

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

*ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС*

# ***ЛИРА-САПР<sup>®</sup> 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. Медведенко «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

<b>Общая схема функционирования ПК ЛИРА–САПР®</b>	<b>6</b>
<b>Новые возможности ПК ЛИРА–САПР® 2012 и ПК ЛИРА–САПР® 2013</b>	<b>10</b>
<b>Описание ленточного интерфейса ПК ЛИРА–САПР® 2013</b>	<b>17</b>
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
<b>Пример 1. Расчет плоской рамы</b>	<b>57</b>
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
<b>Расчетные сочетания усилий</b>	<b>78</b>
Параметры РСУ	79
Коэффициенты РСУ	80
<b>Пример 2. Расчет плиты</b>	<b>82</b>
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
<b>Пример 3. Расчет рамы промышленного здания</b>	<b>99</b>
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 нагрузений 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
<b>Пример 4. Расчет пространственного каркаса здания с фундаментной плитой на упругом основании</b>	<b>129</b>
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
<b>Пример 5. Расчет металлической башни</b>	<b>166</b>
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
<b>Пример 6. Расчет многоэтажного здания с безригельным каркасом и проектирование монолитной железобетонной плиты при помощи систем САПФИР-КОНСТРУКЦИИ и САПФИР-ЖБК</b>	<b>190</b>
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
<b>Пример 7. Расчет пространственного каркаса здания при различных вариантах конструирования железобетонных конструкций</b>	<b>234</b>
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
<b>Пример 8. Проектирование монолитной железобетонной диафрагмы при помощи системы САПФИР-ЖБК</b>	<b>262</b>
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
<b>Приложение 1 Золотые струны ЛИРЫ-САПР</b>	<b>294</b>
<b>Приложение 2 Учебные программы</b>	<b>321</b>
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.

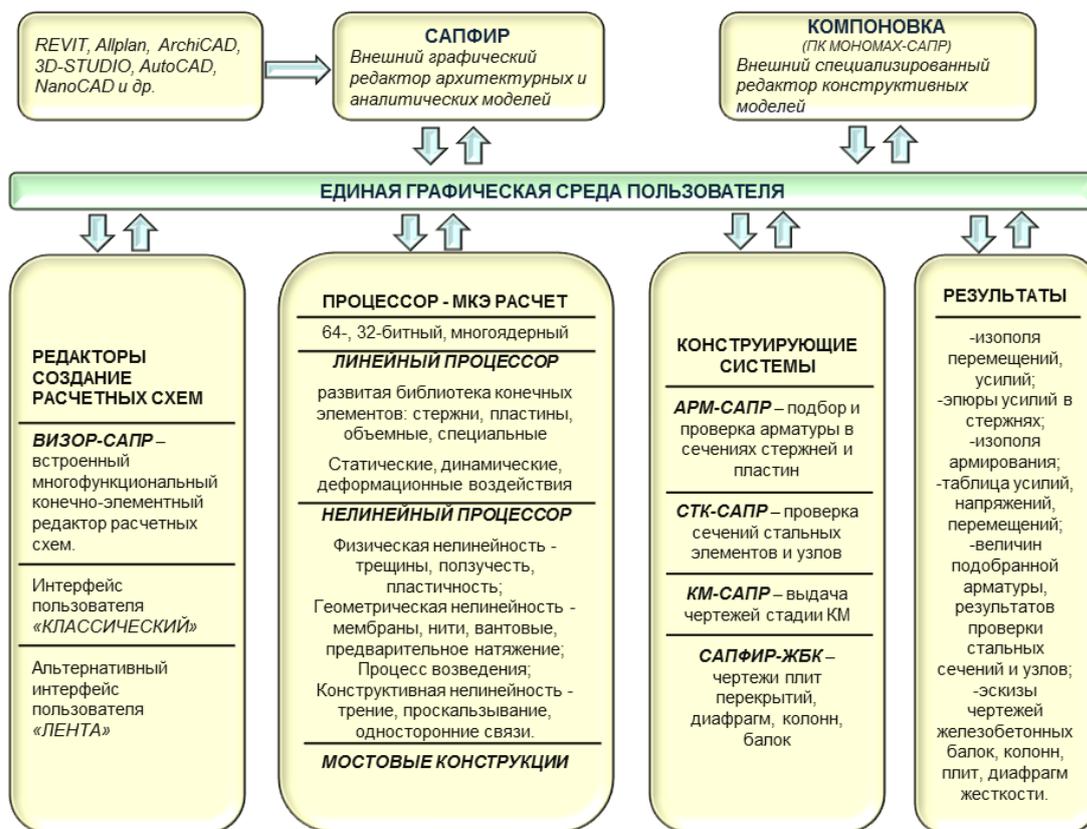
ПК ЛИРА-САПР с успехом применяется в расчетах объектов строительства, машиностроения, мостостроения, атомной энергетики, нефтедобывающей промышленности и во многих других сферах, где актуальны методы строительной механики.

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](http://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 нагружениями 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 **PCY** позволяет произвести выбор наиболее опасных сочетаний усилий по критерию экстремальных напряжений и в соответствии с нормативными требованиями многих стран.

Система **PCN** 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 РСУ и РСН, 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 РСУ и РСН;
- 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 РСН, РСУ, 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 (РСН), 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 САПФИР-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 трапециевидной 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 52-101-2003 – 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 С1, С2 в системе ГРУНТ в ПК ЛИРА-САПР® 2013 за счет использования многопоточности, доступной в современных многоядерных и многопроцессорных компьютерах.

Дополнительного ускорения расчета С1, С2, можно добиться, используя новую возможность объединения близких по величине нагрузок. Такой прием делает расчет С1, С2 еще на порядок быстрее.

Еще больше ускорить расчет можно, уменьшив количество точек, в которых вычисляются коэффициенты С1, С2. Теперь вычисление можно выполнять не только в центре каждого конечного элемента, но и в узлах разряженной прямоугольной сети, шаг которой выбирает пользователь. С1, С2 в конечных элементах в этом случае получается интерполяцией.

Реализована возможность вычисления С1, С2 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, С1, С2 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 уголковых 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.

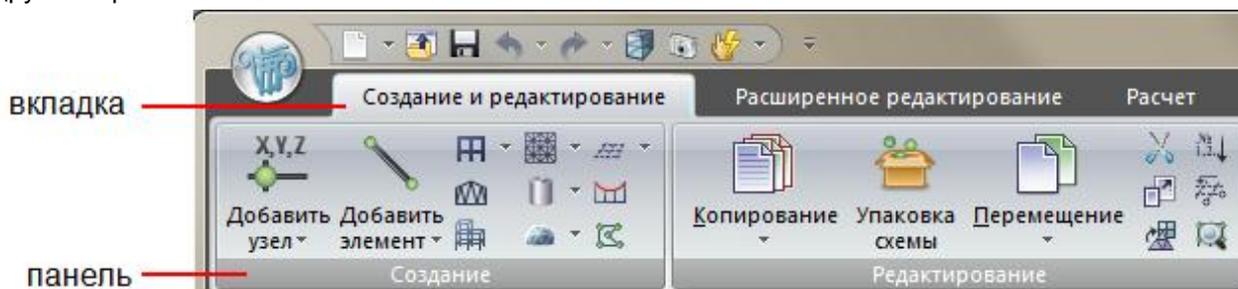


Рис.1. Вкладки и панели ленты

**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.

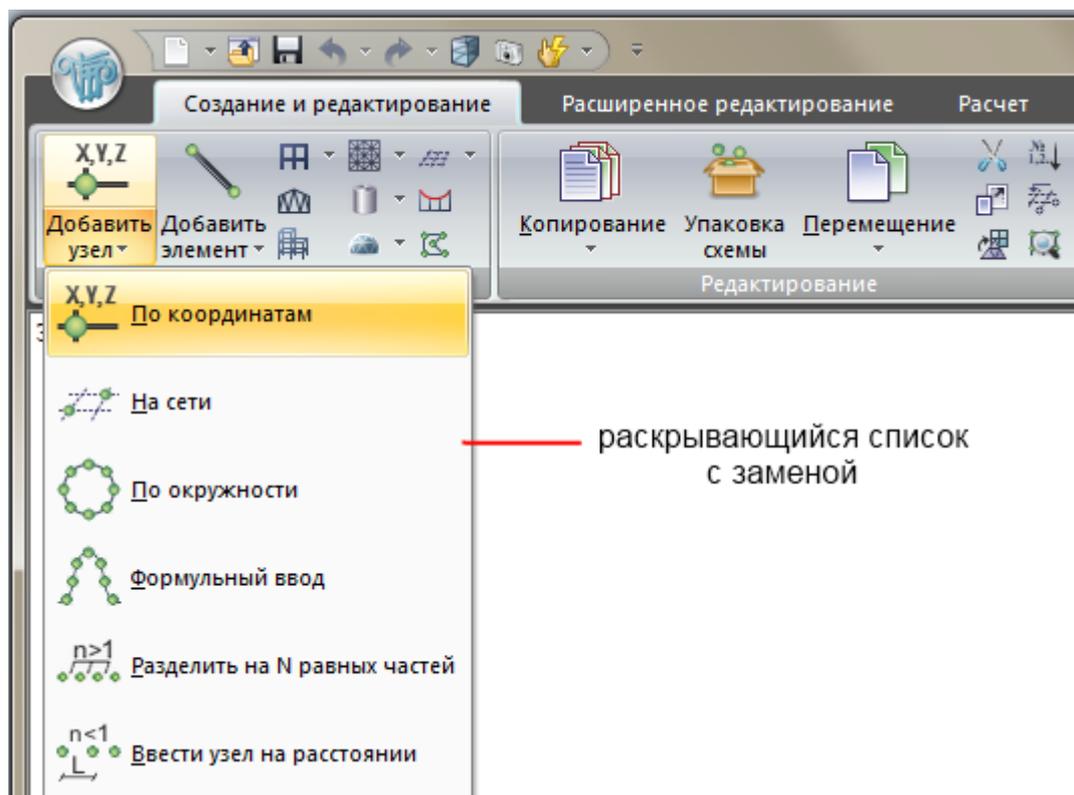


Рис.3. Организация работы кнопок в панелях ленты

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.

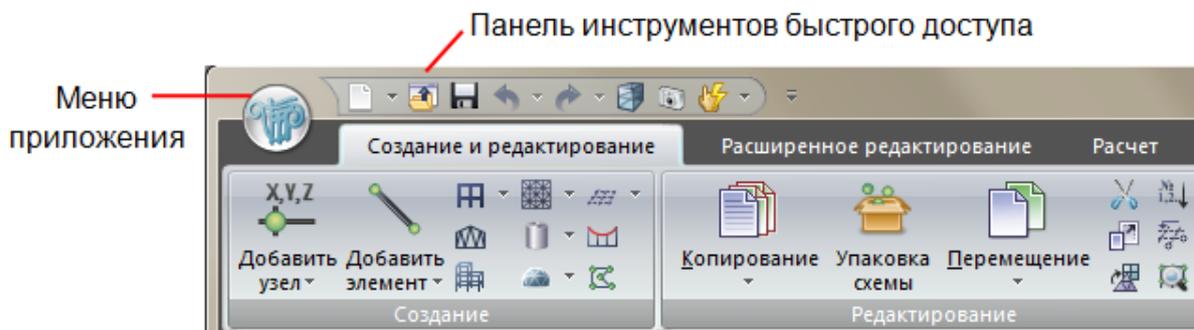


Рис.4. Панель инструментов быстрого доступа

**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.

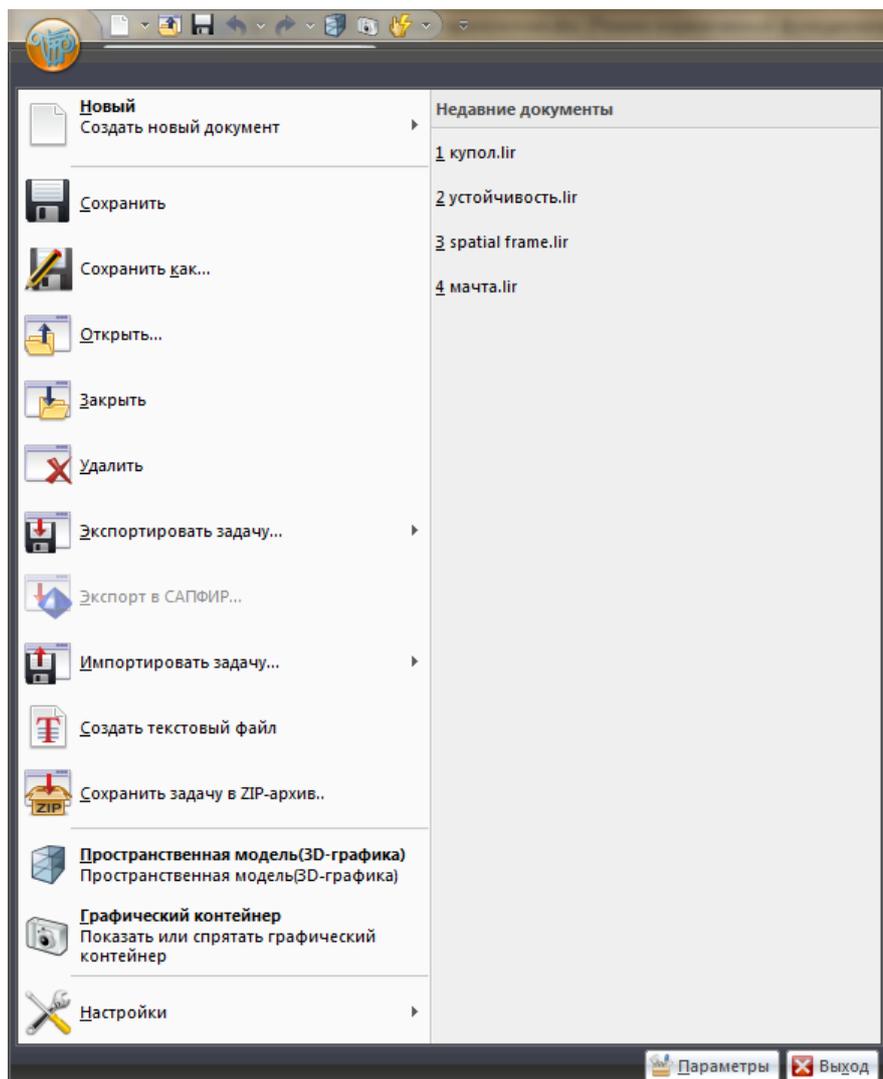


Рис.5. Развернутое Меню приложения

**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.

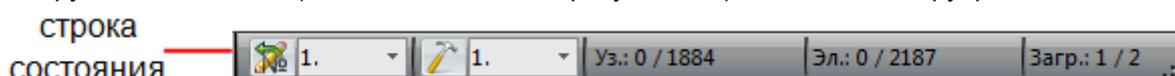


Рис.6. Строка состояния

## Меню Приложения

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

Для управления задачей 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).

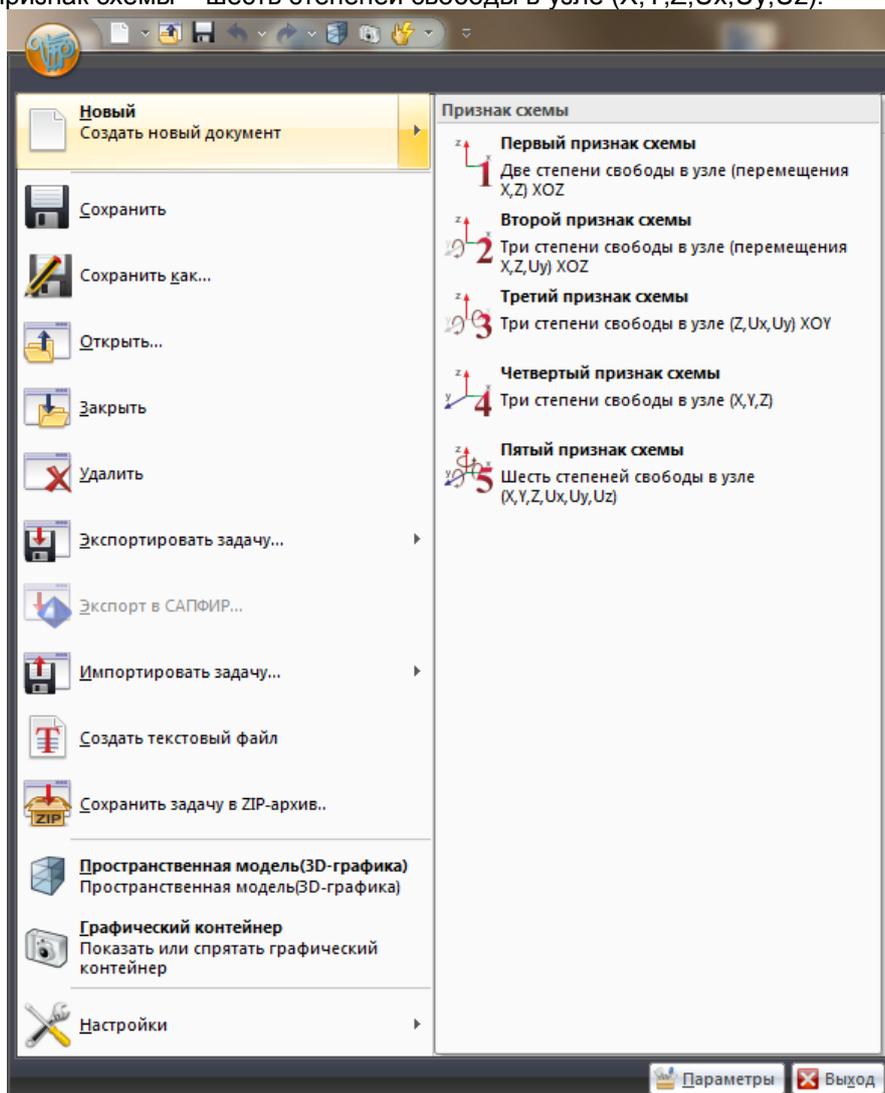


Рис.7. Группа команд **Новый**

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

**Сохранить как** - сохранение текущей задачи под другим именем

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

**Закреть** - 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....

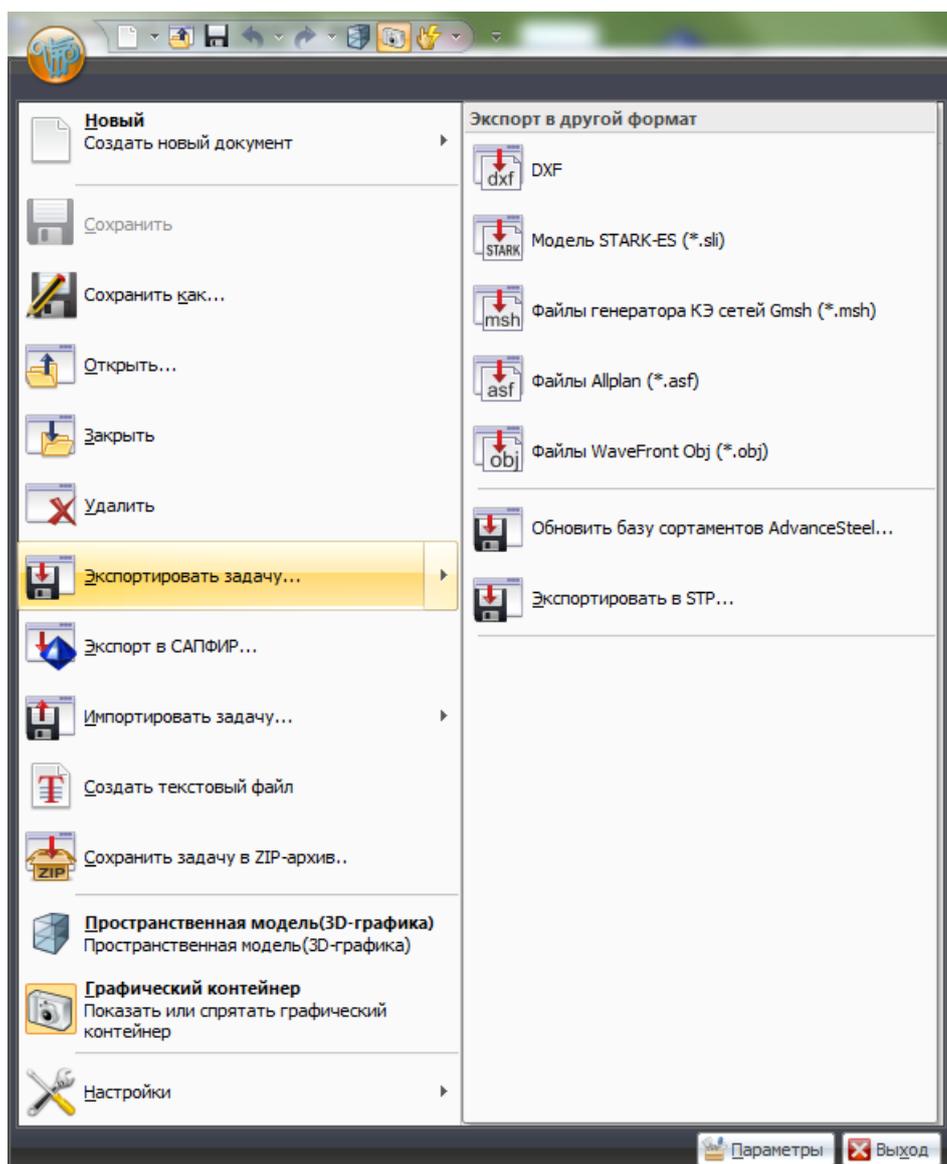


Рис.8. Группа команд Экспортировать задачу

**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.

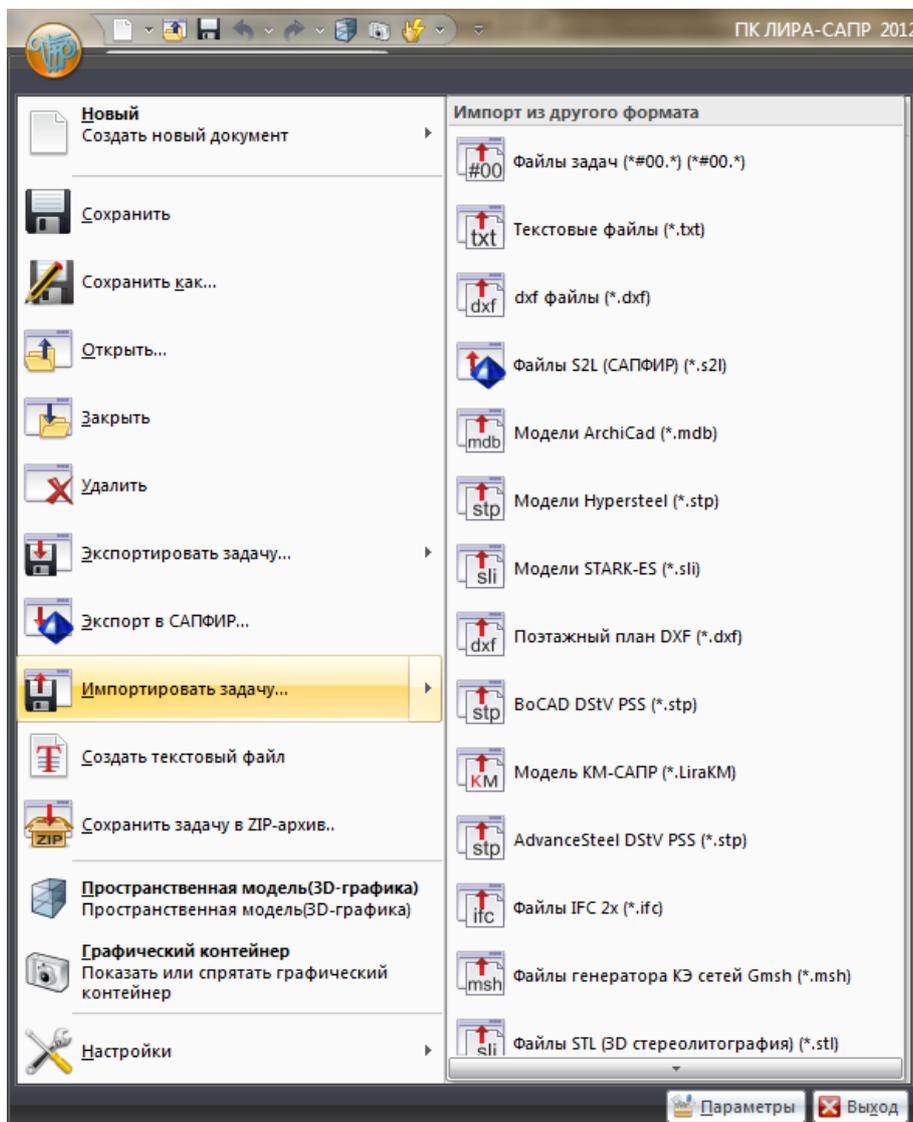


Рис.9. Группа команд **Импортировать задачу**

**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.

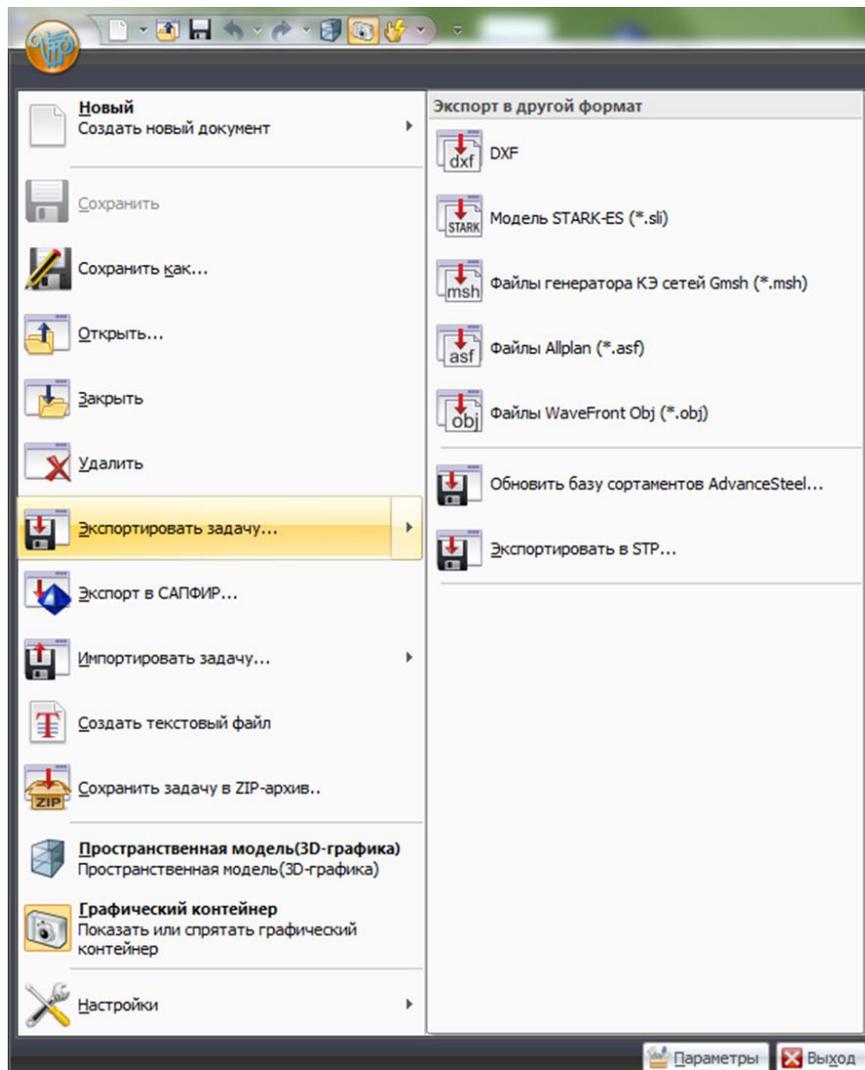


Рис.10. Группа команд **Настройки** ПК ЛИРА-САПР

### Вкладка **Создание и редактирование**

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

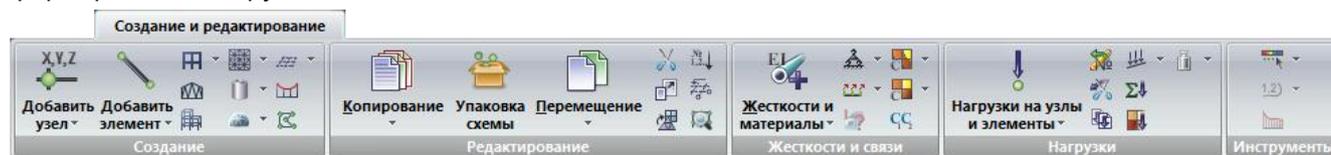


Рис.11. Вкладка **Создание и редактирование**

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;

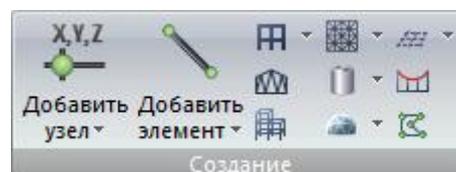


Рис.12. Панель **Создание**

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

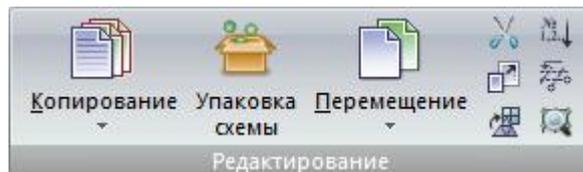


Рис.13. Панель Редактирование

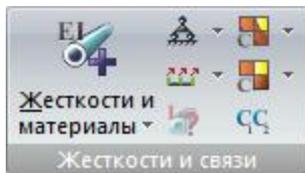


Рис.14. Панель Жесткости и связи

- **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;

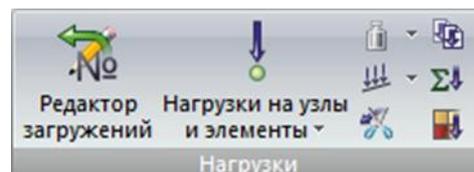


Рис.15. Панель Нагрузки

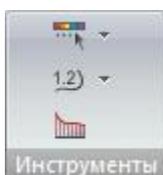


Рис.16. Панель Инструменты

- **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.

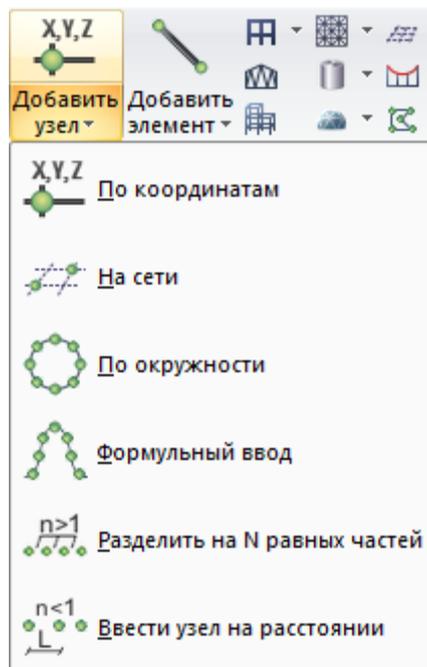


Рис.17. Раскрывающийся список Добавить узел

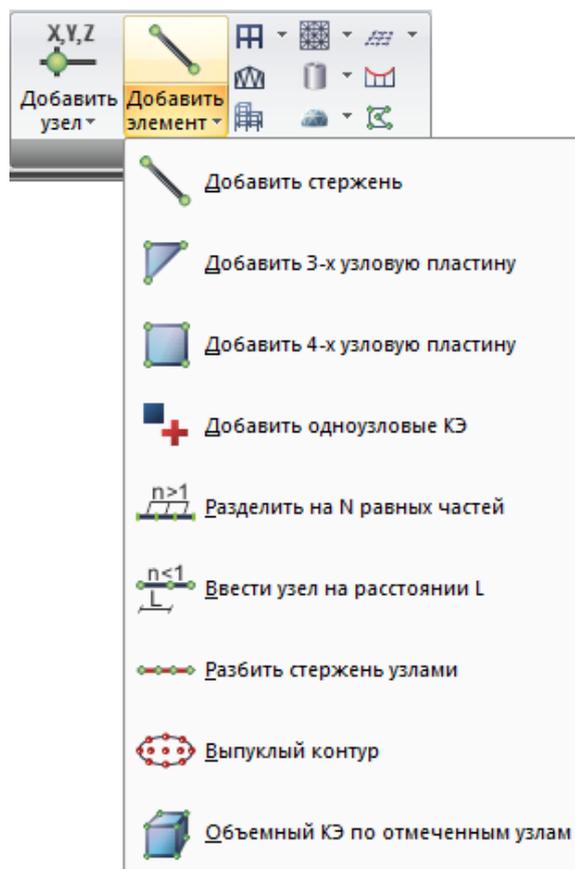


Рис.18. Раскрывающийся список **Добавить элемент**

**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.

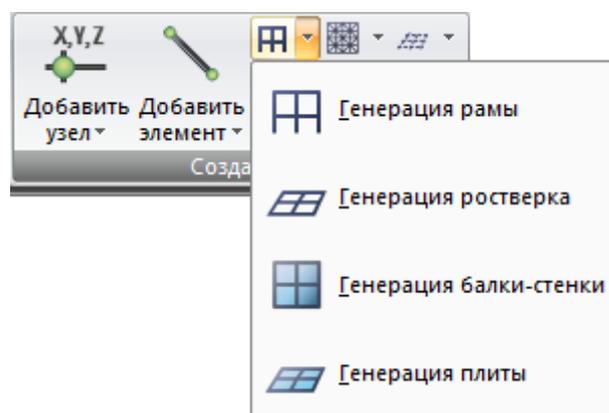


Рис.19. Раскрывающийся список **Генерация регулярных фрагментов и сетей**

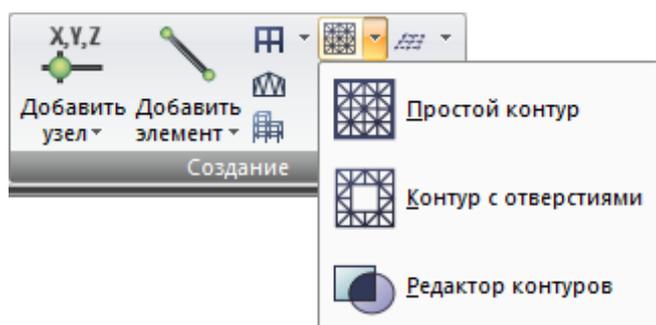


Рис.20. Раскрывающийся список **Создание и триангуляция контуров**

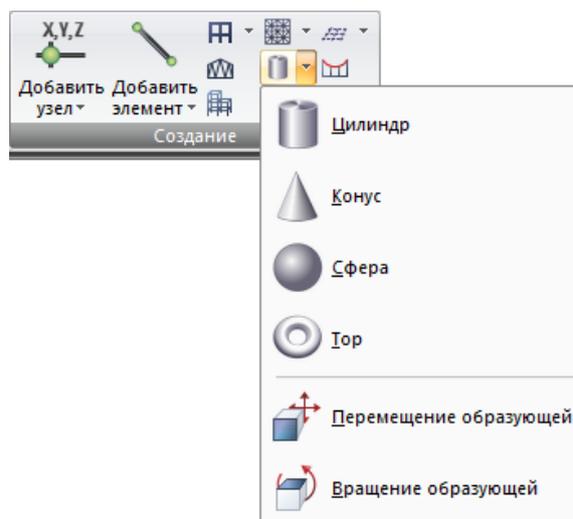
**Генерация пространственных рам** – вызов диалогового окна для создания фрагментов пространственных рам.

**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.

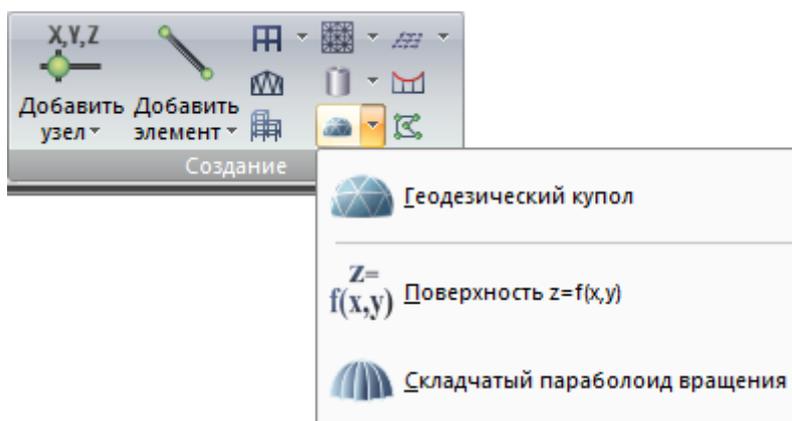
- цилиндр;
- конус;
- сфера;
- тор;
- перемещение образующей;
- вращение образующей.



**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

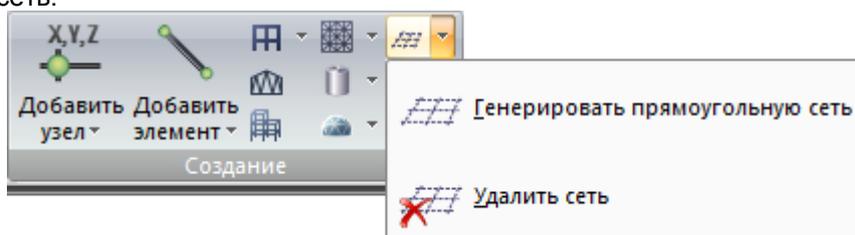
- геодезический купол;
- поверхность  $z = f(x,y)$ ;
- складчатый параболоид вращения.



**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.

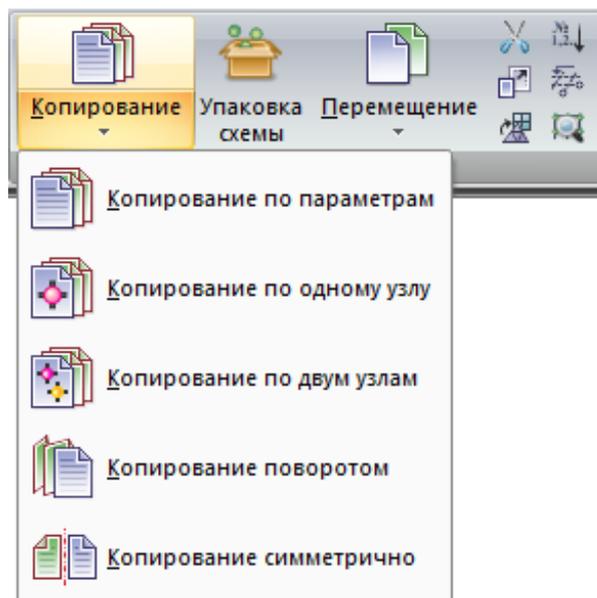
**Добавить элемент, перечислив узлы** – вызов диалогового окна для задания нового элемента при помощи перечисления номеров узлов, уже существующих на схеме.

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.

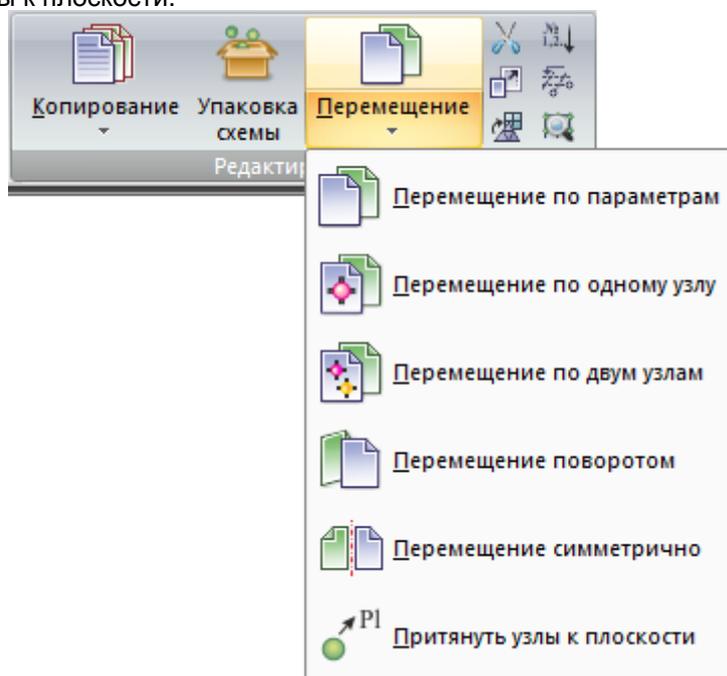
**Упаковка схемы** – вызов диалогового окна для управления параметрами упаковки созданной схемы после выполнения операций Сборка, Копирование и других операций с геометрией.



**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).

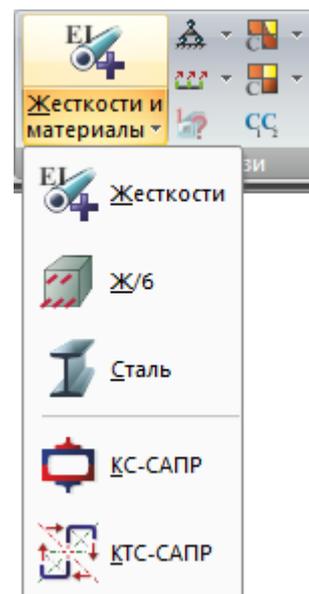


Рис.26. Раскрывающийся список **Жесткости и материалы**

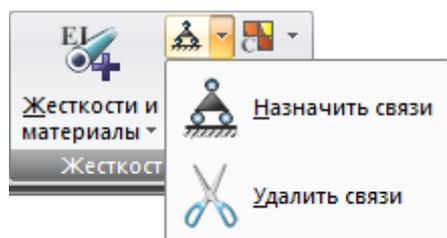


Рис.27. Раскрывающийся список **Связи**

**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.

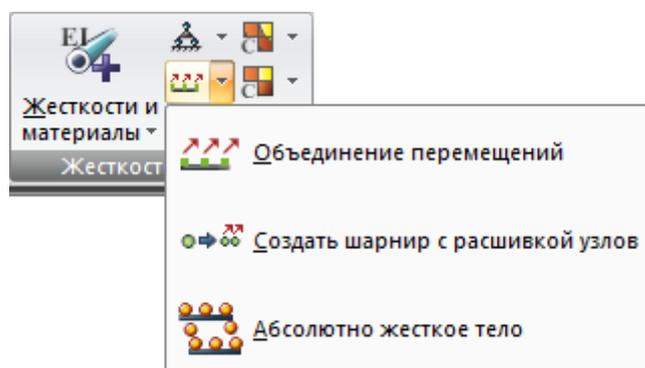
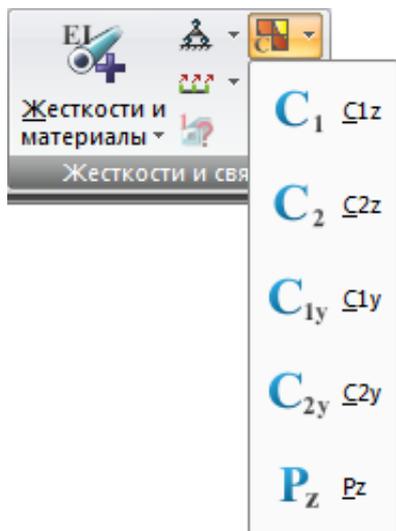
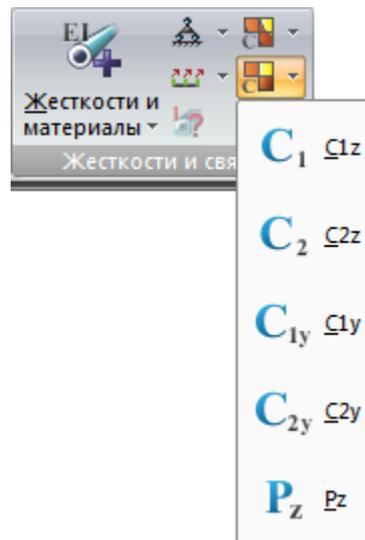


Рис.28. Раскрывающийся список **Объединение перемещений**

**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.

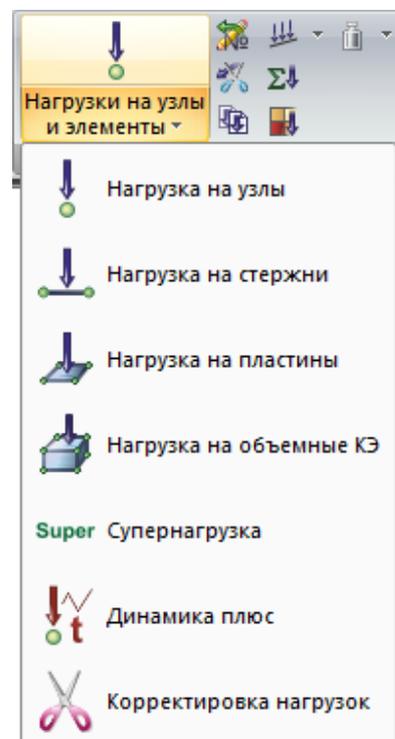
**Коэффициенты постели C1, C2** – вызов диалогового окна для задания коэффициентов постели C1 и C2 на отмеченный элемент или группу элементов.

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

**Редактор загружений** - задание расширенной информации о загружениях, а именно: имени загрузки, которое будет отображаться на экране при работе с этим загружением и вида загрузки 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**

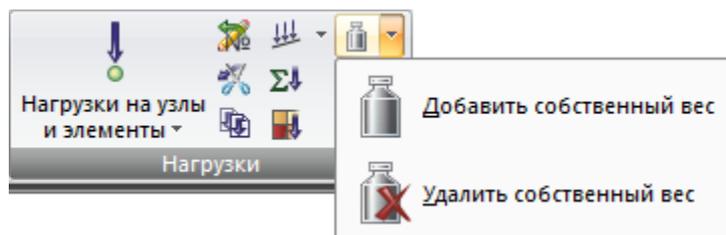


Рис.32. Раскрывающийся список **Собственный вес**

**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.

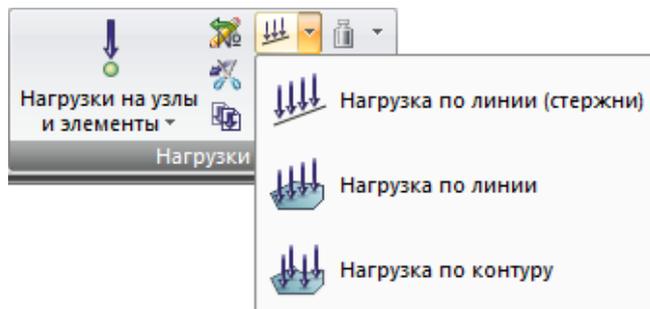


Рис.33. Раскрывающийся список **Нагрузка-штамп**

**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.

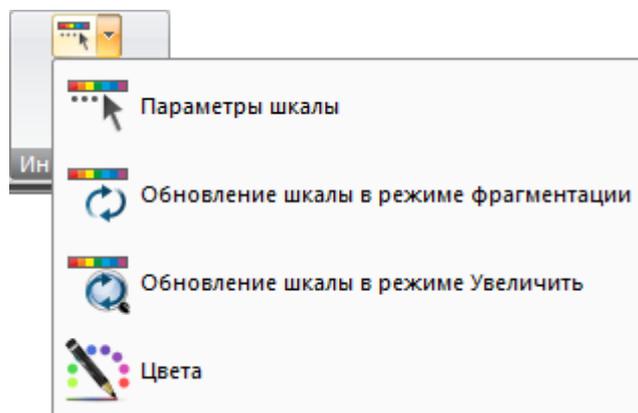


Рис.34. Раскрывающийся список **Шкала**

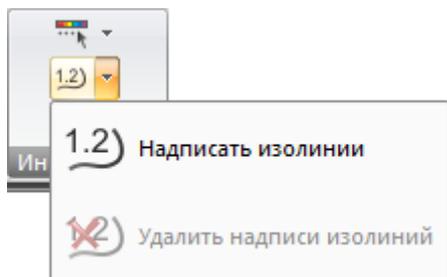


Рис.35. Раскрывающийся список **Изолинии**

**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.

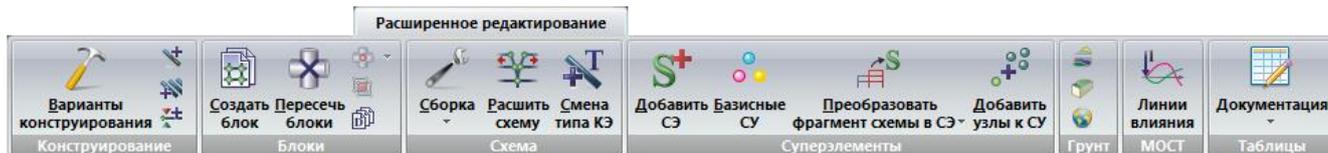


Рис.36. Вкладка **Расширенное редактирование**

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;

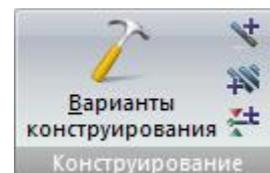


Рис.37. Панель **Конструирование**

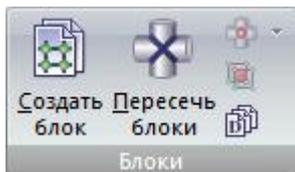


Рис.38. Панель **Блоки**

- **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;

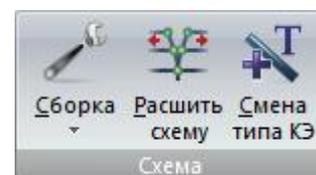


Рис.39. Панель **Схема**

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

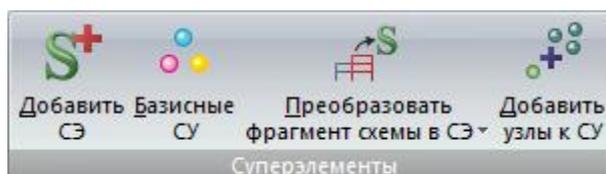


Рис.40. Панель **Суперэлементы**

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



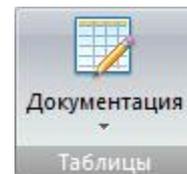
Рис.41. Панель **Грунт**



Рис.42. Панель **МОСТ**

- **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

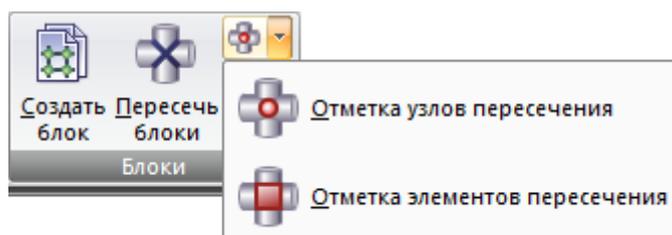
**Раскрепления для прогибов** - вызов диалогового окна для создания или удаления раскреплений для прогибов в произвольных узлах выделенных элементов

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

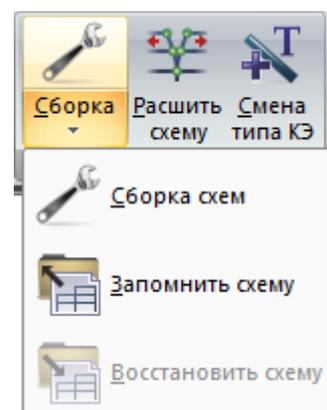
Панель **Схема** (рис.39) содержит следующие команды:

**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.

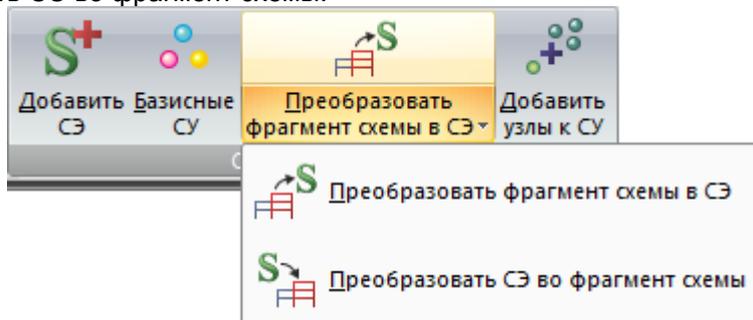


Рис.46. Раскрывающийся список **Преобразование фрагмента схемы**

**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.

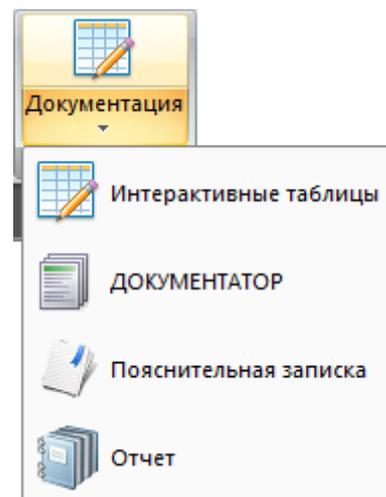


Рис.47. Раскрывающийся список **Документация**

## Вкладка Расчет

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

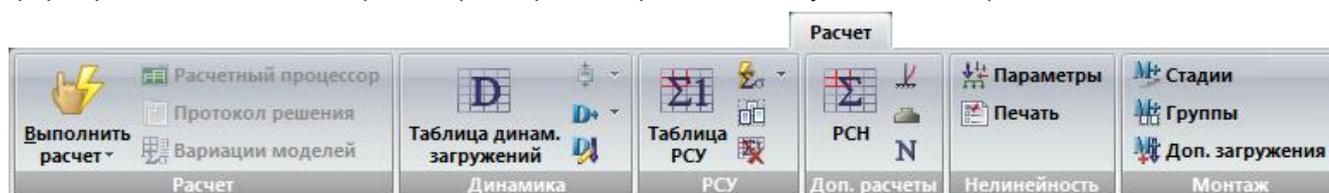


Рис.48. Вкладка **Расчет**

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

- **Расчет** (рис.49) – изменение параметров расчета для текущей задачи, загрузка данных в расчетный процессор и выполнение расчета;
- **Динамика** (рис.50) – операции, позволяющие организовать расчет на динамические воздействия, задание характеристик каждого конкретного динамического воздействия;

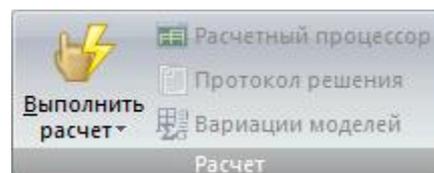


Рис.49. Панель **Расчет**

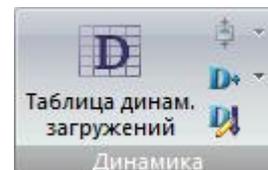
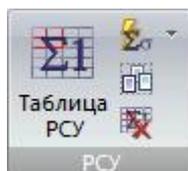


Рис.50. Панель **Динамика**



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

Рис.51. Панель **PCY**

- **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;

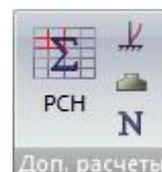


Рис.52. Панель **Доп.расчеты**

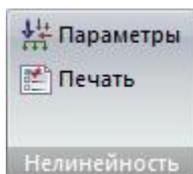


Рис.53. Панель **Нелинейность**

- **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.

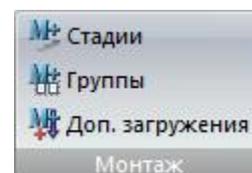


Рис.54. Панель **Монтаж**

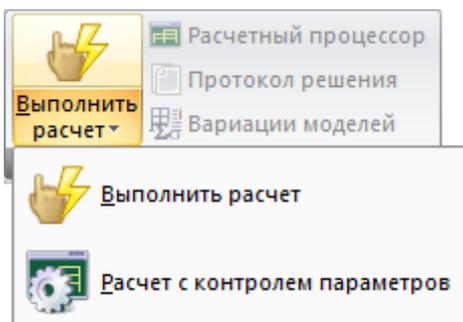


Рис.55. Раскрывающийся список **Выполнить расчет**

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.

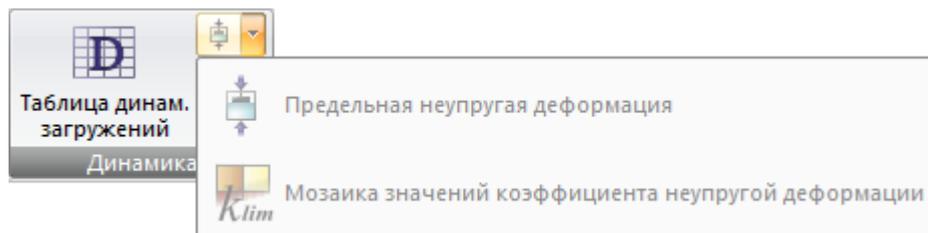


Рис.56. Раскрывающийся список **Предельная неупругая деформация**

**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

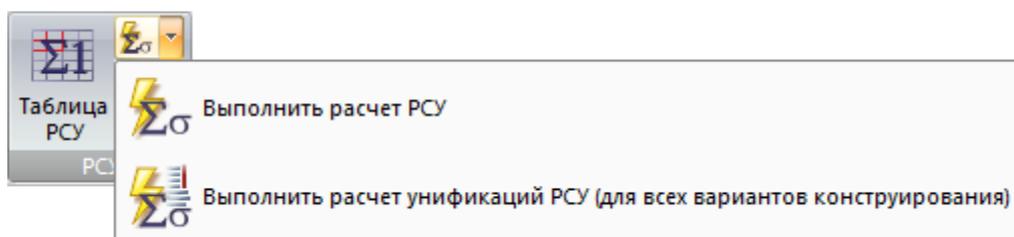


Рис.57. Раскрывающийся список **Выполнить расчет PCY**

**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:

**PCN (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.

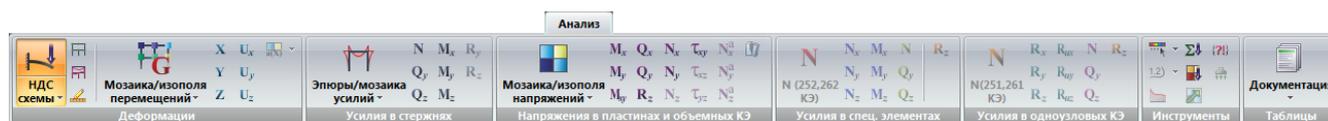


Рис.58. Вкладка Анализ

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

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



Рис.59. Панель Деформации

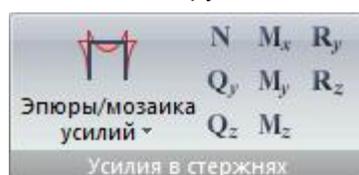


Рис.60. Панель Усилия в стержнях

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

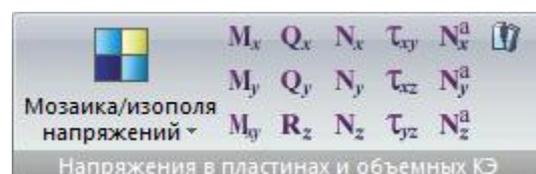


Рис.61. Панель Напряжения в пластинах и объемных КЭ

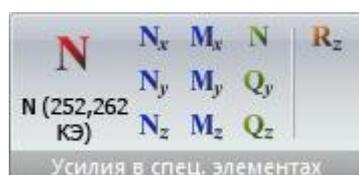


Рис.62. Панель Усилия в спец. элементах

- **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

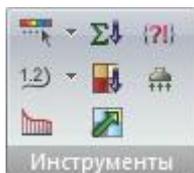


Рис.64. Панель Инструменты

- **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.

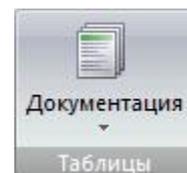


Рис.65. Панель Таблицы

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.

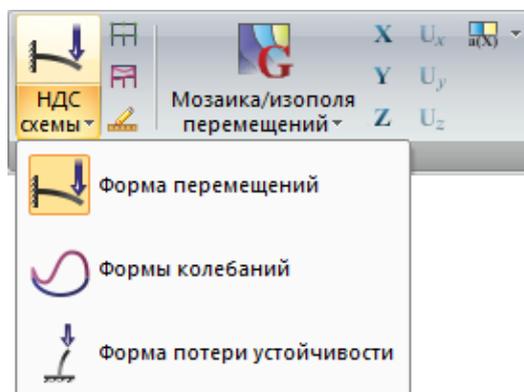


Рис.66. Раскрывающийся список НДС схемы

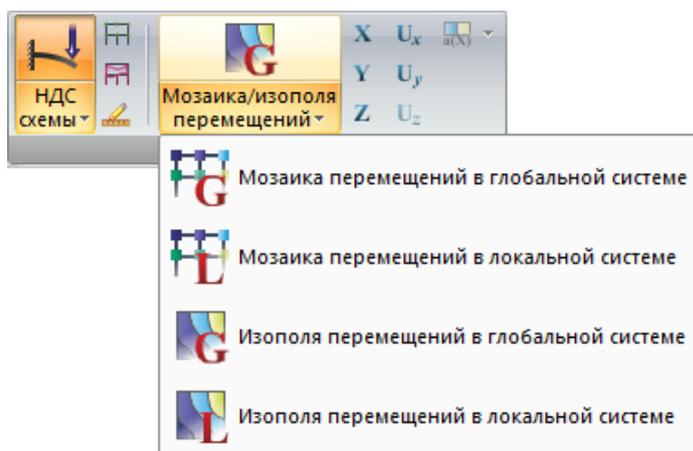


Рис.67. Раскрывающийся список Мозаика/изополя перемещений

- X – мозаика/изополя перемещений по X
- Y – мозаика/изополя перемещений по Y
- Z – мозаика/изополя перемещений по Z
- Ux – мозаика/изополя перемещений по Ux
- Uy – мозаика/изополя перемещений по Uy
- Uz – мозаика/изополя перемещений по Uz

**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  $a$ .

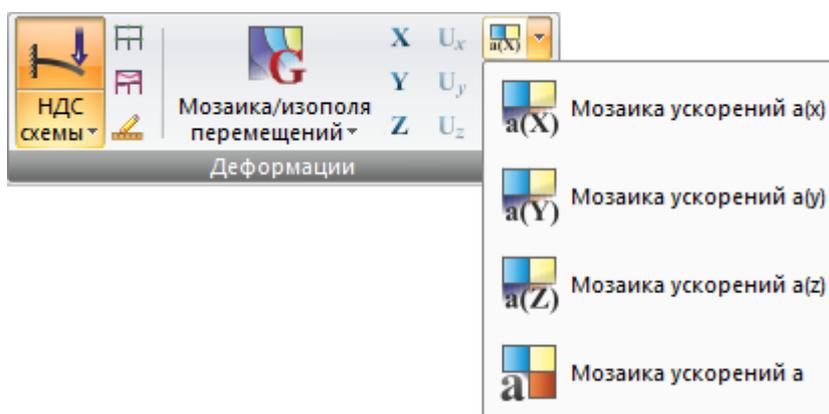


Рис.68. Раскрывающийся список **Мозаика ускорений**

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)
- Qy** – эпюры поперечных сил (Qy)
- Qz** – эпюры поперечных сил (Qz)
- Mx** – эпюры крутящих моментов (Mx)
- My** – эпюры изгибающих моментов (My)
- Mz** – эпюры изгибающих моментов (Mz)
- Ry** – эпюра отпора грунта (Ry)
- Rz** – эпюра отпора грунта (Rz)

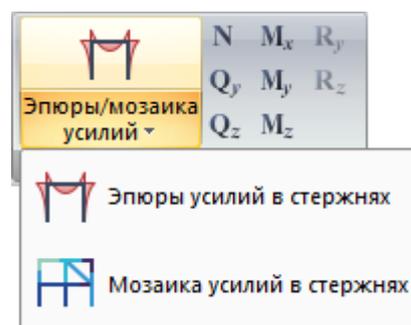


Рис.69. Раскрывающийся список **Эпюры/мозаика усилий в стержнях**

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

**Нах** – напряжение в арматуре вдоль оси X1

**Нау** – напряжение в арматуре вдоль оси Y1

**Наz** – 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

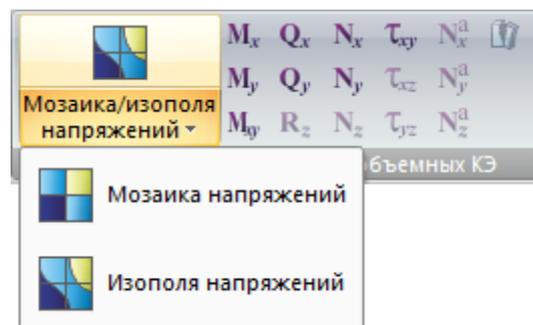


Рис.70. Раскрывающийся список **Мозаика/изополя напряжений**

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.

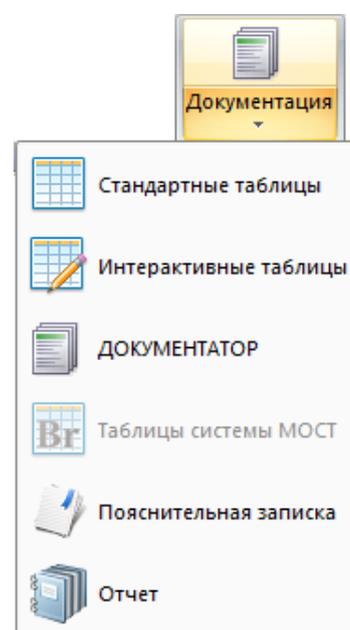
**Связаться с результатами** - восстановление связи графической среды с результатами расчета в случае какого-либо сбоя в программе или в компьютере во время работы.

**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.

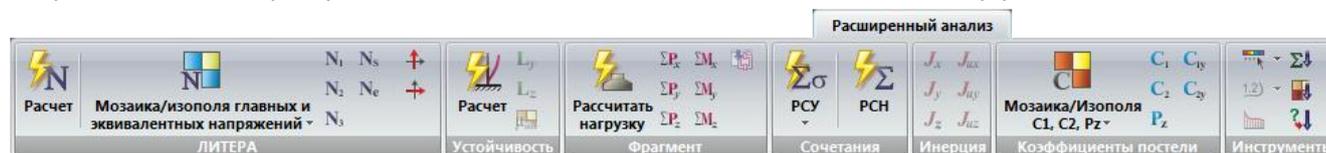
- стандартные таблицы;
- интерактивные таблицы;
- документатор;
- таблицы системы МОСТ;
- пояснительная записка;
- отчет.



**Рис.71.** Раскрывающийся список **Документация**

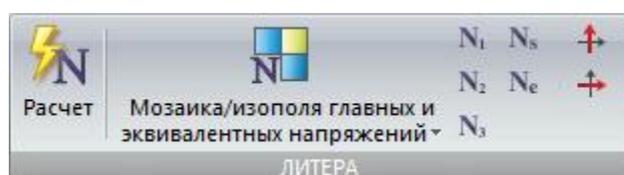
### Вкладка **Расширенный анализ**

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 загрузений, 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

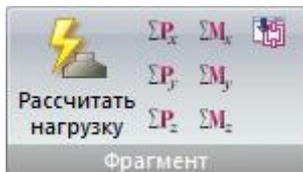


Рис.75. Панель Фрагмент

- **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.

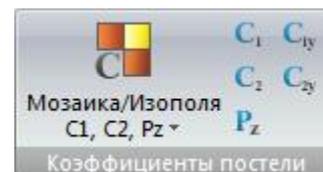


Рис.78. Панель Коэффициенты постели



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.

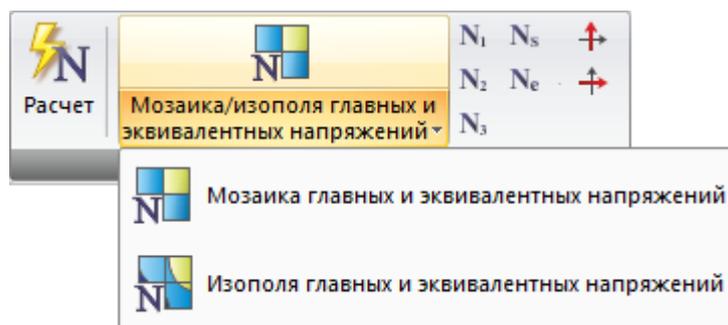


Рис.80. Раскрывающийся список **Мозаика/изополя главных и эквивалентных напряжений**

**N1** – мозаика/изополя N1

**N2** - мозаика/изополя N1

**N3** - мозаика/изополя N1

**Ns** – мозаика/изополя Ns

**Ne** – мозаика/изополя 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).

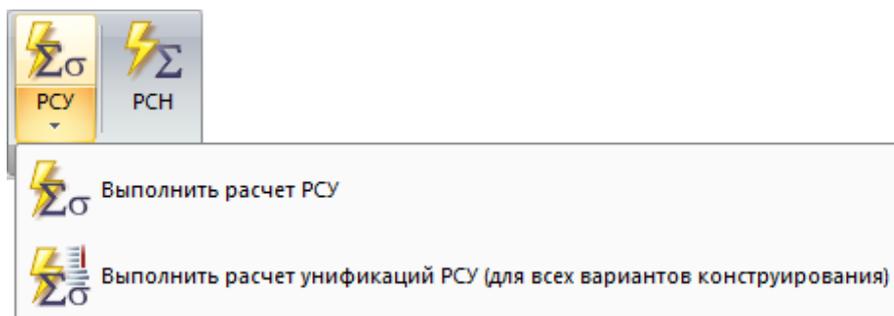


Рис.81. Раскрывающийся список PCU

**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.

## 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 конструирующихся систем, а также запуск локальных режимов.

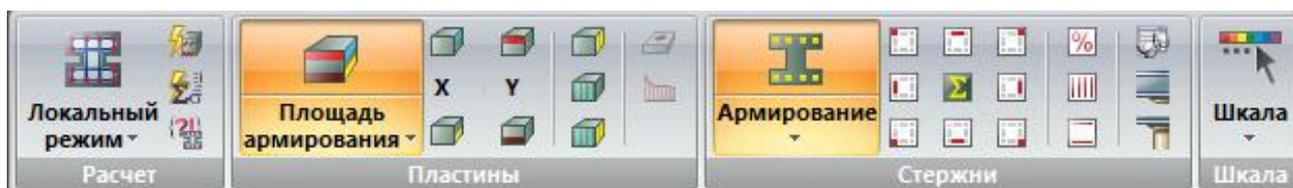


Рис.83а. Вкладка **Конструирование**



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**

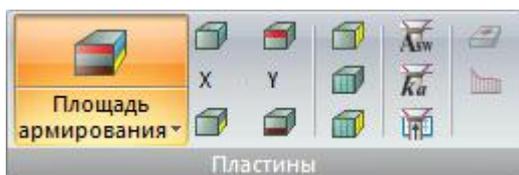


Рис.85. Панель **Пластины**

- **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.

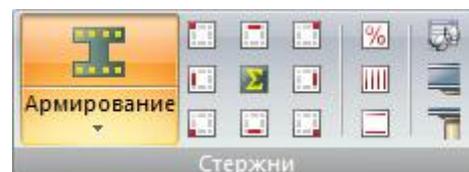


Рис.86. Панель **Стержни**



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.

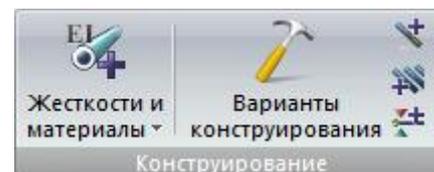


Рис.88. Панель **Конструирование**

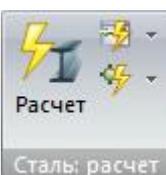


Рис.89. Панель **Сталь: расчет**

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

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

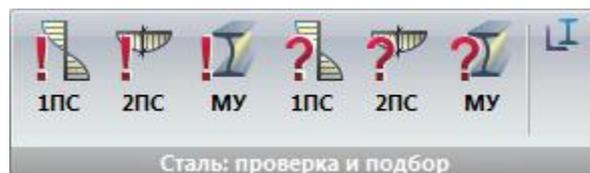


Рис.90. Панель Сталь: проверка и подбор

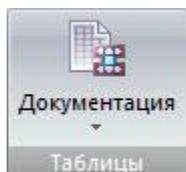


Рис.91. Панель Таблицы

- **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.

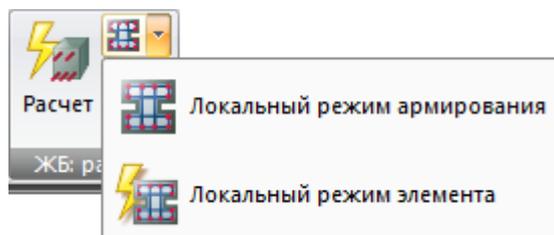


Рис.92. Раскрывающийся список Локальный режим

**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.

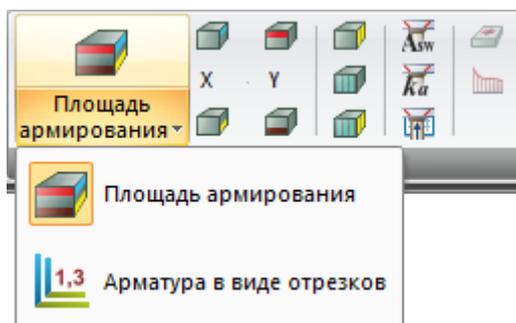


Рис.93. Раскрывающийся список Площадь армирования

**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 1пм 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 1пм вдоль местной оси Y1 (с учетом заданного угла согласования осей)

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

**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.

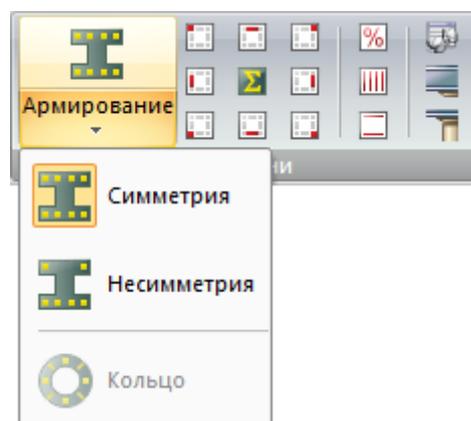


Рис.94. Раскрывающийся список Армирование

**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 (С1, С2, 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.

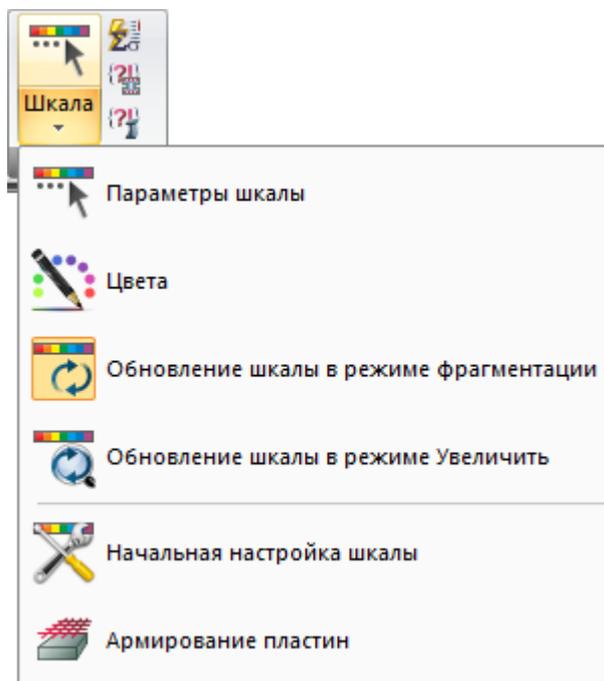


Рис.95. Раскрывающийся список Шкала

**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.

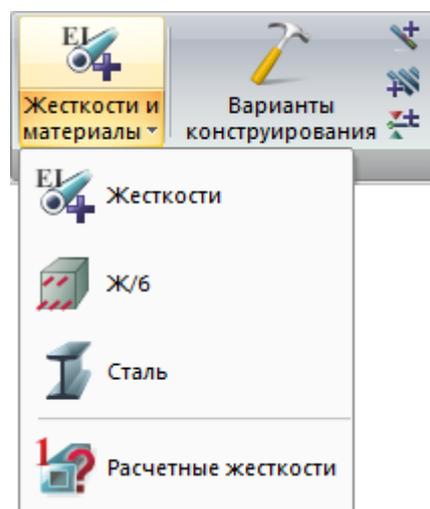
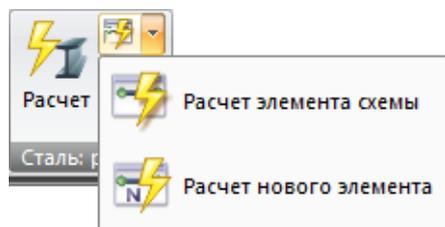


Рис.96. Раскрывающийся список Жесткости и материалы

**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.



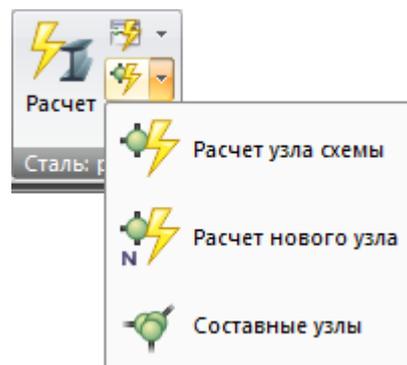
**Расчет элемента схемы** (рис.97) – раскрывающийся список с заменой, который содержит операции по расчету отдельных новых элементов или элементов схемы, т.е. фактически создание отдельной локальной задачи.

- 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.

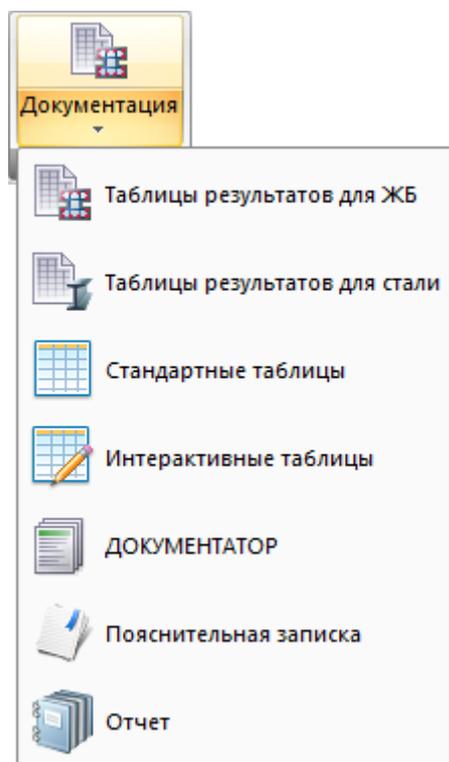
**Подбор, МУ** – раскраска стержней схемы цветами согласно проценту использования подобранных сечений по местной устойчивости их полки и стенки.

**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.

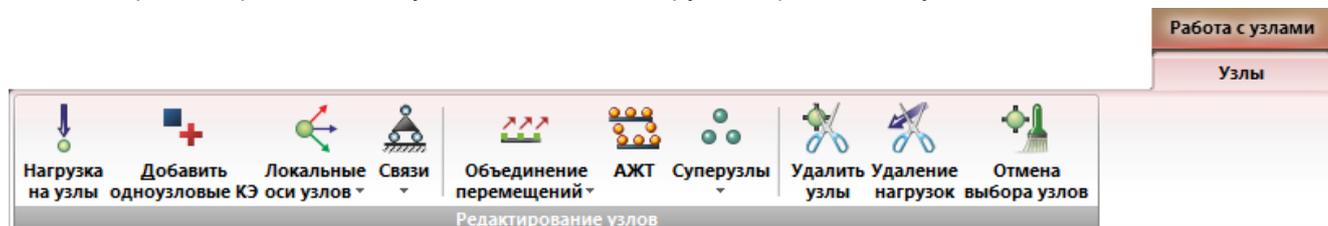


Рис.101. Контекстная вкладка Работа с узлами

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

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

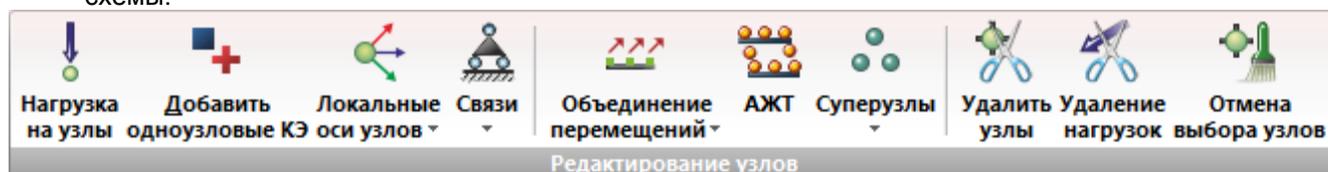
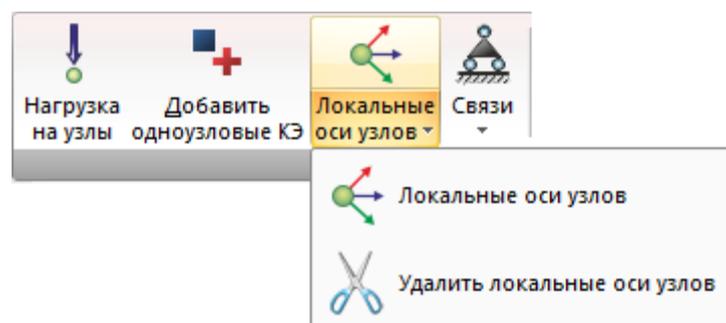


Рис.102. Панель Редактирование узлов

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.



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

- локальные оси узлов;
- удалить локальные оси узлов

Рис.103. Раскрывающийся список 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.

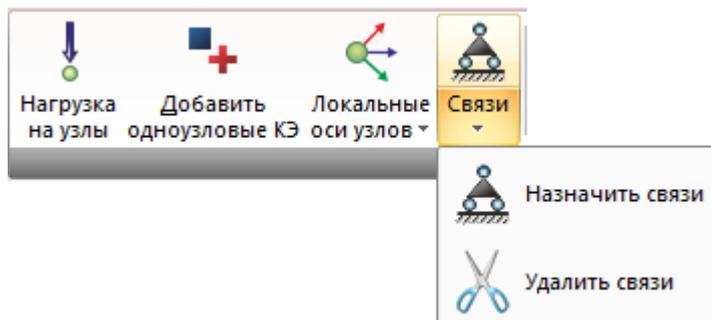
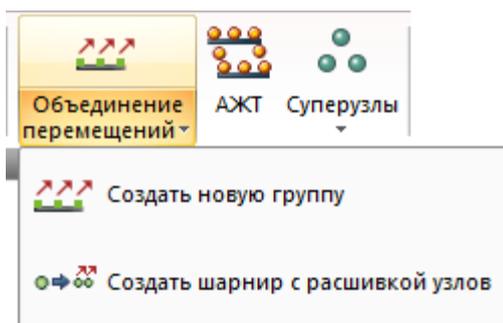


Рис.104. Раскрывающийся список Связи

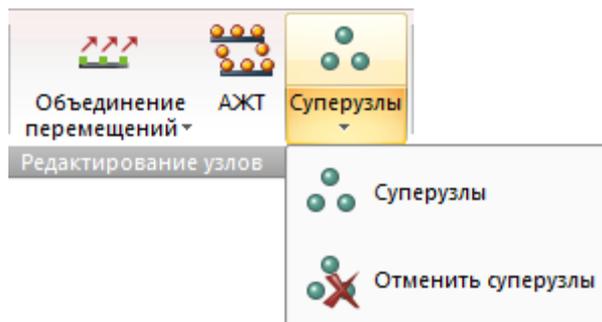


**Рис.105.** Раскрывающийся список **Объединение перемещений**

**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**

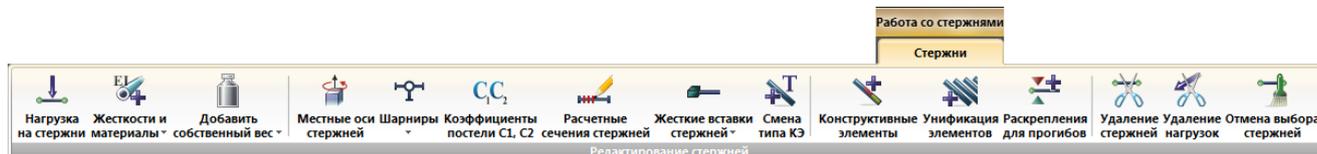
**Удалить узлы** – удаление выделенных узлов из расчетной схемы.

**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**

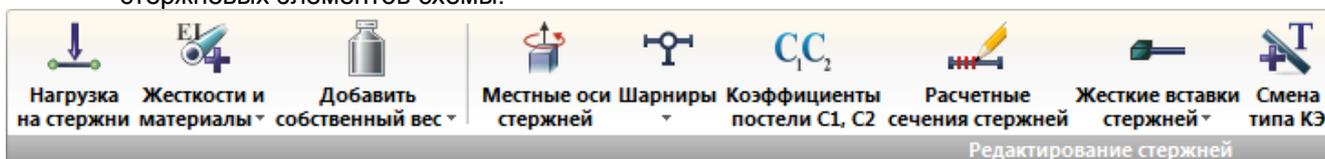
Операции, применимые только к стержням схемы, активируется при отметке стержней.



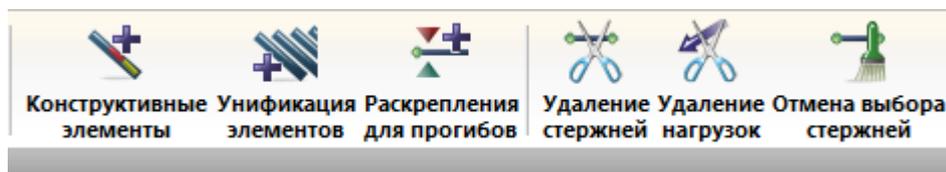
**Рис.107.** Контекстная вкладка **Работа со стержнями**

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.

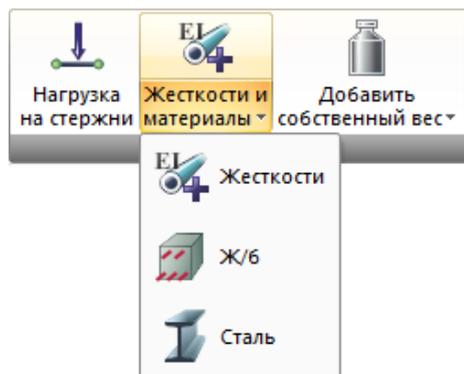


Рис.109. Раскрывающийся список **Жесткости и материалы**

**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.

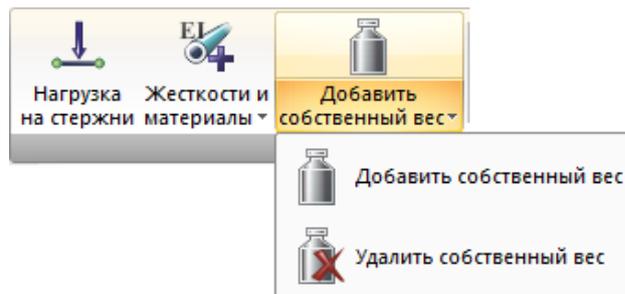


Рис.110. Раскрывающийся список **Добавить собственный вес**

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

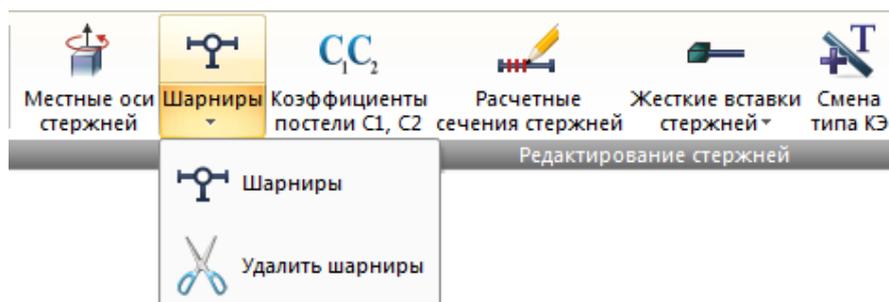


Рис.111. Раскрывающийся список **Шарниры**

**Коэффициенты постели С1, С2** – вызов диалогового окна для задания коэффициентов постели С1 и С2 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.

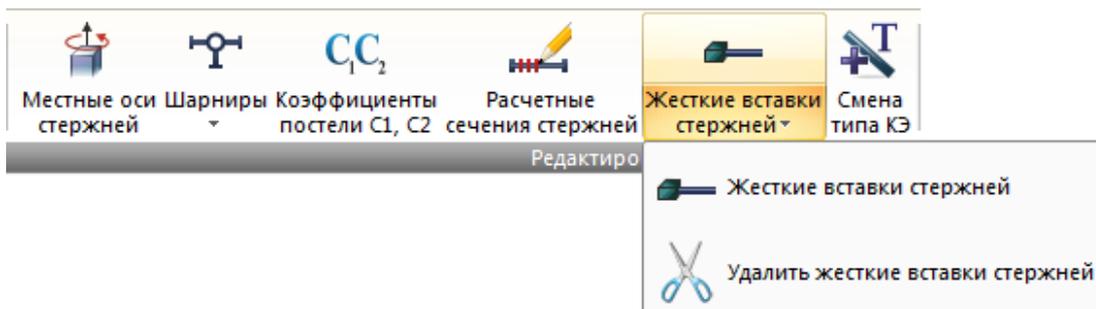


Рис.112. Раскрывающийся список **Жесткие вставки стержней**

**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.

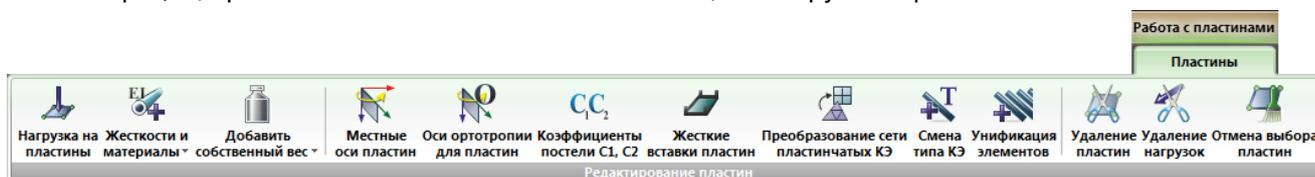


Рис.113. Контекстная вкладка **Работа с пластинами**

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

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

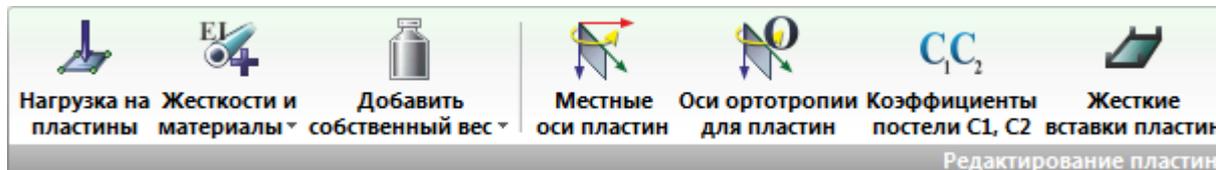


Рис.114 а. Панель **Редактирование пластин**

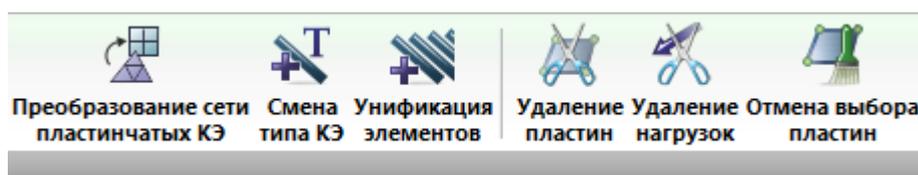


Рис.114 б. Панель **Редактирование пластин (продолжение)**

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

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

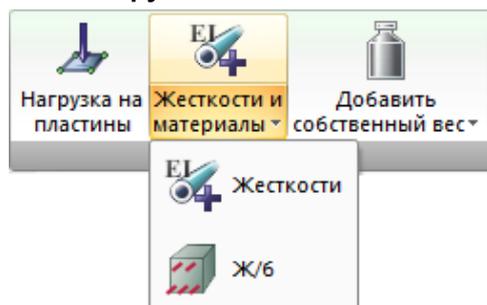


Рис.115. Раскрывающийся список **Жесткости и материалы**

**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.

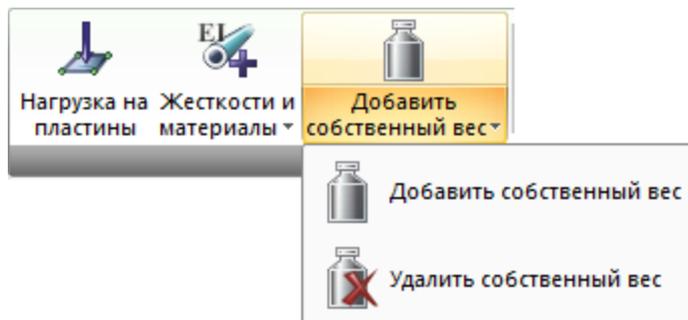


Рис.116. Раскрывающийся список **Добавить собственный вес**

**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 С1, С2** – вызов диалогового окна для задания коэффициентов постели С1 и С2 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.

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



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 №

**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.

**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.

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

**Перерисовать** - перерисовка схемы в случае необходимости.

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



Рис.124. Раскрывающийся список  
Отметка блока



Рис.125. Раскрывающийся список  
Отметка конструктивного элемента



Рис. 126. Раскрывающийся список  
Информация о размерах

## 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  $120^\circ$ , 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 (-).

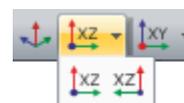


Рис.128. Раскрывающийся список Проекция на плоскость XOZ

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

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

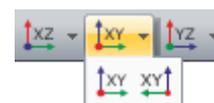


Рис.129. Раскрывающийся список Проекция на плоскость XOY

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

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

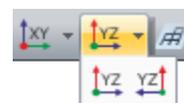


Рис.130. Раскрывающийся список Проекция на плоскость YOZ

**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

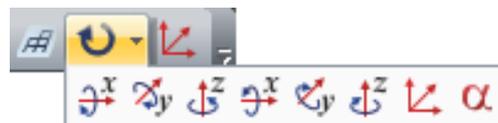


Рис.131. Раскрывающийся список Вращение

**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.

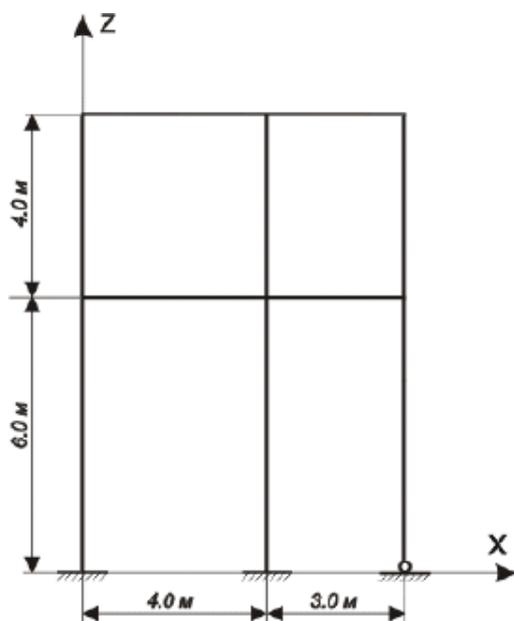


Рис.1.1. Схема рамы

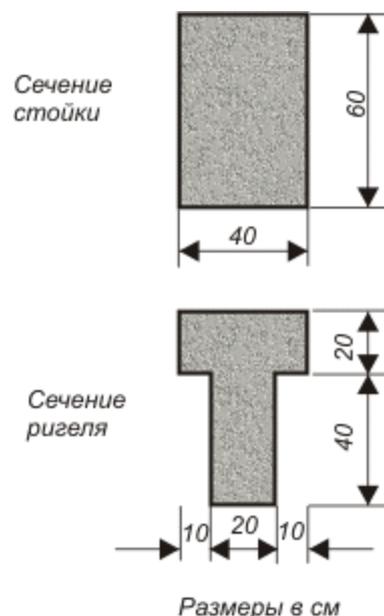


Рис.1.2. Сечения элементов рамы

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

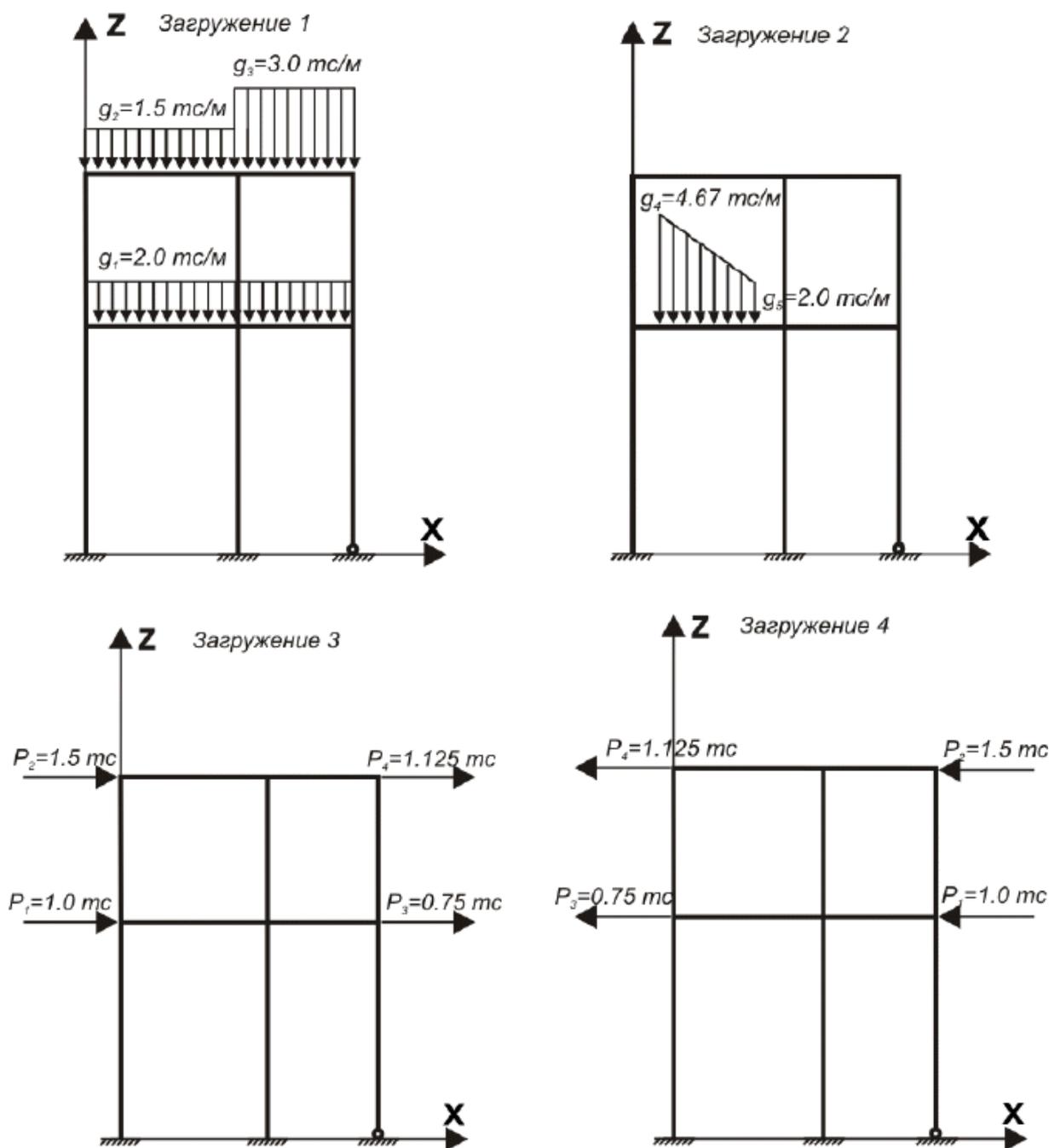


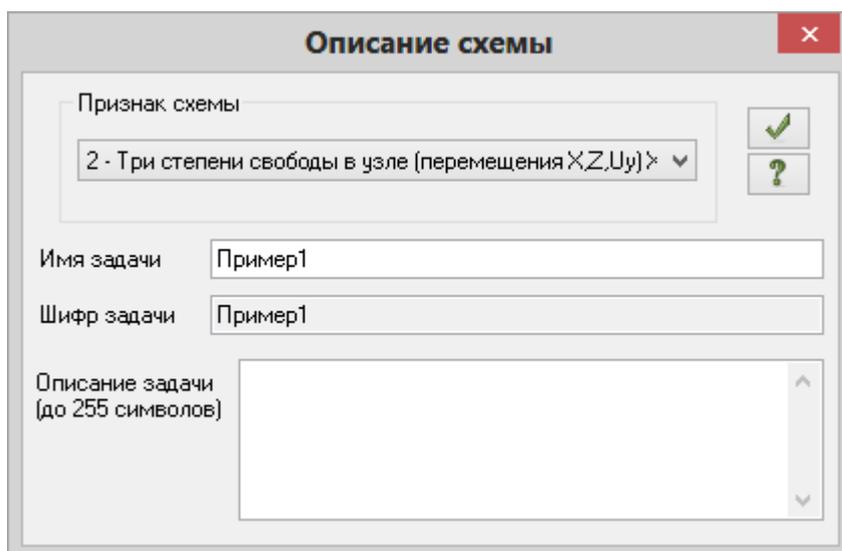
Рис.1.3. Схемы загрузений рамы

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

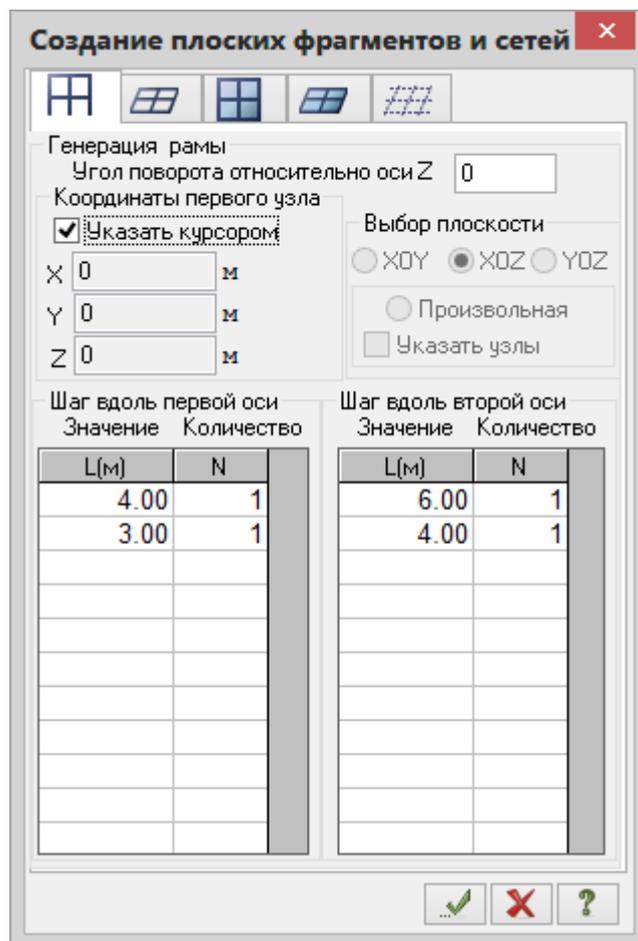


Рис.1.5. Диалоговое окно **Создание плоских фрагментов и сетей**

### 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.

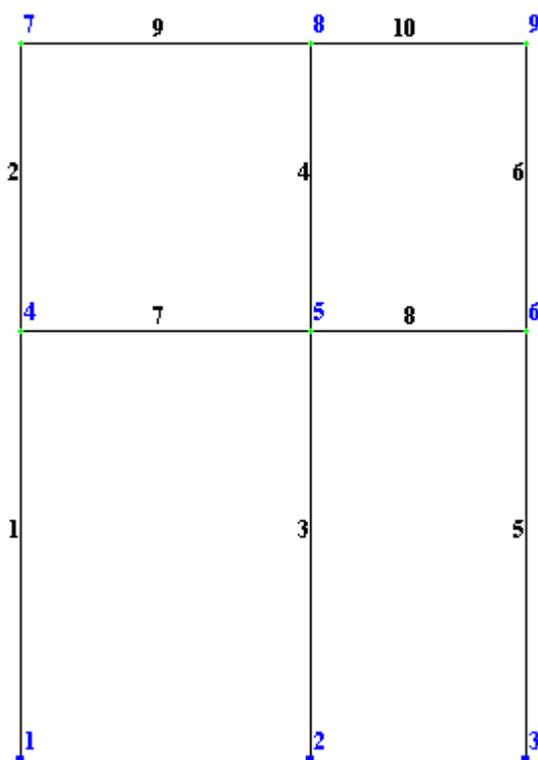


Рис.1.6. Нумерация узлов и элементов расчетной схемы

### 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).

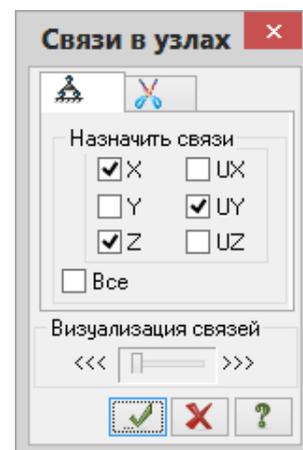


Рис.1.7. Диалоговое окно **Связи в узлах**

### Задание граничных условий в узле № 3

- Выделите узел № 3 с помощью курсора.
- В диалоговом окне **Связи в узлах** отметьте направления, по которым запрещено перемещение узла (**X, Z**). Для этого необходимо снять флажок с направления **UY**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.

- 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 **PCY**;
  - остальные параметры принимаются по умолчанию.
- После этого щелкните по кнопке  – **Применить**.

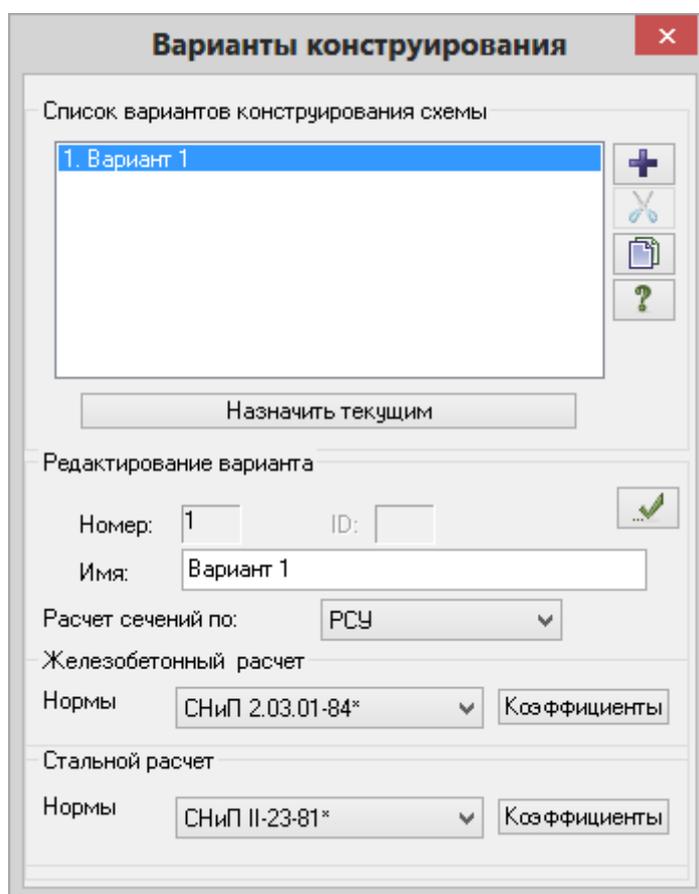


Рис.1.8. Диалоговое окно **Варианты конструирования**

- 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.

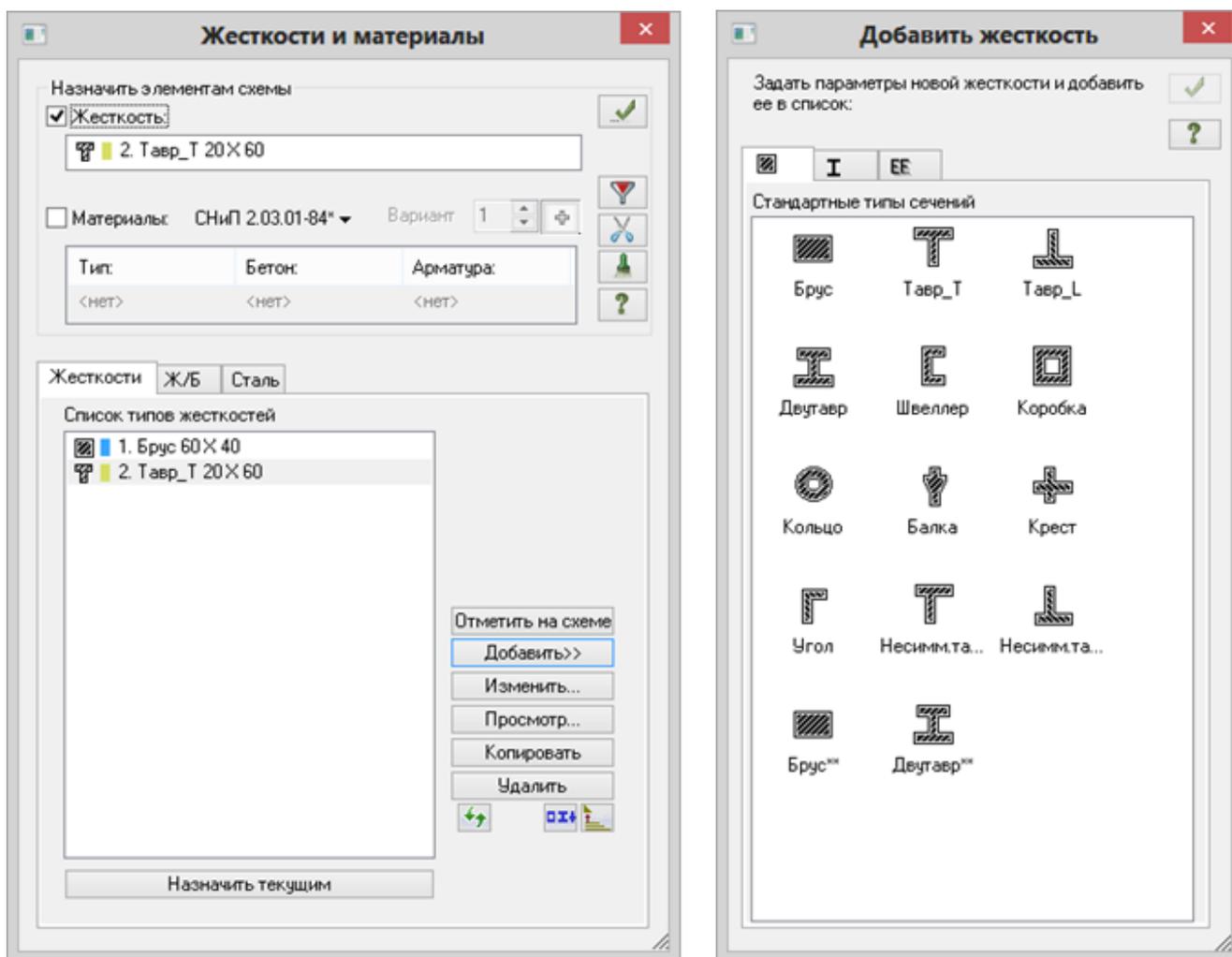
Общая схема задания жесткостных характеристик такова:

- 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**.

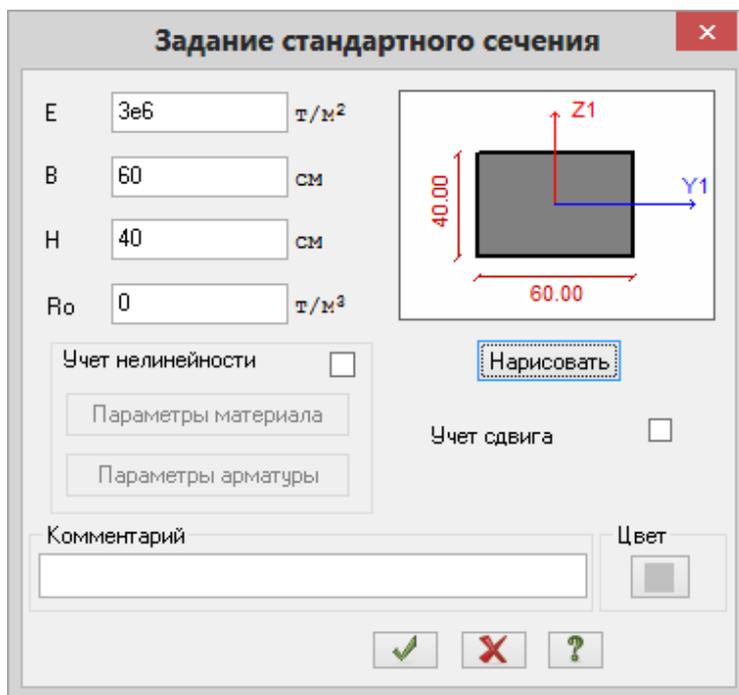


Рис.1.10. Диалоговое окно **Задание стандартного сечения**

- 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

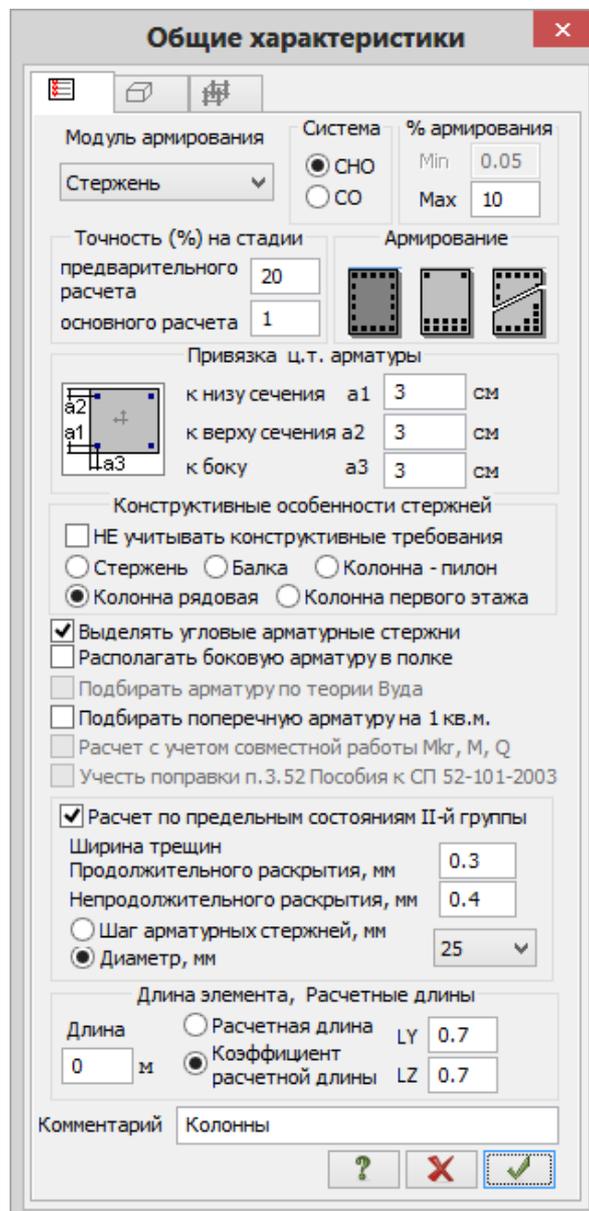


Режим **Железобетонные конструкции** предназначен для подбора арматуры и конструирования железобетонных стержневых и пластинчатых элементов. Проверка и конструирование сечений выполняется в соответствии с требованиями норм СНиП 2.03.01-84, ТСН102-00, ДСТУ 3760-98, СП 63.13330.2012, ДБН В.2.6-98:2009 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 нагрузки. Приложенные нагрузки и воздействия заносятся в поле списка нагрузок – **Текущая нагрузка**.

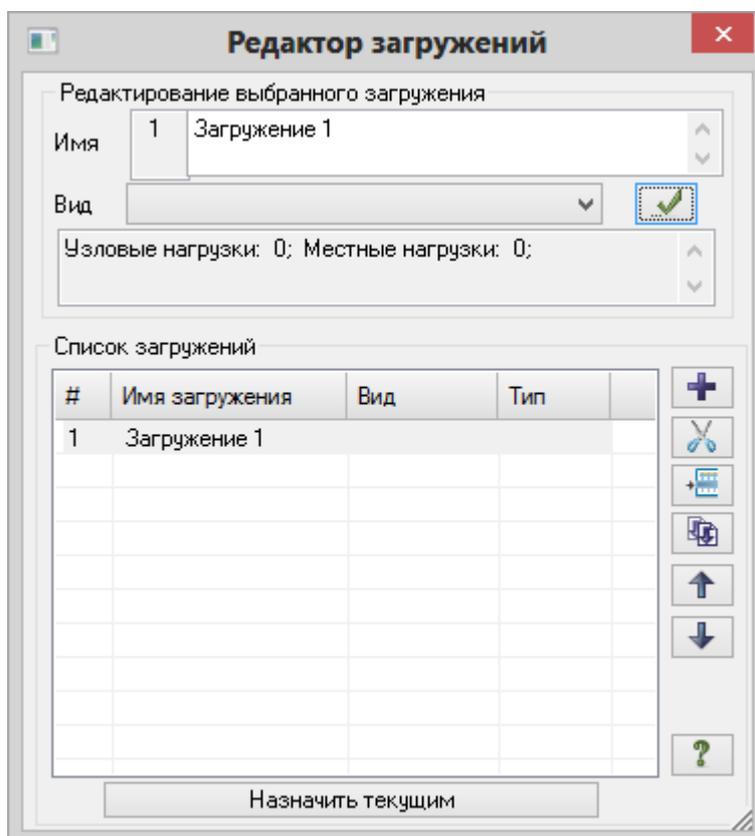


Рис.1.12. Диалоговое окно Редактор загрузок

### Задание расширенной информации о загрузениях

- Вызовите диалоговое окно **Редактор загрузений** (рис.1.12) щелчком по кнопке  – **Редактор загрузений** (панель **Нагрузки** на вкладке **Создание и редактирование**).
- Для Загружения 1 в поле **Редактирование выбранного загрузения** выберите в раскрывающемся списке **Вид** строку **Постоянное** и щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Чтобы добавить второе загрузение, в поле **Список загрузений** щелкните по кнопке  – **Добавить загрузение (в конец)**.
- Для Загружения 2 в поле **Редактирование выбранного загрузения** выберите в раскрывающемся списке **Вид** строку **Временное длит. / Длительное** и щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Чтобы добавить третье загрузение, в поле **Список загрузений** щелкните по кнопке  – **Добавить загрузение (в конец)**.
- Для Загружения 3 в поле **Редактирование выбранного загрузения** выберите в раскрывающемся списке **Вид** строку **Мгновенное** и щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Чтобы добавить четвертое загрузение, в поле **Список загрузений** щелкните по кнопке  – **Добавить загрузение (в конец)**.
- Для Загружения 4 в поле **Редактирование выбранного загрузения** выберите в раскрывающемся списке **Вид** строку **Мгновенное** и щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Чтобы перейти к формированию первого загрузения, в поле **Список загрузений** выделите первую строку **1. Загрузение 1** и щелкните по кнопке **Назначить текущим** (можно назначить текущее загрузение двойным щелчком по строке списка).



*Задание расширенной информации о загрузениях можно также после формирования загрузений. В этом случае нужно задать только вид загрузения.*

### Формирование загрузения № 1

- Щелкните по кнопке  – **Отметка горизонтальных стержней** на панели инструментов **Панель выбора**.
- Выделите горизонтальные элементы № 7 и 8.
- Вызовите диалоговое окно **Задание нагрузок** на закладке **Нагрузки на стержни** (рис.1.13) выбрав команду  – **Нагрузка на стержни** в раскрывающемся списке **Нагрузки на узлы и элементы** (панель **Нагрузки** на вкладке **Создание и редактирование**).
- В этом окне по умолчанию указана система координат **Глобальная**, направление – вдоль оси **Z**.



Рис.1.13. Диалоговое окно Задание нагрузок

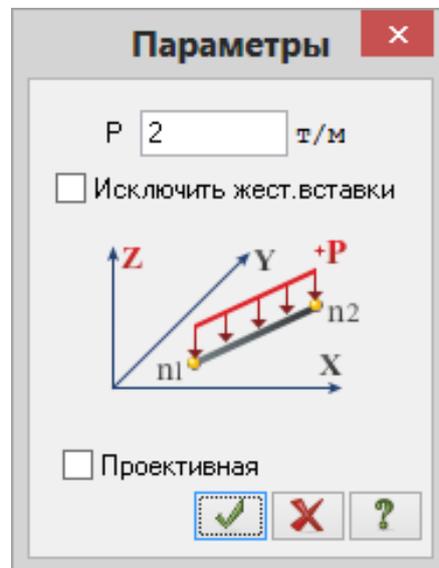


Рис.1.14. Диалоговое окно Параметры

- 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 загрузения № 2

- Смените номер текущего загрузения щелчком по кнопке – **Следующее загрузение** в строке состояния (находится в нижней области рабочего окна) или с помощью диалогового окна **Редактор загрузений**.
- Выделите элемент № 7.
- В диалоговом окне **Задание нагрузок** щелчком по кнопке трапециевидной 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**.

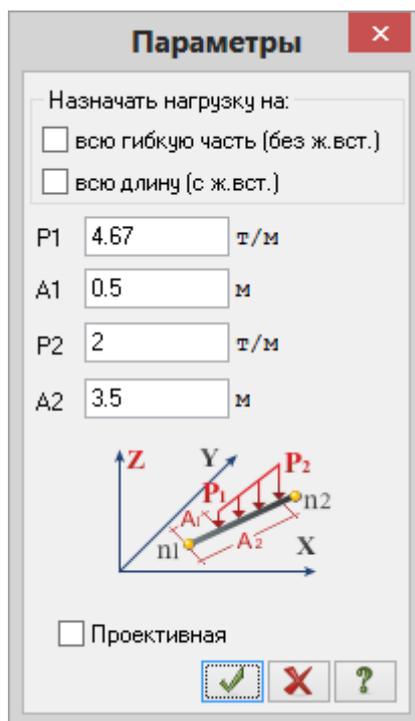


Рис.1.15. Диалоговое окно **Параметры** (трапециевидная нагрузка)

#### Формирование загрузки № 3

- Смените номер текущего нагружения щелчком по кнопке  – **Следующее нагружение** в строке состояния (находится в нижней области рабочего окна) или с помощью диалогового окна **Редактор нагружений**.
- 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 нагружения на **4**.
- Выделите узел № 4.
- В диалоговом окне **Задание нагрузок** щелчком по кнопке сосредоточенной силы вызовите диалоговое окно **Параметры нагрузки**.
- В этом окне введите значение **P** = 0.75 т.

- Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.
- Аналогично предыдущим операциям задайте нагрузки:
  - в узле № 6 – **P1** = 1 т;
  - в узле № 9 – **P2** = 1.5 т;
  - в узле № 7 – **P4** = 1.125 т.
- Щелкните по кнопке  – **Отметка узлов** в раскрывающемся списке **Отметка узлов** на панели инструментов **Панель выбора**, чтобы снять активность с операции выделения узлов.

### Этап 7. Генерация таблицы РСУ



В соответствии со строительными нормами расчет армирования, подбор и проверка металлических сечений производится по наиболее опасным сочетаниям усилий. Поэтому для дальнейшей работы в режиме **Железобетонные 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**.

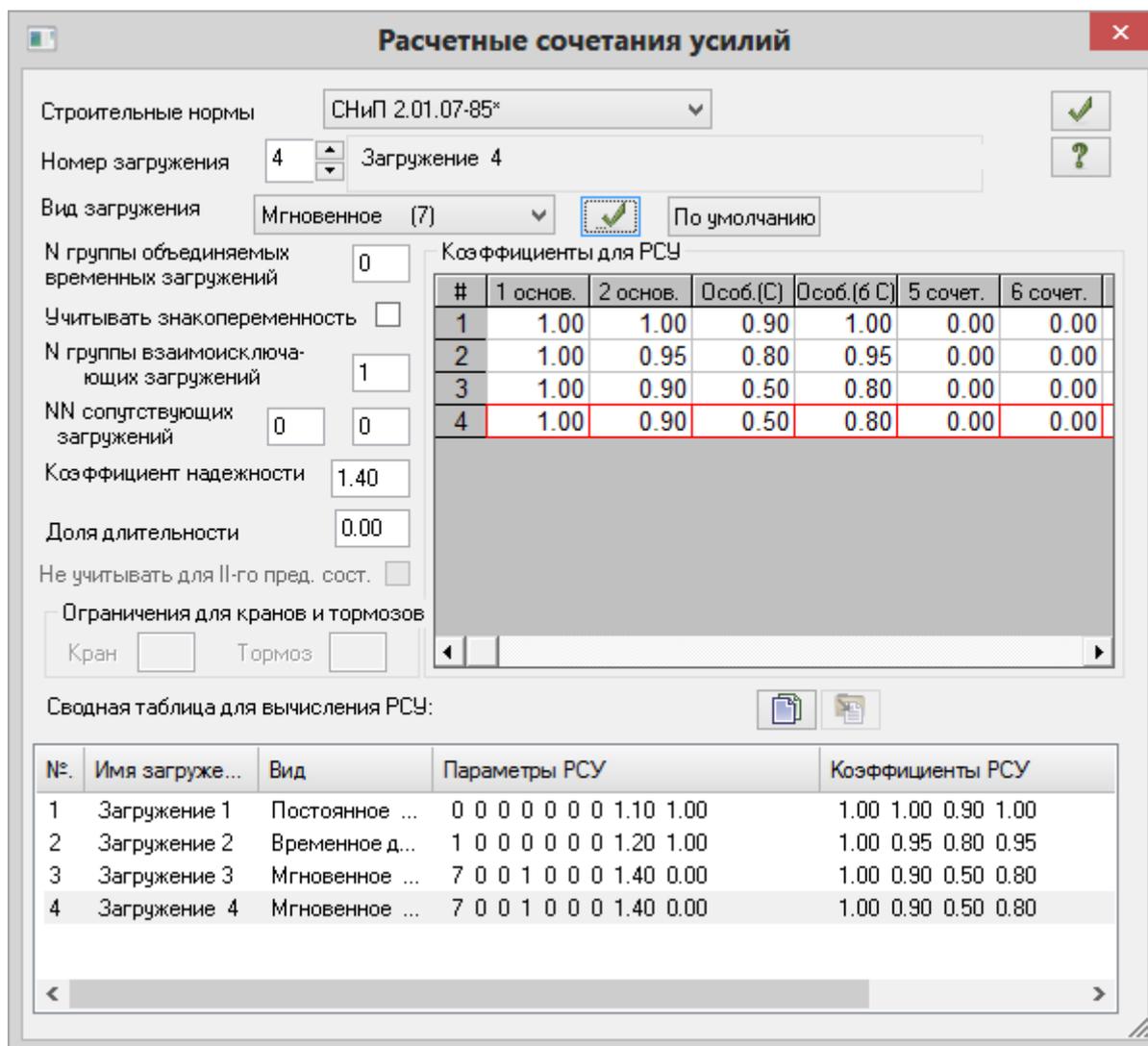


Рис.1.16. Диалоговое окно Расчетные сочетания усилий

### 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).

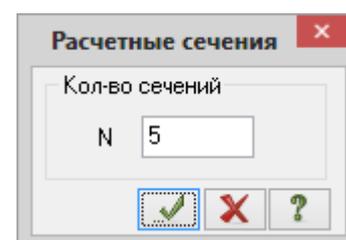


Рис.1.17. Диалоговое окно Расчетные сечения

## 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).

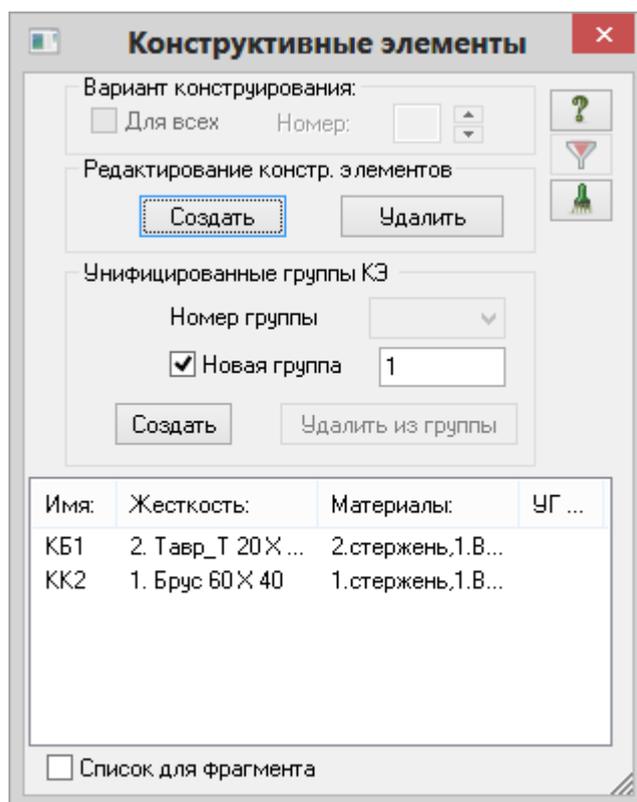


Рис.1.18. Диалоговое окно **Конструктивные элементы**

### 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**).

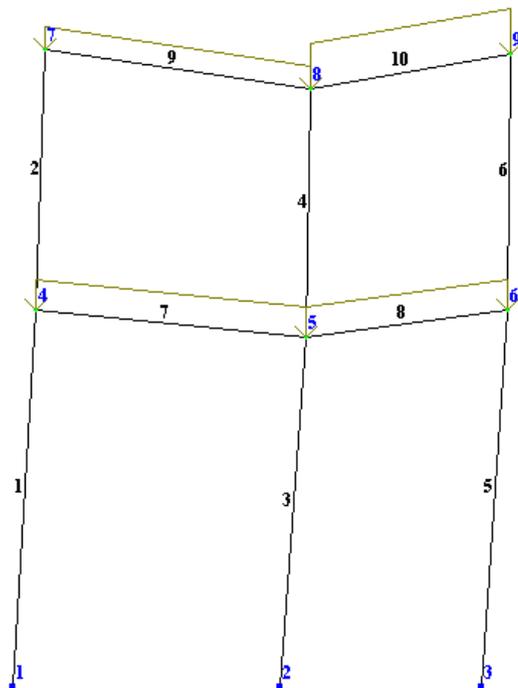


Рис.1.19. Расчетная схема с учетом перемещений узлов

### Вывод на экран эпюр внутренних усилий

- Выведите на экран эпюру **My** (рис.1.20) щелчком по кнопке **My** – **Эпюры My** (панель **Усилия в стержнях** на вкладке **Анализ**).

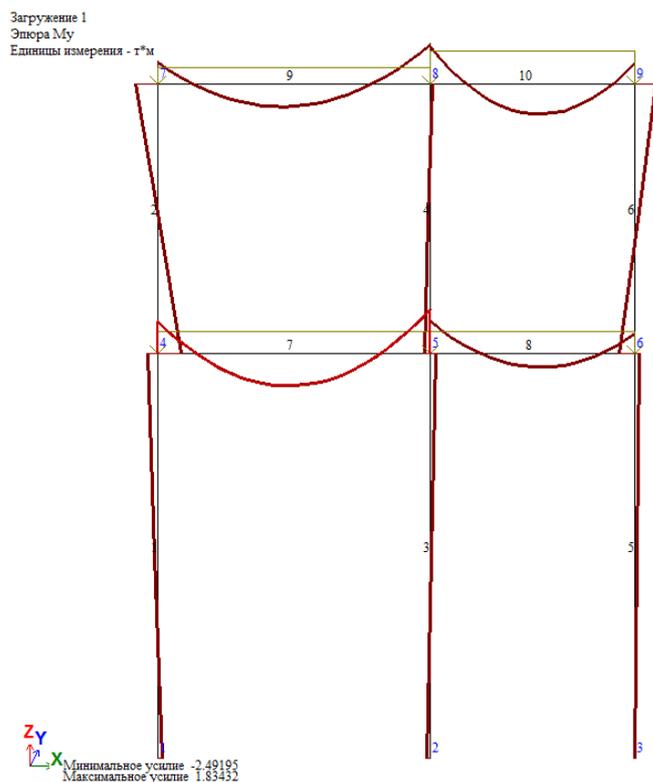


Рис.1.20. Эпюры изгибающих моментов  $M_u$

- 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**).

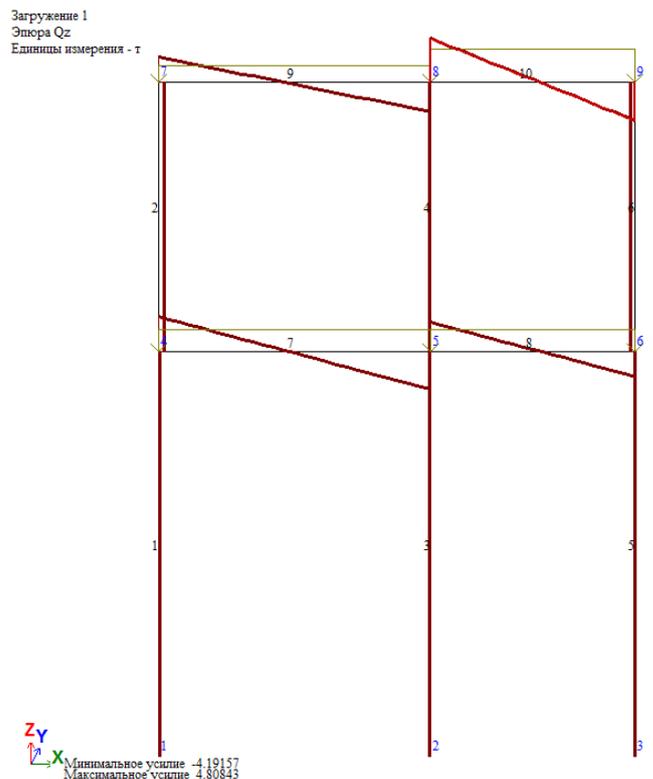


Рис.1.21. Эпюры поперечных сил  $Q_z$

### 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**).

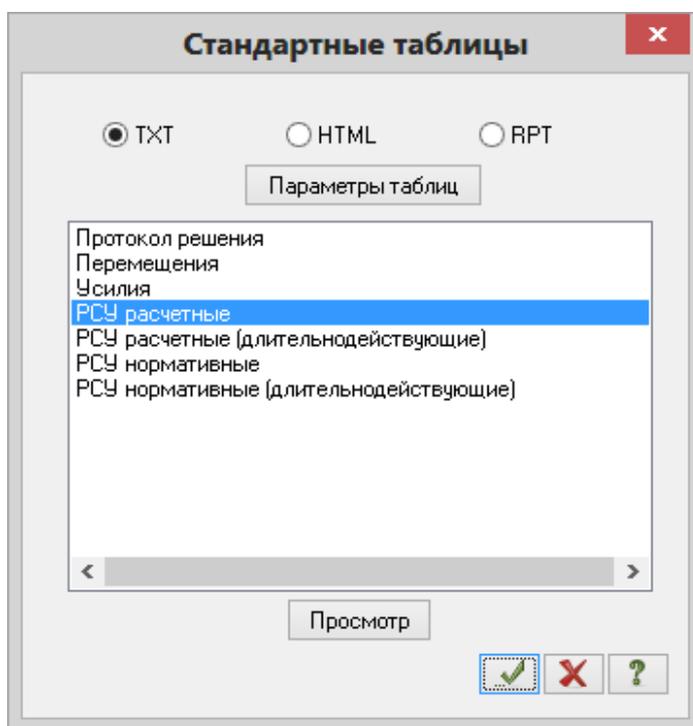


Рис.1.22. Диалоговое окно **Стандартные таблицы**

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

### 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).

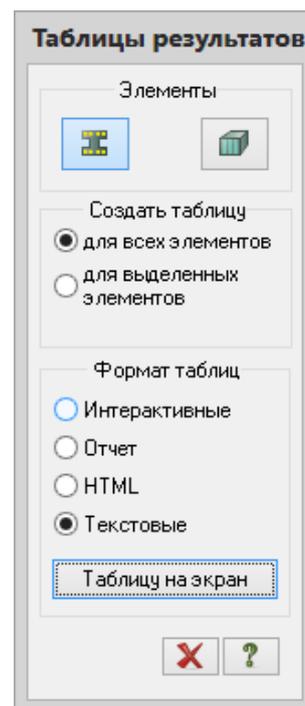


Рис.1.23. Диалоговое окно **Таблицы результатов**

#### 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  $\gamma_f$** . 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  $\psi_g$** . 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  $\psi_i$ ,  $i = 1, 2, 3$ .

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

**Таблица 1.1.** Значения коэффициентов РСУ, принимаемых по умолчанию

Вид загрузка	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 загрузки	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 сейсмике	Особое без наличия сейсмике
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.

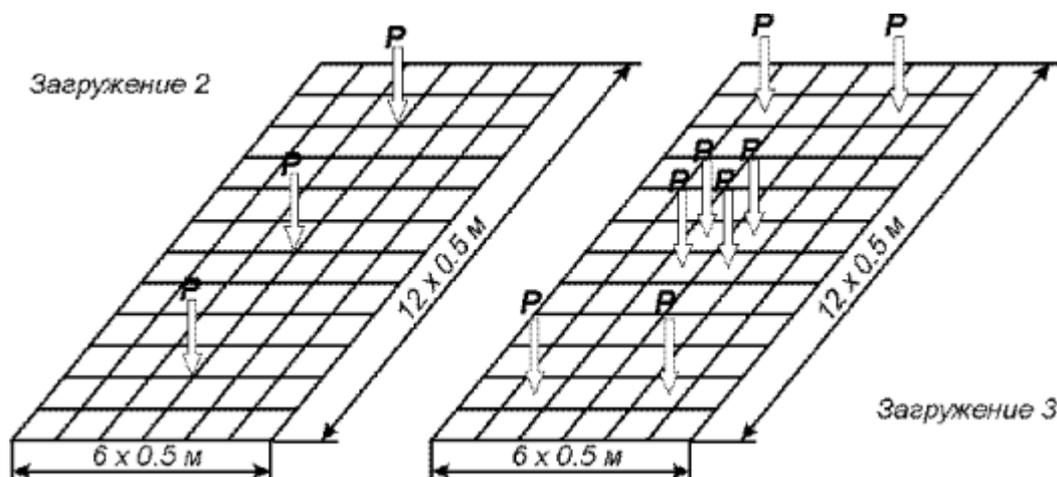


Рис.2.1. Расчетная схема плиты

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**.



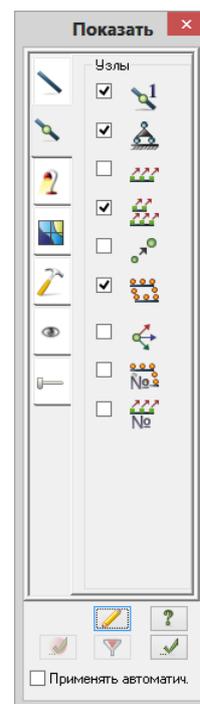
### Сохранение информации о расчетной схеме

- 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

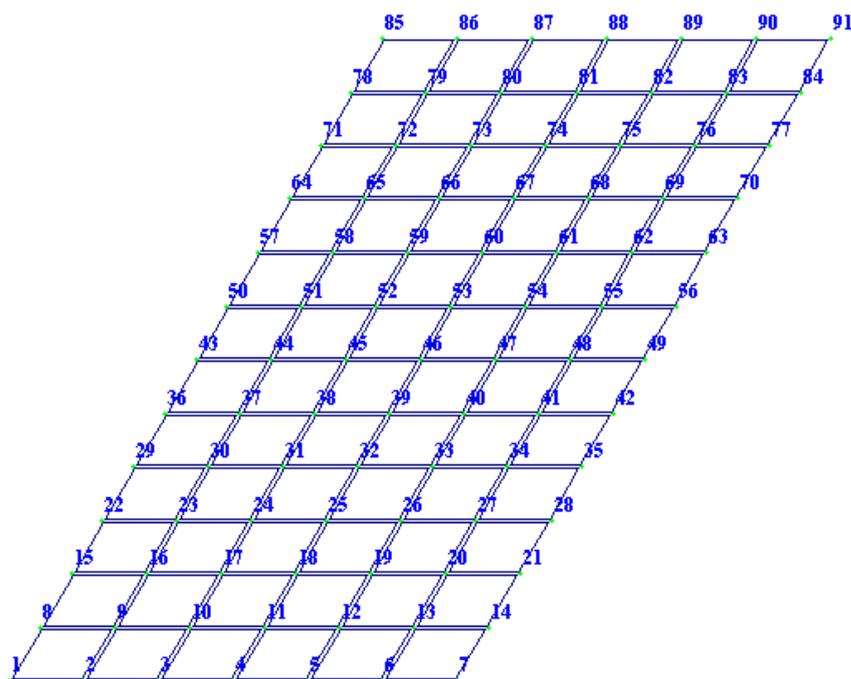
#### Вывод на экран номеров узлов

- 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.

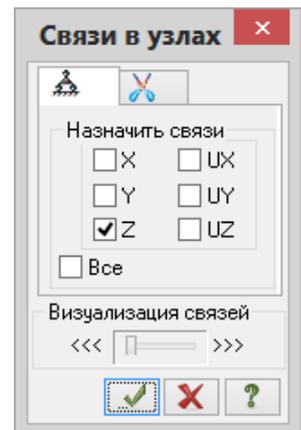


Рис.2.6. Диалоговое окно **Связи в узлах**

### Этап 4. Задание вариантов конструирования

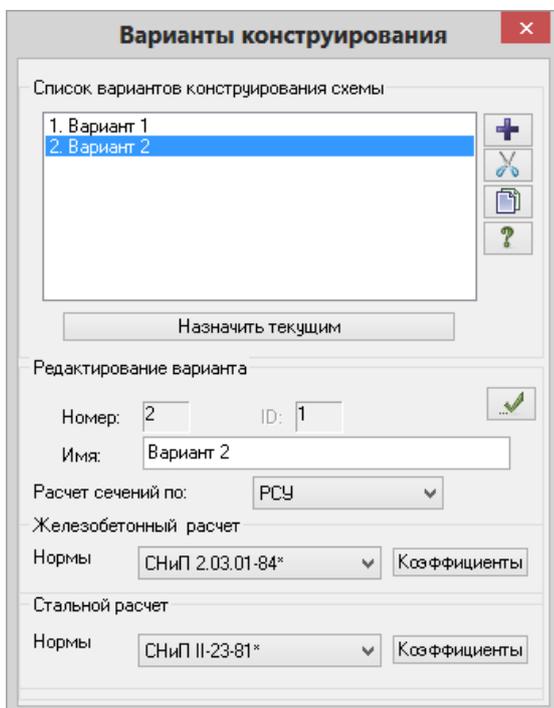


Рис.2.7. Диалоговое окно **Варианты конструирования**

- 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 **PCU**;
  - 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).

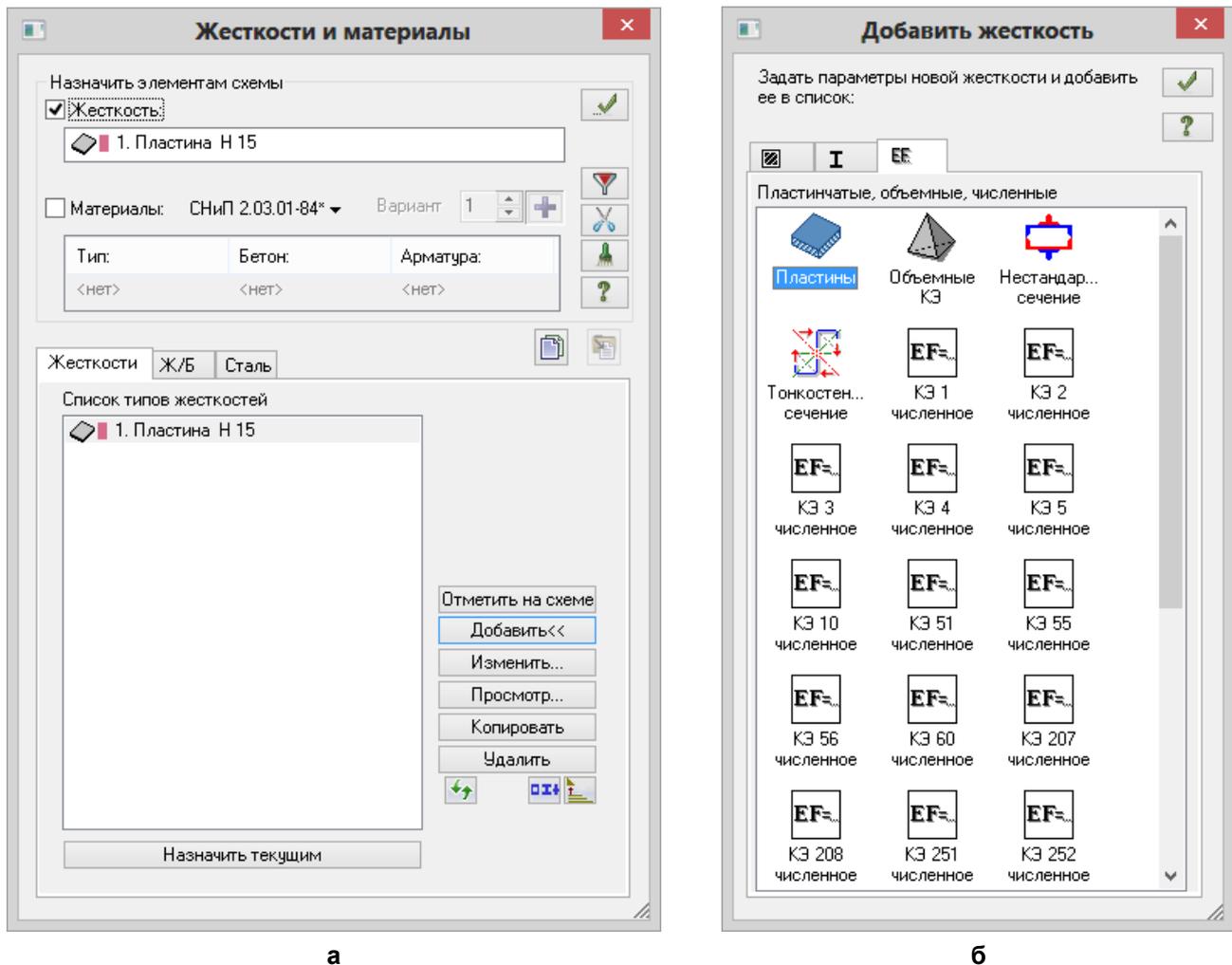


Рис.2.8. Диалоговые окна: а – Жесткости и материалы, б – Добавить жесткость

- В диалоговом окне **Задание жесткости для пластин** задайте параметры сечения **Пластины** (рис.2.9):
  - модуль упругости –  $E = 3e6 \text{ т/м}^2$  (при английской раскладке клавиатуры);
  - коэф. Пуассона –  $\nu = 0.2$ ;
  - толщина –  $H = 15 \text{ см}$ ;
  - удельный вес материала –  $R_0 = 2.75 \text{ т/м}^3$ .
- Подтвердите введенные данные щелчком по кнопке  – **Подтвердить**.

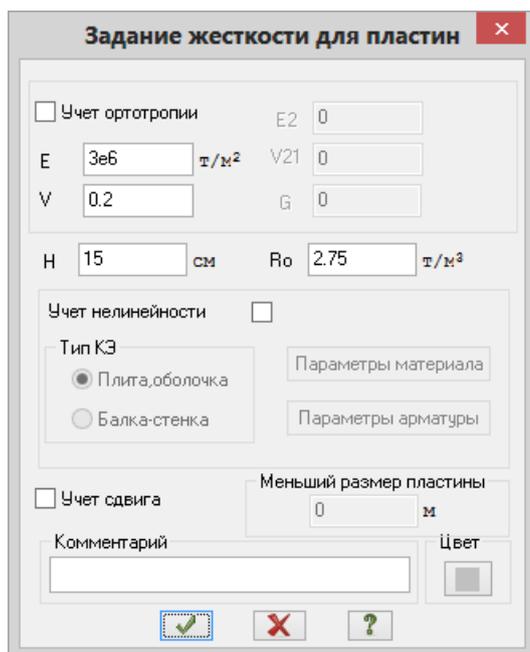


Рис.2.9. Диалоговое окно **Задание жесткости для пластин**

- 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).

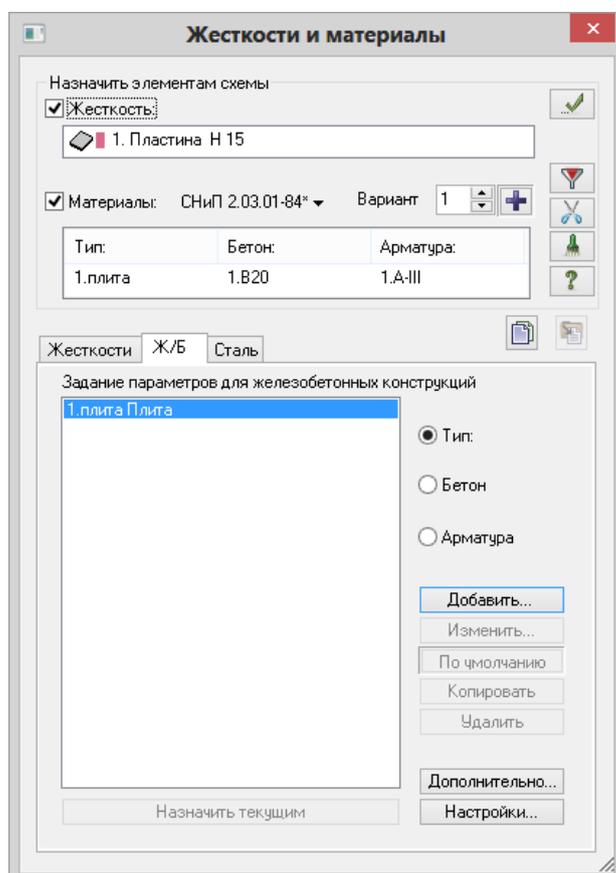
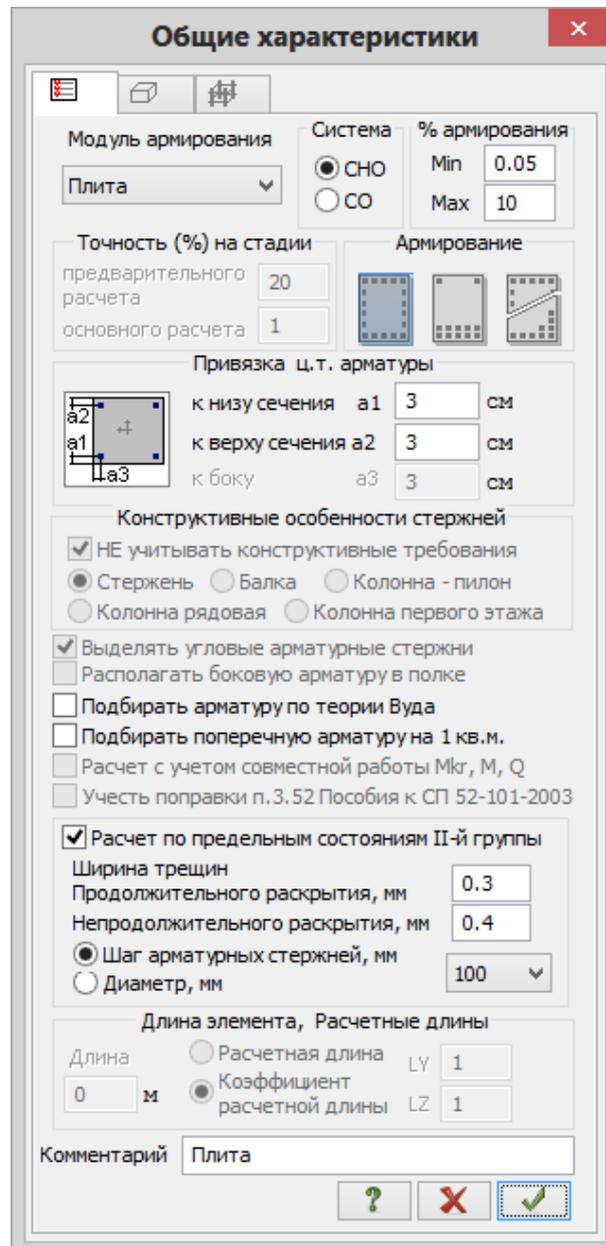


Рис.2.10. Диалоговое окно **Жесткости и материалы**

- 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

Вид бетона

Марка легкого бетона по средней плотности D

Случайные эксцентриситеты

По высоте сечения EY

см

По ширине сечения EZ

см

Условия твердения

естественное твердение
 тепловая обработка
 автоклавная обработка

Условия эксплуатация 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)

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

Принять по умолчанию

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    
 Вдоль Y

Класс поперечной арматуры:

Максимальный диаметр арматурных стержней, мм:

Количество арматурных стержней в углах сечения:

Учет сейсмического воздействия

Кoeffициент из т. 7 СНиП II-7-81:

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

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

Значения

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

Комментарий:

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 равном **1**, щелкните по кнопке  – **Применить** (в соответствии с заданным объемным весом  $R_0$  элементы загружаются нагрузкой от собственного веса).

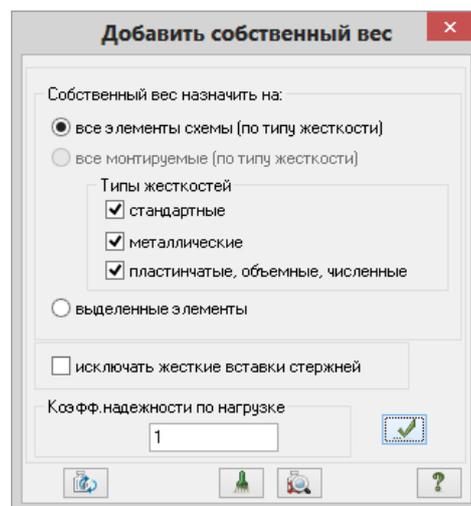
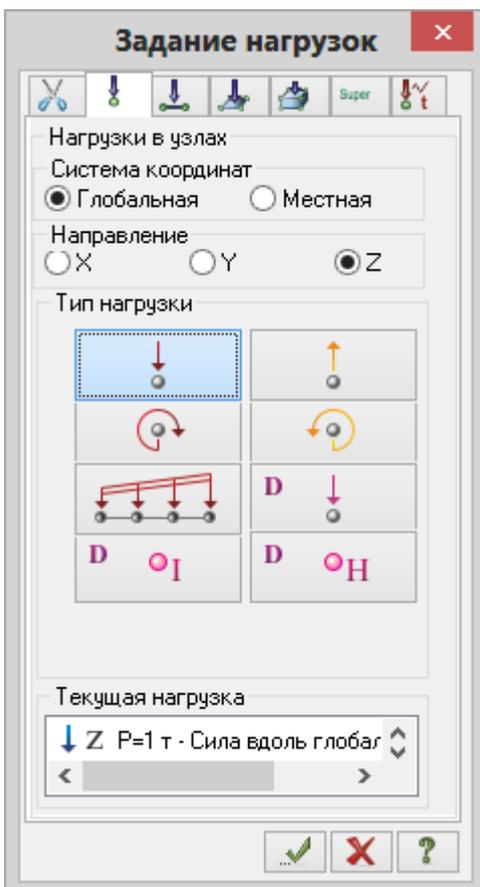
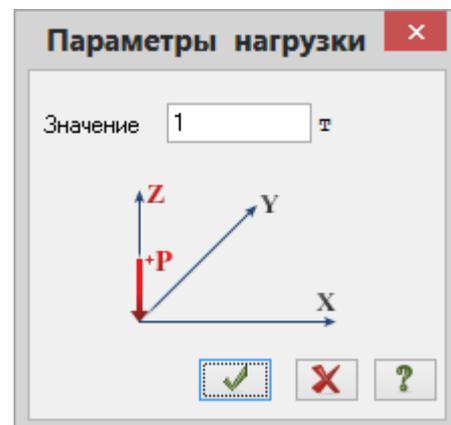


Рис.2.14. Диалоговое окно **Добавить собственный вес**

#### 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**.

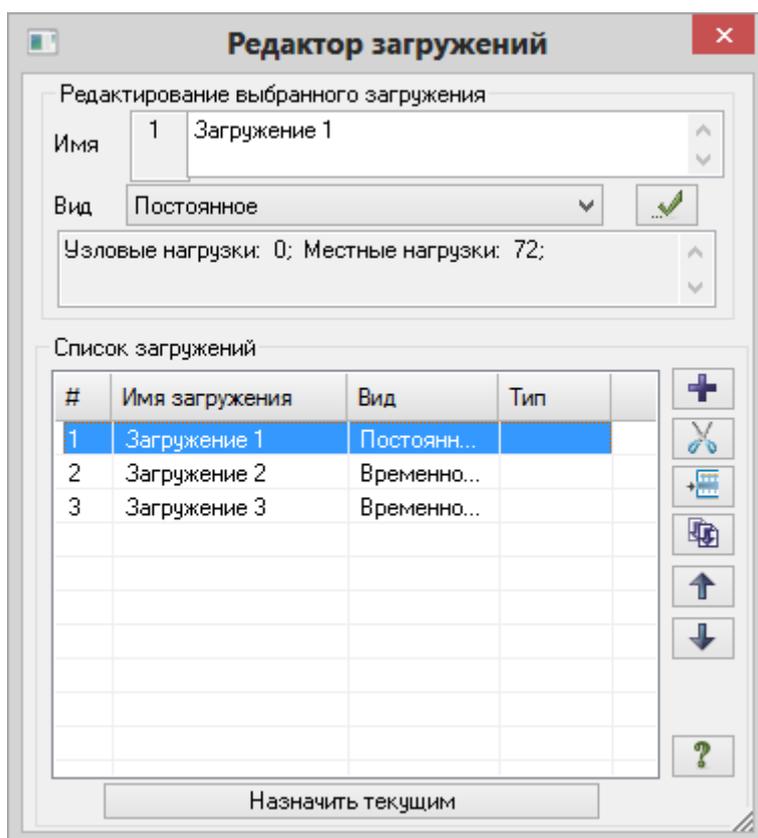


Рис.2.17. Диалоговое окно Редактор загрузок

**Этап 7. Генерация таблицы РСУ**

- Щелчком по кнопке  – **Таблица РСУ** (панель **PCY** 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 Загрузение 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

Кoeffициент надежности: 1.10

Доля длительности: 1.00

Не учитывать для II-го пред. сост.:

Ограничения для кранов и тормозов: Кран  Тормоз

Кoeffициенты 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						Кoeffициенты РСУ					
1	Загрузение 1	Постоянное ...	0	0	0	0	0	0	1.10	1.00	1.00	1.00	0.90	1.00
2	Загрузение 2	Временное д...	1	0	0	0	0	0	1.20	1.00	1.00	0.95	0.80	0.95
3	Загрузение 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**).

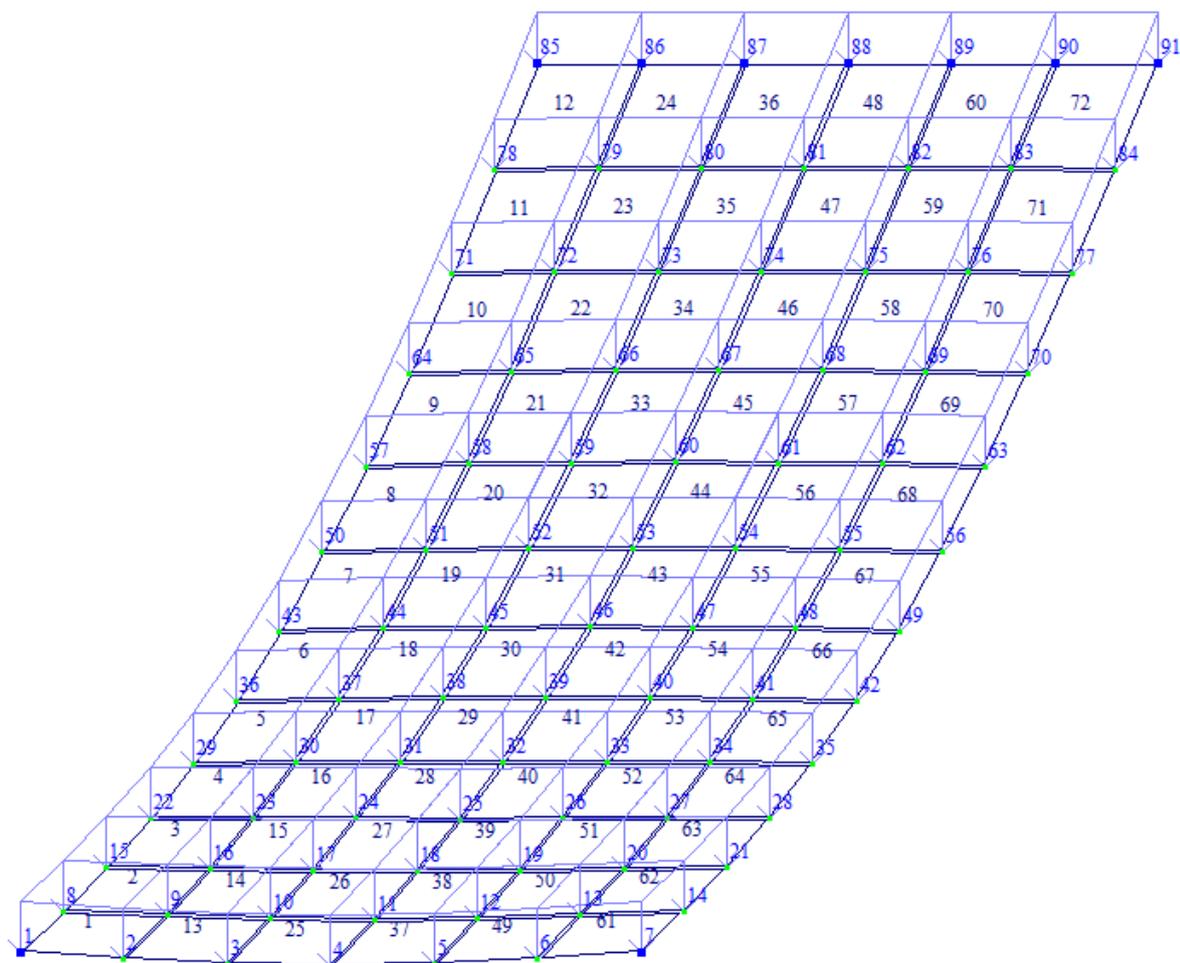


Рис.2.19. Расчетная схема с учетом перемещений узлов

- 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 **Деформации** на вкладке **Анализ**).

– **Изополя перемещений по Z** (панель

[Вывод на экран мозаик напряжений](#)

➤ Чтобы вывести на экран мозаику напряжений по  $M_x$ , выберите команду –

















































































































































































































































































































































































































































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.

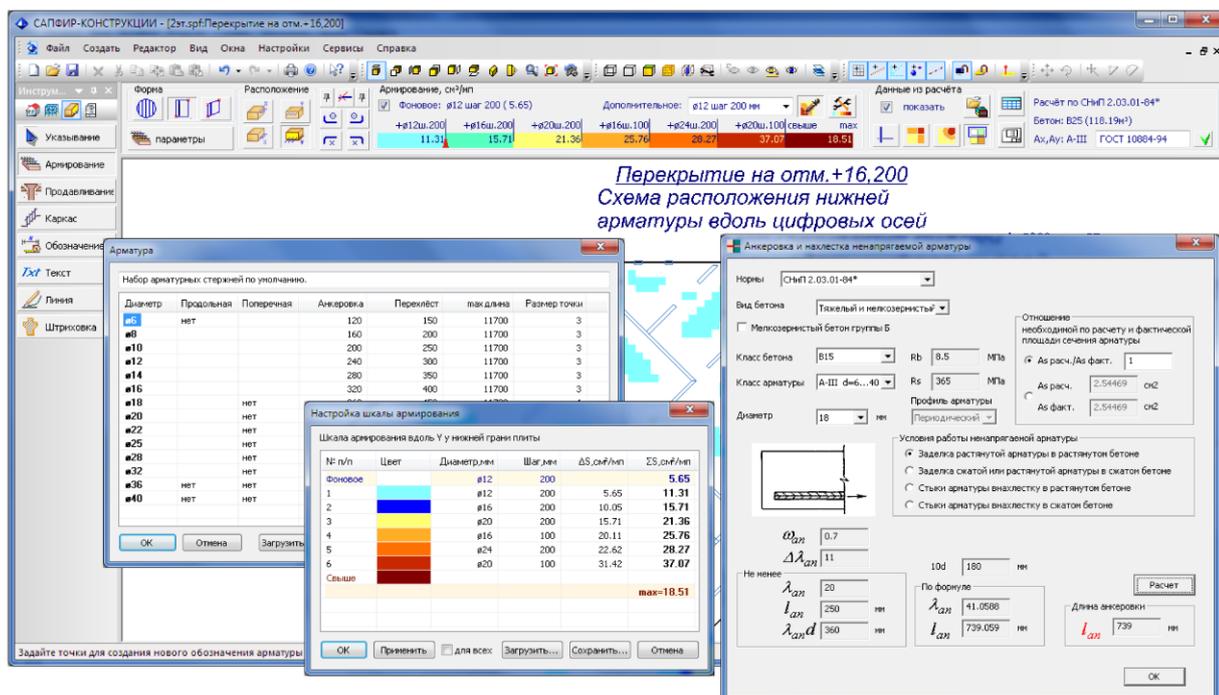


Рис. 19. Задание используемой арматуры, ее шага и анкеровки

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:

$\varnothing 12, L=5000 \times 40$  шт.  $\Sigma=176,4$  кг,

$\varnothing 12, L=4700 \times 30$  шт.  $\Sigma=124,3$  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.:

$\varnothing 12, L=5000 \times 70$  шт.  $\Sigma=308,8$  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.  $\Delta m$ ».

Позиция	Обозначение	Наименование	Кол-во	Масса, кг	Униф. Δт, 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	
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

«Плата» за унификацию, то есть за слияние текущей позиции с предыдущей

Спецификация всегда отсортирована по убыванию диаметра и длины

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.

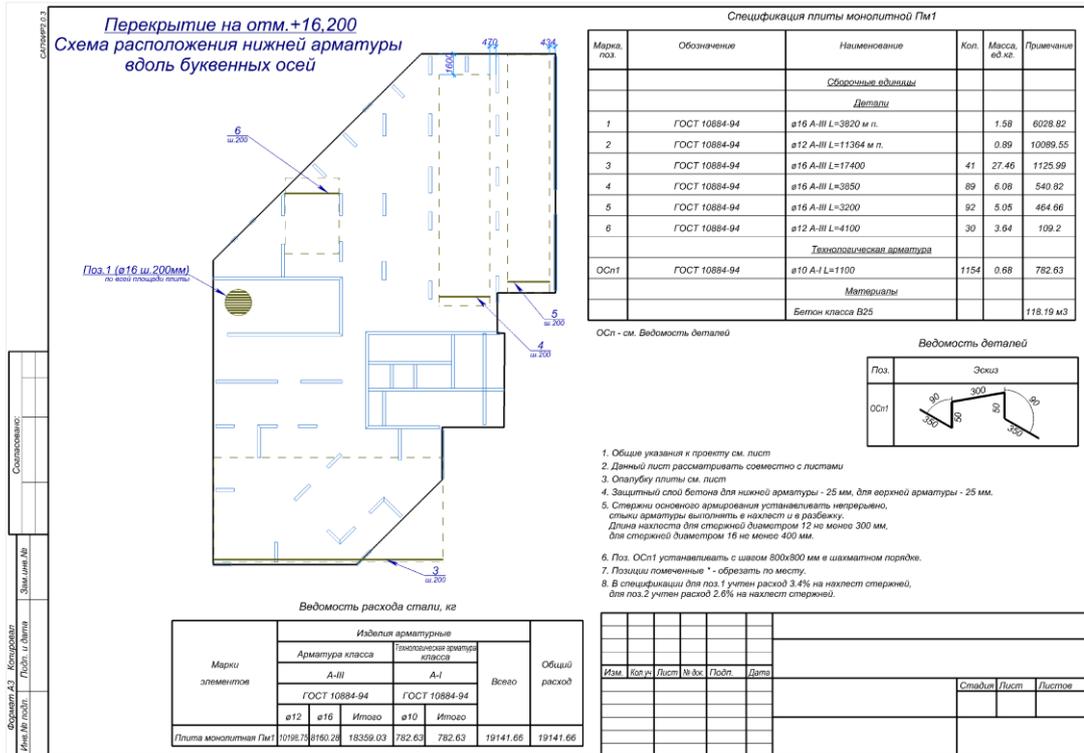


Рис. 21. Лист чертежа схемы продольного армирования плиты перекрытия с автоматически созданными таблицами

**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 расчётном 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 определённом расчётом 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.

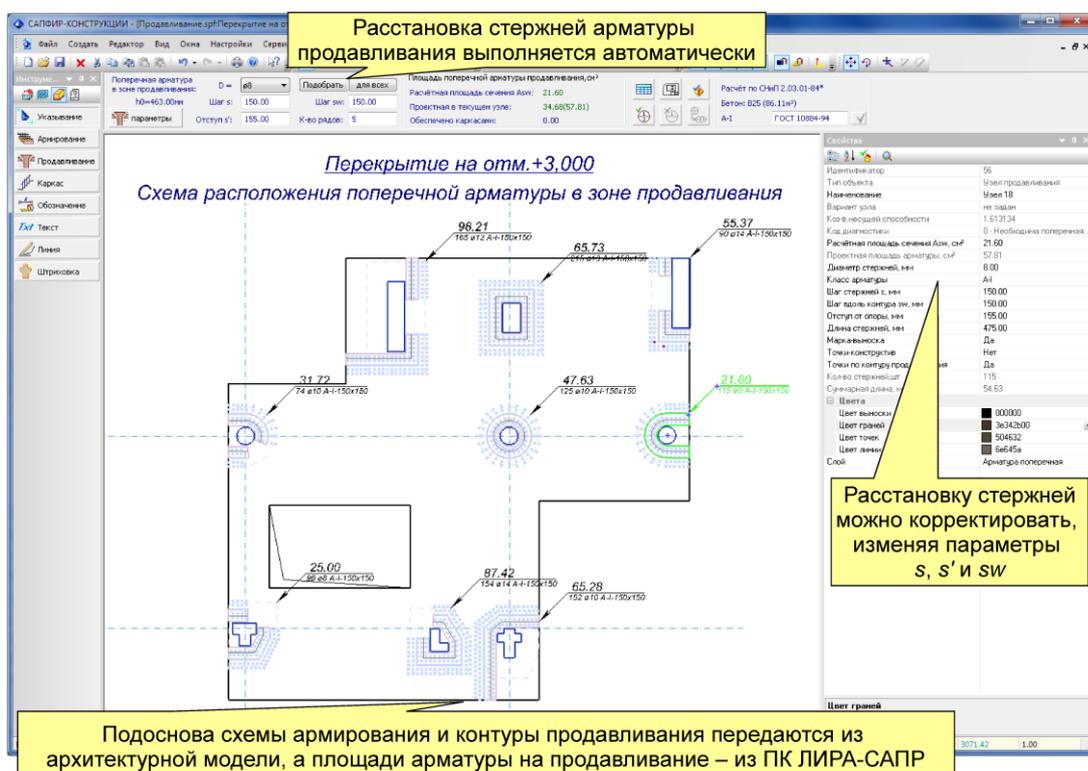


Рис. 22. Теоретическая расстановка стержней арматуры продавливания в плите

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 выбрать 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.

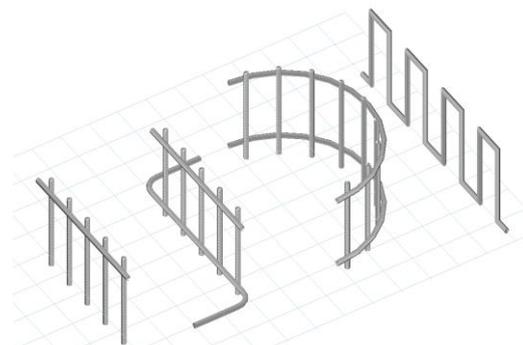


Рис. 23. Каркасы арматуры продавливания

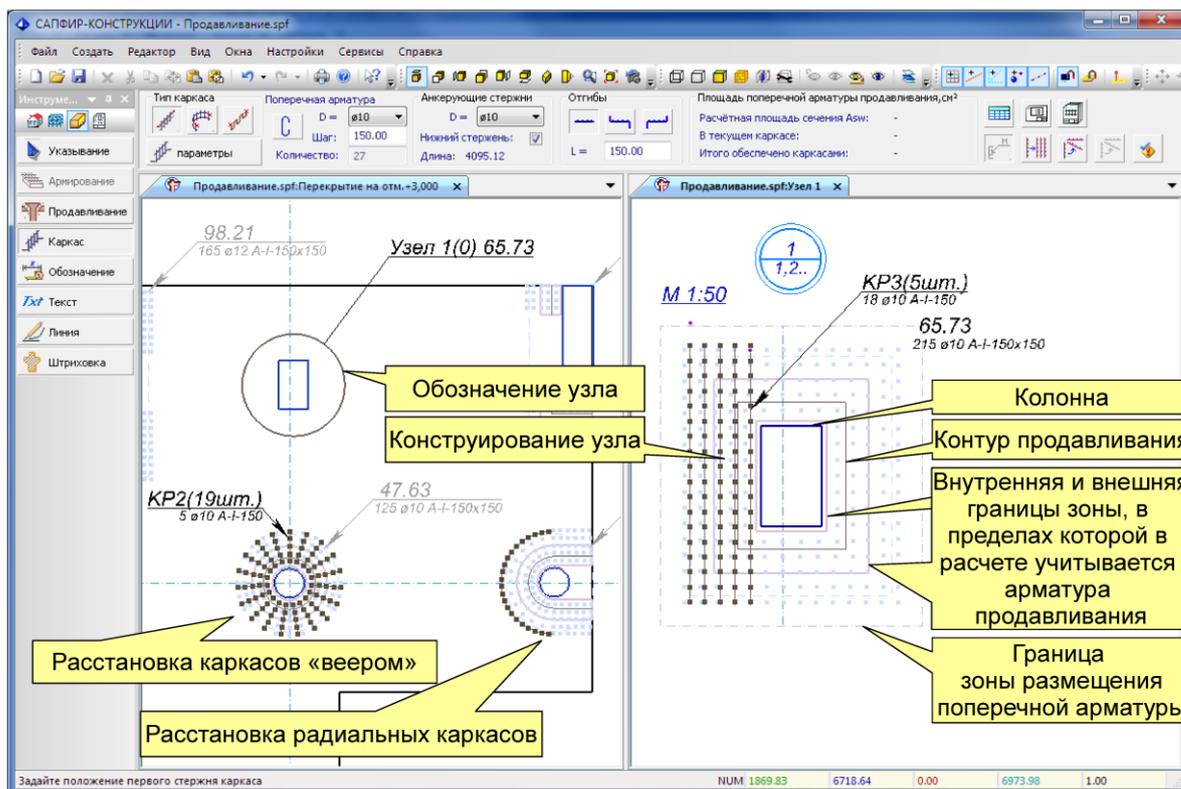


Рис. 24. Конструирование и размещение каркасов на схеме и в отдельном узле армирования

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.

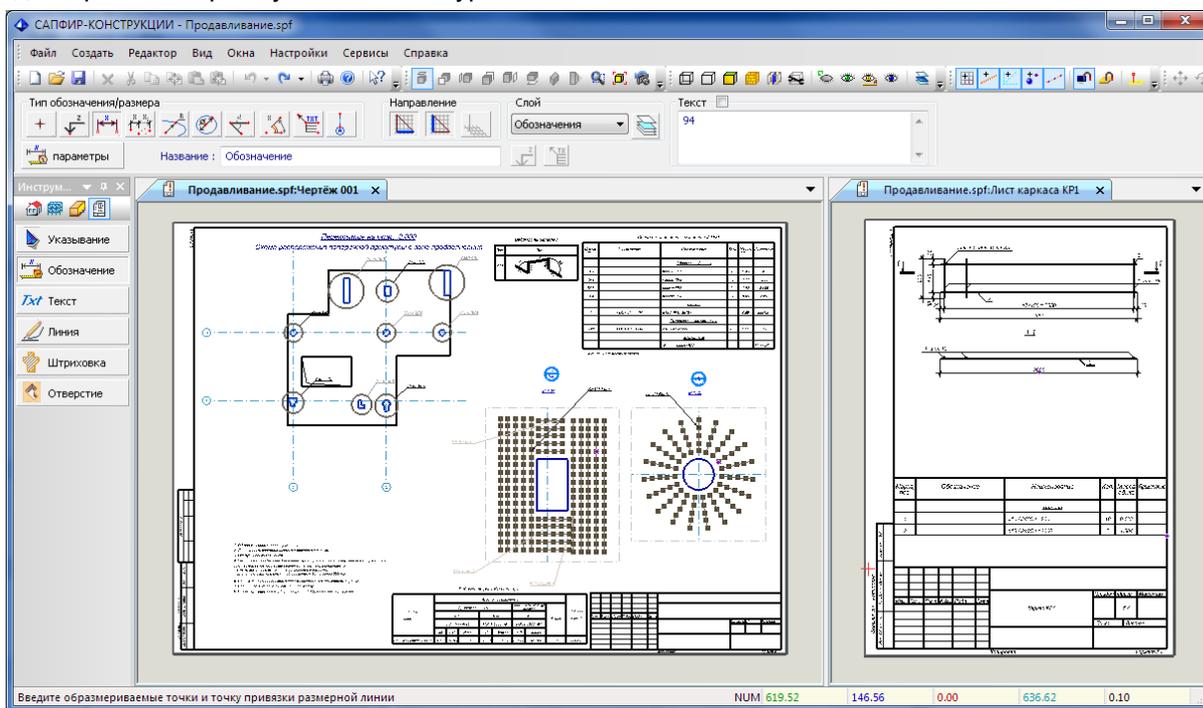


Рис. 25. Создание схем армирования и чертежей каркасов

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.

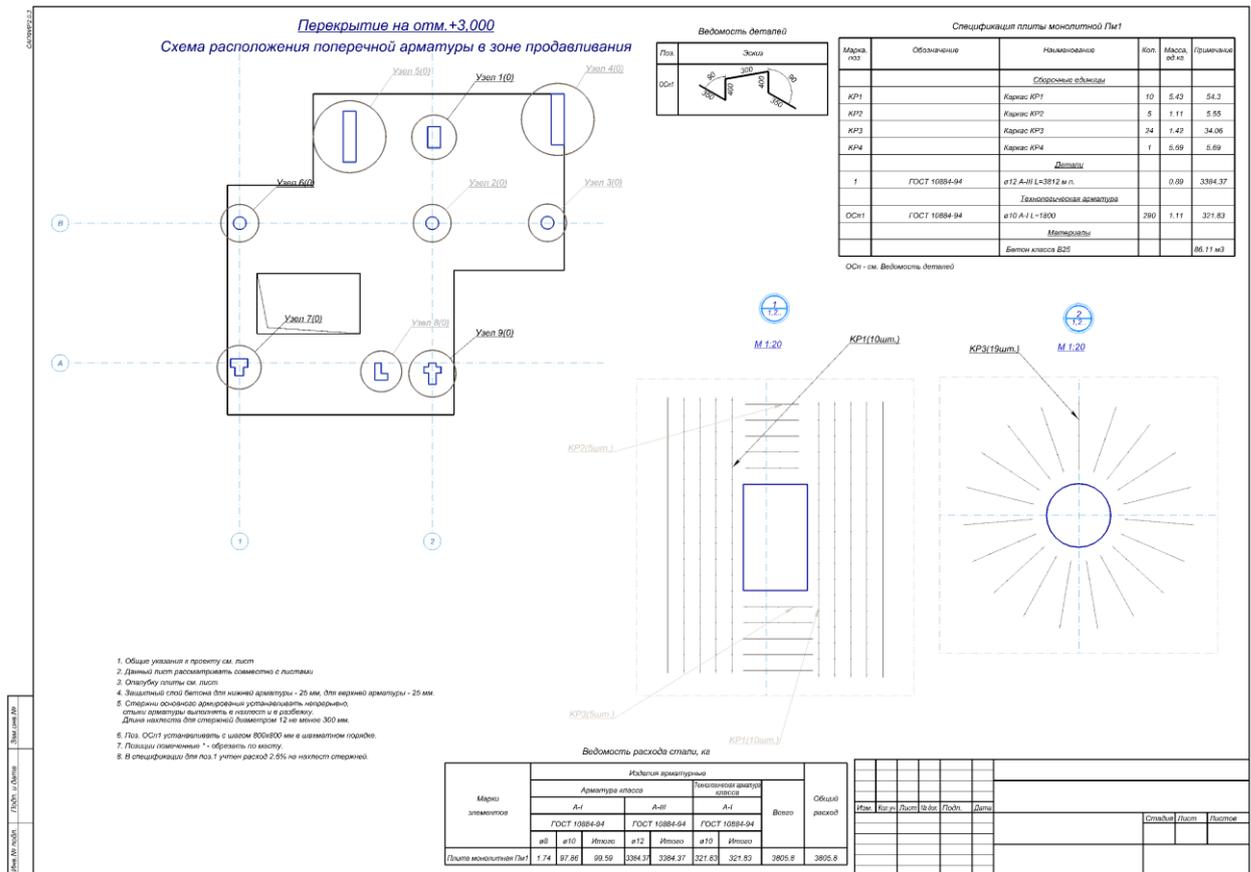


Рис. 26. Компонка листа чертежа

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 погонажом. В отдельной таблице автоматически формируется 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 Госстроя 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 координационных 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	<b>Вступление.</b> Основные понятия автоматизированного проектирования, технические и общие программные средства. Информационные и графические подсистемы САПР.	2
2	<b>Программный комплекс ЛИРА-САПР для прочностных расчетов строительных конструкций.</b> Общие характеристики комплекса.	2
3	<b>Расчет плоской рамы с помощью программного комплекса.</b> Формирование исходных данных.	2
4	<b>Расчет пространственной рамы с помощью программного комплекса.</b> Фрагментация расчетной схемы и компоновки ее из отдельных подсхем.	2
5	<b>Расчет пространственной пластинчато-оболочковой системы с помощью программного комплекса.</b> Особенности континуальных систем и предельных состояний.	2
6	<b>Теоретические основы программного комплекса.</b> Библиотека конечных элементов, программная реализация основных математических методов расчета.	2
7	<b>Практические приемы построения расчетных схем. Идеализация пространственной схемы, жесткостных характеристик, условий закреплений и нагрузок.</b>	2
8	<b>Программный комплекс МОНОМАХ для проектирования каркасных железобетонных сооружений.</b> Общие характеристики и графический интерфейс комплекса.	2
9	<b>Проектирование и расчет строительного сооружения с помощью программного комплекса МОНОМАХ.</b>	2
10	<b>Анализ результатов расчета</b>	2
<b>ВСЕГО</b>		<b>20</b>

**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
<b>ВСЕГО</b>		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
<b>ВСЕГО</b>		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 вязов.

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	<b>Вступление.</b> Практическое значение теории сооружений. Обзор характерных сооружений мировой строительной практики.	2
2	<b>Расчетные схемы.</b> Классификация конструкций по их геометрическим формам. Диаграммы Отто Фрея. Эволюция форм и напряженных состояний. Характерные сооружения с позиции исторического развития	2
3	<b>Особенности конструктивных решений.</b> 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	<b>Потеря устойчивости и разрушение.</b> Критические нагрузки и формы потери стойкости простых элементов. Аварии мостов и сооружений из мировой практики.	2
5	<b>Основные положения расчета строительных конструкций.</b> Расчет по допустимым напряжениям, разрушающим усилиям и предельным состояниям. Нормативные и расчетные характеристики материалов и нагрузок. Расчетные соединения и обобщенные эпюры усилий.	4
6	<b>Пластинчатые элементы.</b> Нагрузка, условия закрепления и внутренние усилия. Прямоугольные изотропные пластины, нагруженные равномерным 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	<b>Стержневые и плитные покрытия.</b> 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	<b>Пространственные стержневые покрытия.</b> Расчет сеточного свода, сеточной складки, пологой оболочки, четырехлепесткового гипара. Расчет в программном комплексе ЛИРА-САПР	6

№ темы	Темы лекций	Часы лекций
9	<b>Вантовые и мембранные покрытия.</b> 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	<b>Компьютерный расчет конструкций.</b> Создание расчетной схемы с помощью графического препроцессора программного комплекса САПФИР. Определение и анализ напряженно-деформированного состояния пространственной стержневой конструкции.	2
<b>ВСЕГО</b>		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	<b>Введение.</b> Расчетные модели и основные средства автоматизированного расчета конструкций.	2	—
2	<b>Метод конечных элементов.</b> Общие сведения. Построение расчетных уравнений МКЭ для плоских рам.	2	—
3	<b>Расчет плоской рамы в программном комплексе ЛИРА-САПР.</b> Задание исходных данных и обработка полученной информации.	2	—
4	<b>Метод конечных элементов (продолжение).</b> Расчетные уравнения МКЭ для пространственных стержневых конструкций.	2	—
5	<b>Расчет пространственной рамы в программном комплексе ЛИРА-САПР.</b> Фрагментация расчетной схемы и компоновка ее из отдельных подсхем.	2	—

№ темы	Темы лекций (час.)	Форма	
		очная	заочная
6	<b>Метод конечных элементов</b> (продолжение). Расчетные уравнения МКЭ для пространственных пластинчато-оболочечных конструкций	2	—
7	<b>Расчет пространственной пластинчато-оболочечной системы в программном комплексе ЛИРА-САПР.</b> Способы формирования расчетных схем.	2	—
8	<b>Методика расчета конструкций в геометрически нелинейной постановке.</b> Нелинейные соотношения Коши. Метод решения геометрически нелинейных задач. Построение конечно-элементных нелинейных уравнений. Расчет в программном комплексе ЛИРА-САПР.	2	—
9	<b>Методика расчета конструкций в физически нелинейной постановке.</b> Нелинейные соотношения Метод решения физически нелинейных задач. Построение конечно-элементных нелинейных уравнений. Расчет в программном комплексе ЛИРА-САПР.	2	—
10	<b>Методика расчета устойчивости конструкций.</b> Матрица геометрической жесткости. Расчет в ПК ЛИРА-САПР.	2	—
11	<b>Методика расчета конструкций на динамические нагрузки.</b> 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	<b>Методика расчета сооружений на сейсмические нагрузки.</b> Расчет в программном комплексе ЛИРА-САПР..	2	—
13	<b>Программный комплекс МОНОМАХ.</b> Теоретические основы комплекса и практические действия по созданию расчетной модели каркасного железобетонного сооружения.	2	—
14	<b>Программный комплекс САФИР.</b> Создание архитектурно-конструктивной части здания и его экспорт в программный комплекс ЛИРА-САПР.	2	—
<b>ВСЕГО</b>		28	—

### 3. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

№ темы	Темы практических занятий (час.)	Форма	
		очная	заочная
1	<b>Решение</b> в программном комплексе ЛИРА-САПР <b>тестовой задачи по определению НДС плоской рамы.</b> Использование графического препроцессора ЛИРА-САПР для задания исходных данных. Линейное решение задачи.	2	—
2	<b>Решение</b> в программном комплексе ЛИРА-САПР <b>тестовой задачи по определению НДС пространственной пластинчато-оболочечной конструкции.</b> Особенности предельных условий на плоскостях симметрии. Анализ результатов расчета с помощью табличного постпроцессора.	2	—
<b>ВСЕГО</b>		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	—
<b>ВСЕГО</b>		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	—
<b>ВСЕГО</b>		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, Сопроотивление 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	-
<b>ВСЕГО</b>		<b>110</b>	<b>24</b>	<b>16</b>	<b>64</b>	<b>6</b>

№ 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	-
<b>ВСЕГО</b>		<b>133</b>	<b>27</b>	<b>18</b>	<b>80</b>	<b>8</b>

№ 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	-
<b>ВСЕГО</b>		<b>54</b>			<b>54</b>	
<b>Итого по трем модулям:</b>		<b>297</b>	<b>51</b>	<b>34</b>	<b>198</b>	<b>14</b>

## 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 (PCY). 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
<b>ВСЕГО</b>		<b>24</b>	<b>36</b>

№ 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
<b>ВСЕГО</b>		<b>27</b>	<b>44</b>
<b>Итого по двум модулям:</b>		<b>51</b>	<b>62</b>

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
<b>ВСЕГО</b>		<b>16</b>	<b>28</b>

№ 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
<b>ВСЕГО</b>		<b>18</b>	<b>36</b>
<b>Итого по двум модулям</b>		<b>34</b>	<b>64</b>

### 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
<b>Всего</b>		<b>6</b>
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
<b>ВСЕГО</b>		<b>8</b>
<b>Итого по двум модулям</b>		<b>14</b>

## 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
<b>9 семестр</b>						
<b>Модуль № 1 «Специальные железобетонные конструкции»</b>						
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 эксплуатируемых 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	–
<b>ВСЕГО</b>		<b>76</b>	<b>16</b>	<b>8</b>	<b>42</b>	<b>10</b>
<b>Модуль № 2 «Специальные металлические конструкции»</b>						
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	-
<b>ВСЕГО</b>		<b>86</b>	<b>18</b>	<b>9</b>	<b>49</b>	<b>10</b>
<b>Итого за 9 семестр</b>		<b>162</b>	<b>34</b>	<b>17</b>	<b>91</b>	<b>20</b>

## 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
<b>9 семестр</b>			
<b>Модуль №1 «Специальные железобетонные конструкции»</b>			
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. <b>Оболочки положительной гаусовой кривизны. Задание расчетной схемы в ПК ЛИРА-САПР.</b>	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. <b>Динамический расчет зданий при наличии акселерограм. Методы расчета на сейсмические влияния в ПК ЛИРА-САПР.</b>	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. <b>Расчет и применение конструкций сводчатых железобетонных покрытий в строительстве.</b>	2	5

№ п/п	Название темы	Объем учебных занятий, часов	
		Лекции	СРС
8	Модульная контрольная работа №1	2	1
<b>ВСЕГО</b>		<b>16</b>	<b>20</b>
<b>Модуль № 2 «Специальные металлические конструкции»</b>			
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. <b>Структурные покрытия. Металлоконструкции арочного типа.</b>	2	5
7	Листовые конструкции резервуаров. <b>Расчет цилиндрических металлических оболочек в ПК ЛИРА-САПР.</b>	2	4
8	Высотные инженерные сооружения. <b>Расчет антенных сооружений и матч освещения в ПК ЛИРА-САПР.</b>	2	4
9	Модульная контрольная работа №2	2	1
<b>ВСЕГО</b>		<b>18</b>	<b>19</b>
<b>Итого в 9-м семестре:</b>		<b>34</b>	<b>39</b>

## Лабораторные занятия, их тематика и объем

Номер	Название темы	Объем занятия часов	Объем самост. роб. часов
<b>Модуль № 1 «Специальные железобетонные конструкции»</b>			
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. <b>Металлические конструкции большепролетных покрытий в виде сеточных оболочек и висячих систем. Задание исходных данных и расчет в ПК ЛИРА-САПР.</b>	2	8

Номер	Название темы	Объем занятия часов	Объем самост. роб. часов
3	Основы проектирования железобетонных конструкций, возводимых в особых условиях. <b>Математическое моделирование и расчет стержневых конструкций и их систем. Задание исходных данных и расчет в ПК ЛИРА-САПР.</b>	2	8
4	Особенности проектирования железобетонных конструкций, возводимых в особых условиях. Основы проектирования конструкций инженерных сооружений. <b>Задание исходных данных и расчет в ПК ЛИРА-САПР.</b>	2	4
<b>Всего</b>		<b>8</b>	<b>22</b>
<b>Модуль № 2 «Специальные металлические конструкции»</b>			
1	Особенности создания компьютерных моделей в технологической линии проектирования САПФИР – ЛИРА-САПР.	2	2
2	Расчет элементов структурных блоков покрытия. <b>Задание исходных данных и расчет в ПК ЛИРА-САПР</b>	2	2
3	Расчет и конструирование элементов вертикального цилиндрического резервуара. <b>Расчет несущих элементов висячих конструкций с учетом пластичной работы материала. Задание исходных данных и расчет в ПК ЛИРА-САПР.</b>	2	8
4	Пример расчета несущей висячей нити однослойного покрытия. Пример расчета башни с решетчатым стволом. <b>Задание исходных данных и расчет в ПК ЛИРА-САПР</b> <b>Анализ состояния предварительно напряженного стержневого элемента большепролетного покрытия ангара.</b>	3	8
<b>ВСЕГО</b>		<b>9</b>	<b>20</b>
<b>Итого в 9-м семестре:</b>		<b>17</b>	<b>42</b>

### 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
<b>Модуль №1. «Конструктивные формы металлических конструкций (МК). Расчет элементов и соединений»</b>						
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, заклепочных и болтовых соединений. Конструирование узлов, сварных и болтовых соединений в ПК ЛИРА-САПР.	3	2	-	1	-
5	<b>Модульная контрольная работа №1</b>	3	-	1	2	-
<b>ВСЕГО</b>		<b>14</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>-</b>
<b>Модуль №2. «Стальной каркас одноэтажного производственного здания»</b>						
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	<b>Модульная контрольная работа №2</b>	3	-	1	2	-
<b>ВСЕГО</b>		<b>58</b>	<b>10</b>	<b>16</b>	<b>30</b>	<b>2</b>
<b>Модуль №3. «Курсовая работа»</b>						
1	Проектирование каркаса одноэтажного производственного здания с расчетом конструктивных элементов поперечной рамы. Расчет и конструирование здания в ПК ЛИРА-САПР.	36	-	-	36	-
<b>ВСЕГО</b>		<b>36</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>36</b>	<b>-</b>
<b>Итого по трем модулям</b>		<b>108</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>72</b>	<b>2</b>

Проектирование дидактического процесса по видам учебных занятий

Лекционные занятия, их тематика и объем

№ п/п	Название темы	Объем учебных занятий, час		
		Лекции	СРС	ИР
<b>Модуль №1. «Конструктивные формы МК. Расчет элементов и соединений»</b>				
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	
<b>Всего</b>		<b>7</b>	<b>4</b>	<b>-</b>
<b>Модуль №2. «Стальной каркас одноэтажного производственного здания»</b>				
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
<b>ВСЕГО</b>		<b>10</b>	<b>22</b>	<b>2</b>
<b>Итого по двум модулям</b>		<b>17</b>	<b>26</b>	<b>2</b>

Практические занятия, их тематика и объем

№ п/п	Название темы	Объем учебных занятий, час		
		Практ. занятие	СРС	ИР
<b>Модуль №1. «Конструктивные формы МК. Расчет элементов и соединений»</b>				
1	Модульная контрольная работа №1	1	2	-
<b>Всего за модулем №1</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>-</b>
<b>Модуль №2. «Стальной каркас одноэтажного производственного здания»</b>				
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	<b>Модульная контрольная работа №2</b>	1	2	-
<b>ВСЕГО</b>		<b>13</b>	<b>15</b>	<b>2</b>
<b>Итого по двум модулям</b>		<b>17</b>	<b>17</b>	<b>2</b>

#### Индивидуальная работа

№ пор.	Содержание занятия	Объем, час
<b>Модуль №2. «Стальной каркас одноэтажного производственного здания»</b>		
1	Компоновка поперечной рамы цеха. Типы рам. Связи каркаса. Расчет и конструирование в ПК ЛИРА-САПР.	2
<b>ВСЕГО</b>		<b>2</b>

#### 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», «Сопrotивление 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	Практические	СРС	И Р
<b>Модуль №1 «Элементы металлических конструкций и их сварка»</b>						
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	-
<b>ВСЕГО</b>		<b>77</b>	<b>22</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>10</b>
<b>Модуль №2 «Металлические конструкции зданий и сооружений»</b>						
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	-
<b>Всего</b>		<b>31</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>-</b>
<b>Модуль №3 «Курсовой проект»</b>						
1	Проектирование рабочей площадки производственного здания. Выполнения расчета в ПК ЛИРА-САПР.	54	-	-	54	-
<b>ВСЕГО</b>		<b>54</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>54</b>	<b>-</b>
<b>Итого по трем модулям</b>		<b>162</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>88</b>	<b>10</b>

## Проектирование дидактического процесса по видам учебных занятий

## Лекционные занятия, их тематика и объем

№ п/п	Название темы	Объем учебных занятий (час.)	
		Лекции	СРС
<b>8 семестр</b>			
<b>Модуль №1 «Элементы металлических конструкций и их сварка»</b>			
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. Техничко-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
<b>ВСЕГО</b>		<b>22</b>	<b>11</b>
<b>Модуль №2 «Металлические конструкции зданий и сооружений»</b>			
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
<b>ВСЕГО</b>		<b>10</b>	<b>5</b>
<b>Итого по двум модулям</b>		<b>32</b>	<b>16</b>

## Практические занятия, их тематика и объем

№ п/п	Название темы	Объем учебных занятий (час.)	
		Практ. занятие	СРС
<b>Модуль №1 «Элементы металлических конструкций и их сварка»</b>			
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
<b>ВСЕГО</b>		<b>22</b>	<b>12</b>
<b>Модуль №2 «Металлические конструкции зданий и сооружений»</b>			
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
<b>ВСЕГО</b>		<b>10</b>	<b>6</b>
<b>Итого за 8 семестр</b>		<b>54</b>	<b>18</b>

## Индивидуальная работа

№ п/п	Название темы	Объем учебных занятий (час.)
		Индивидуальная работа
<b>Модуль №1 «Элементы металлических конструкций и их сварка»</b>		
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
<b>Всего</b>		<b>10</b>
<b>Итого за 8 семестр</b>		<b>10</b>

**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 «Высшая математика», «Физика», «Архитектура», «Теоретическая механика», «Сопrotивление 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, сопротивление.

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 та 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: Канонические 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 канонические 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 обьемлющих 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», «Сопроотивление 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. Тахтамышев 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.