барабаш, Д.В. Медведенко, О.И. Палиенко - 2-изд. - М.: Издательство Юрайт, 2013. - 366 с - Серия: Магистр
4. Барабаш М.С., Гензерский Ю.В., Марченко Д.В., Титок В.П. ЛИРА-САПР 9.2. Примеры расчета и проектирования. – Учебное пособие. – К.: «Факт», 2005. – 138с.:ил.
5. Барабаш М.С., Мартынова М.Л., Лазнюк М.В., Пресняков Н.И. Современные технологии расчета и проектирования металлических и деревянных конструкций. Курсовое и дипломное проектирование. Исследовательские задачи.: Учебное пособие для студ. высших учеб. заведений/ Под ред. проф. Нилова А.А. Москва: издательство АСВ, 2008. - 328 с.
6. Васильев А.А. Металлические конструкции. Г.: Стройиздат, 1979. –472с.
7. Васильченко В.Т., Рутман А.Н, Лукьяненко Е.П. Конструирование и изготовление рабочих чертежей строительных металлоконструкций – К.: «Строитель», 1977. –136с.
8. Верюжский Ю.В., Колчунов В.И., Барабаш М.С., Гензерский Ю.В. Компьютерные технологии проектирования железобетонных конструкций. Курсовое проектирование. Киев: Книжное издательство Национального авиационного университета., 2006. - 804 с. (Гриф МОН України. Лист № 14\18.2-506 від 27.02.06 р.)
9. Городецкий А.С., Евзеров И.Д., Стрелец-Стрелецкий Е.Б. и др. Метод конечных элементов: теория и численная реализация. Программный комплекс «ЛИРА-САПР-WINDOWS». К.: «ФАКТ», 1996.
10. Городецкий А.С., Евзеров И.Д.. Компьютерные модели конструкций (Издание второе дополненное). Киев: «Факт», 2007. - 394 с.
11. Городецкий А.С., Шмуклер В.С., Бондарев А.В. Информационные технологии расчета и проектирования строительных конструкций. Учебное пособие. – Киев-Харьков, 2003. – 888 с.
12. Дарков А.В., Шапошников Н.Н. Строительная механика. - Г.: Высш. шк., 1986.-608 с.
13. Железобетонные конструкции: Курсовое и дипломное проектирование // Под ред. Барашикова А.Я..-Киев: Более высокая шк., 1987. -416с.
14. Железобетонные конструкции: Спец.курс. Учеб. пособие для вузов // В.Н. Байков, П.Ф. Дроздов, И.А. Трифонов и др.; Под ред.В.Н. Байкова. – 3 изд.перераб. -М.: Стройиздат, 1981. -767 с.
15. Зенкевич О.К. Метод конечных элементов. Г.: Мир, 1975.
16. Изготовление стальных конструкций. Под ред. В.М. Краснова. – М.: Стройиздат, 1978. – 335с.
17. Кичихин Н.Н. Изготовление и монтаж технологических металлических конструкций. – М.: Стройиздат, 1980. –255с.
18. Клименко Ф.Е., Барабаш В.М., Стороженко Л.И. Металлические конструкции.- Львов: Мир, 2002.-312с.
19. Лантух-Лященко А.И. ЛИРА - программный комплекс для расчета и проектирования конструкций.-Учебное пособие. К.-М.: 2001. 312 с.
20. Легкие конструкции одноэтажных производственных зданий // Е.Г. Кутухтин, В.М.Спиридонов, Ю.Н. Хромец. - Г.: Стройиздат, 1988. - 263 с.
21. Линченко Ю.П. Основы Автоматизированного проектирования/ Линченко Ю.П.Учебное пособие. 2-я редакция. КАПКС, Симферополь, 2004 г.
22. Лира 9.4. Примеры расчета и проектирования. Учебное пособие. Боговис В.Е., Гензерский Ю.В., Гераймович Ю.Д., Куценко А.Н., Марченко Д.В.,Медведенко Д.В., Слободян Я.Е., Титок В.П. - К.: издательство «Факт», 2008. - 280 с.

23. Лира 9.4. Руководство пользователя. Основы. Учебное пособие. Стрелец-Стрелецкий Е.Б., Боговис В.Е., Гензерский Ю.В., Гераймович Ю.Д., Марченко Д.В., Титок В.П. Под ред. Академика РААСН, докт.техн. наук, проф. А.А. Городецкого. - Киев: Издательство «Факт», 2008. - 164 с.
24. Мандриков А.П. Примеры расчета железобетонных конструкций. М.:Стройиздат, 1989. – 506 с.
25. Мандриков А.П. Примеры расчета металлических конструкций: Учебное пособие. - 2-ое изд., перераб. и доп. - Г.: Стройиздат, 1991. - 431 с.
26. Металлические конструкции / Ю.И. Кудишин, Е.И. Беленя, В.С. Игнатъева и др. .- Г.: Издательский центр «Академия», 2007. –688с.
27. Металлические конструкции: Специальный курс. // Под общ.ред. Е.И. Беленя. – Г.: Стройиздат, 1991. - 681 с.
28. Металлические конструкции: Справочник проектировщика. В 3 томах. Т2. Конструкции зданий/ Под ред. В.В. Кузнецова. – Г.: Высш. школа, 1999. – 548с.
29. Николаев Г.А., Куркин С.А., Винокуров В.А. Сварные конструкции. Технология изготовления. Автоматизация производства и проектирование сварных конструкций. – М.: Высш. школа, 1983. –344с.
30. Госатомнадзор России. М., 2001.
31. Пешковский О.И., Якубовский В.Б. Сборка металлических конструкций. – М.: Высш.шк., 1989. –239с.
32. Попов С.А. Алюминиевые строительные конструкции. – М.: «Высшая школа», 1969. –320с.
33. Портаев Л.П., Петраков А.А., Портаев В.Л. Техническая механика. -Г.: Стройиздат, 1987.- 464 с.
34. Программный комплекс «ЛИРА». Руководство пользователя. Под ред. Городецкого А.С.- М-К.: " ФАКТ ", 2003.
35. Проектирование железобетонных конструкции. Справочное пособие //Под ред: Голышева А.Б.. -Киев: Строитель, 1985. -496с.
36. Проектирование металлических конструкций: Специальный курс. // Под общ.ред. В.В. Бирюлева. – Л.: Стройиздат, 1990. - 432 с.
37. Развитие металлических конструкций: Работы школы Н.С. Стрелецкого/ В.В. Кузнецов, Е.И. Беленя, Н.Н. Стрелецкий и др. – Г.: Стройиздат, 1987. – 576с.
38. Рыморов Е.В. Новые сварочные приспособления.- Л.: Стройиздат, 1988.-125с.
39. Смирнов А.Ф., Александров А.В., Лашенников Б.Я., Шапошников Н.Н. Строительная механика. - Г.: Стройиздат, 1984.
40. Смирнов А.Ф., Александров А.В., Лашенников Б.Я., Шапошников Н.Н. Строительная механика. Стержневые системы. - Г.: Стройиздат, 1981.
41. Справочник проектировщика промышленных, жилых и общественных сдан и сооружений. Расчетно-теоретический в двух книгах. Под ред. Уманского А.Б..
42. Тахтamyшев А.Г. Примеры расчета стальных конструкций. Г., 1987.
43. Трущев А.Г. Пространственные металлические конструкции. – М.:Стройиздат, 1983.-216 с.
44. Харт Ф., Хенн В. Зонтаг Х. Атлас стальных конструкций. Многоэтажные здания. Пер. с нем. – М.: Стройиздат, 1977.-351с.
45. Хокс В. Автоматизированное проектирование и производство. – М:Мир, 1991. – 296 с.
46. Юсипенко С.В., Л.Г.Батрак, Д.А.Городецкий, А.А.Лазарев, М.В.Лазнюк, А.А. Рассказов. МОНОМАХ 4.2 Примеры расчета и проектирования. Учебное пособие. Киев: «Факт», 2006. - 36 с.