

М.С. Барабаш
Ю.В. Гензерский
Д.В. Марченко
В.П. Титок

ЛИРА 9.2

Примеры расчета и проектирования
Учебное пособие



Киев «ФАКТ» 2005

УДК 721.01:624.012.3:681.3.06

ЛИРА 9.2.

Примеры расчета и проектирования

Учебное пособие

М.С. Барабаш, Ю.В. Гензерский, Д.В. Марченко, В.П. Титок

– К.: издательство «Факт», 2005. – 106 с.: ил.

ISBN 966-8408-83-7

Книга представляет собой краткое учебное пособие по работе в системе автоматизированного расчета и проектирования ЛИРА.

Книга предназначена широкому кругу читателей: студентам строительных, транспортных и машиностроительных факультетов университетов, инженерам проектировщикам, аспирантам и научным работникам.

Мы рассчитываем на читателя, знающего основы строительной механики и имеющего хотя бы небольшой опыт использования программ, работающих в системе Windows.

Книга будет интересна всем тем, кто связан с проектированием конструкций или ведет исследования в области механики твердого деформированного тела.

Глобальная цель книги заключается в изложении технологии моделирования и численного анализа конструкций в среде программного комплекса ЛИРА 9.2.

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

Рекомендовано к печати Ученым советом НИИ автоматизированных систем в строительстве (НИИАСС) Госстроя Украины

© ООО «ЛИРА софт», 2005

ISBN 966-8408-83-7

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПК ЛИРА 9.2 (ПО СРАВНЕНИЮ С ВЕРСИЕЙ 9.0).....	9
ПРИМЕР 1. РАСЧЕТ ПЛОСКОЙ РАМЫ.....	11
Этап 1. Создание новой задачи.....	12
Этап 2. Создание геометрической схемы рамы	13
Этап 3. Задание граничных условий	13
Этап 4. Задание жесткостных параметров элементам рамы	14
Этап 5. Задание нагрузок	16
Этап 6. Генерация таблицы РСУ	19
Этап 7. Задание расчетных сечений для ригелей	20
Этап 8. Статический расчет рамы	20
Этап 9. Просмотр и анализ результатов расчета	20
Этап 10. Импорт расчетной схемы.....	23
Этап 11. Задание и выбор материала.....	24
Этап 12. Назначение материала.....	25
Этап 13. Назначение вида элементов.....	25
Этап 14. Назначение конструктивных элементов	26
Этап 15. Расчет армирования и просмотр результатов подбора арматуры.....	26
Этап 16. Вызов чертежа балки	27
Расчетные сочетания усилий.....	28
ПРИМЕР 2. РАСЧЕТ ПЛИТЫ.....	31
Этап 1. Создание новой задачи.....	31
Этап 2. Создание геометрической схемы плиты.....	32
Этап 3. Задание граничных условий	33
Этап 4. Задание жесткостных параметров элементам плиты.....	34
Этап 5. Задание нагрузок	35
Этап 6. Генерация таблицы РСУ.....	37
Этап 7. Статический расчет плиты.....	38
Этап 8. Просмотр и анализ результатов расчета	38
Этап 9. Импорт расчетной схемы.....	39
Этап 10. Задание и выбор материала.....	40
Этап 11. Назначение материала.....	41
Этап 12. Расчет армирования и просмотр результатов подбора арматуры.....	41
ПРИМЕР 3. РАСЧЕТ РАМЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ЗДАНИЯ	43
Этап 1. Создание новой задачи.....	44
Этап 2. Создание геометрической схемы	44
Этап 3. Задание граничных условий	47
Этап 4. Задание жесткостных параметров элементам рамы	47
Этап 5. Смена типа конечных элементов для элементов фермы	50
Этап 6. Задание нагрузок	50
Этап 7. Формирование таблицы учета статических загружений	51
Этап 8. Формирование таблицы динамических загружений.....	52
Этап 9. Задание расчетных сечений элементов ригелей	54
Этап 10. Статический расчет рамы	55
Этап 11. Просмотр и анализ результатов расчета	55
Этап 12. Вычисление и анализ расчетных сочетаний нагружений (РСН)	57
Этап 13. Расчет рамы на устойчивость.....	58
Этап 14. Импорт расчетной схемы.....	61
Этап 15. Задание дополнительных характеристик	62
Этап 16. Назначение конструктивных элементов	65
Этап 17. Назначение раскреплений в узлах изгибаемых элементов	66
Этап 18. Подбор и проверка назначенных сечений	66
Этап 19. Создание таблиц результатов подбора и проверки назначенных сечений.....	66

ПРИМЕР 4. РАСЧЕТ ПРОСТРАНСТВЕННОГО КАРКАСА ЗДАНИЯ С ФУНДАМЕНТНОЙ ПЛИТОЙ НА УПРУГОМ ОСНОВАНИИ.....	67
Этап 1. Создание новой задачи.....	68
Этап 2. Создание геометрической схемы рамы.....	68
Этап 3. Задание жесткостных параметров элементам схемы.....	72
Этап 4. Задание граничных условий.....	76
Этап 5. Задание нагрузок.....	77
Этап 6. Формирование таблицы учета статических загружений.....	78
Этап 7. Формирование таблицы динамических загружений.....	79
Этап 8. Статический расчет схемы.....	80
Этап 9. Просмотр и анализ результатов расчета.....	80
ПРИМЕР 5. РАСЧЕТ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ БАШНИ.....	85
Этап 1. Создание новой задачи.....	85
Этап 2. Создание геометрической схемы.....	86
Этап 3. Задание граничных условий.....	87
Этап 4. Задание жесткостных параметров.....	87
Этап 5. Корректировка схемы.....	90
Этап 6. Задание нагрузок.....	92
Этап 7. Формирование таблицы учета статических загружений.....	94
Этап 8. Формирование таблицы динамических загружений.....	94
Этап 9. Генерация таблицы РСУ.....	95
Этап 10. Статический расчет башни.....	96
Этап 11. Просмотр и анализ результатов расчета.....	96
Этап 12. Расчет башни на устойчивость.....	99
ПРИМЕР 6. РАСЧЕТ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО РЕЗЕРВУАРА.....	101
Этап 1. Создание новой задачи.....	101
Этап 2. Создание геометрической схемы резервуара.....	102
Этап 3. Назначение локальной системы координат узлам расчетной схемы.....	103
Этап 4. Задание жесткостных параметров элементам резервуара.....	104
Этап 5. Задание граничных условий.....	105
Этап 6. Задание нагрузок.....	106
Этап 7. Статический расчет резервуара.....	106
Этап 8. Просмотр и анализ результатов расчета.....	107
ПРИМЕР 7. НЕЛИНЕЙНЫЙ РАСЧЕТ ДВУХПРОЛЕТНОЙ БАЛКИ.....	109
Этап 1. Создание новой задачи.....	110
Этап 2. Создание геометрической схемы балки.....	111
Этап 3. Задание граничных условий.....	111
Этап 4. Задание жесткостных параметров элементам балки.....	112
Этап 5. Задание нагрузок.....	117
Этап 6. Моделирование нелинейных загружений.....	118
Этап 7. Физически нелинейный расчет балки.....	120
Этап 8. Просмотр и анализ результатов расчета.....	121
ПРИМЕР 8. РАСЧЕТ МАЧТЫ В ГЕОМЕТРИЧЕСКИ НЕЛИНЕЙНОЙ ПОСТАНОВКЕ.....	125
Этап 1. Создание новой задачи.....	125
Этап 2. Создание геометрической схемы мачты.....	126
Этап 3. Задание граничных условий.....	127
Этап 4. Смена типа конечного элемента.....	128
Этап 5. Задание жесткостных параметров элементам рамы.....	129
Этап 6. Задание нагрузок.....	131
Этап 7. Моделирование нелинейных загружений.....	134
Этап 8. Геометрически нелинейный расчет мачты.....	134
Этап 9. Просмотр и анализ результатов расчета.....	135
ЛИТЕРАТУРА.....	138

От авторов

Поставки коммерческой версии ПК ЛИРА 9.2 начались осенью 2004 года. ПК ЛИРА 9.2 является полноправным преемником ПК ЛИРА 9.0 в части интерфейса пользователя и приемов работы. Однако наличие новых возможностей побудили авторов издать данное учебное пособие в виде обучающих примеров, предназначенных для освоения приемов работы с программным комплексом ЛИРА версии 9.2 и охватывающих практически всю сферу применения комплекса.

Примеры подобраны таким образом, чтобы, освоив материал, пользователь мог в дальнейшем самостоятельно решать стоящие перед ним задачи. В книге последовательно – от простого к сложному рассматриваются поэтапные техники, используемые при формировании расчетных схем и их атрибутов, при анализе результатов расчета. Приводятся также приемы автоматизированного проектирования железобетонных и стальных конструкций.

В каждом примере приводятся необходимые действия пользователя, связанные с корректным применением требуемых диалоговых окон и выбором цепочки требуемых команд, а также даются описания самих команд и их местоположения в системе ниспадающих меню. Кроме того, каждый пример снабжен необходимыми комментариями, поясняющими те или иные особенности структуры исходных данных и принятых алгоритмов расчета.

Помимо своего непосредственного назначения данное пособие может быть также применено как справочник по расчету основных типов сооружений и конструкций.

Выражаем благодарность коллективу разработчиков ПК ЛИРА в составе:

Академик АИН Украины, д.т.н., проф. Городецкий А.С.,

д.т.н., с.н.с., Евзеров И.Д.,

к.т.н.: Барабаш М.С.,

Гераймович Ю.Д.,

Городецкий Д.А.,

Максименко В.П.,

Рассказов А.А.,

Стрелец-Стрелецкий Е.Б.,

Харченко Н.Г.,

инж.: Батрак Л.Г.,

Боговис В.Е.,

Буфиус О.И.,

Важницкая Е.Б.,

Вакуленко А.В.,

Гензерский Ю.В.,

Горбовец А.В.,

Дидковский Р.В.,

Кекух А.Н.,

Лазнюк М.В.,

Литвиненко С.В.,

Марченко Д.В.,

Маснуха А.М.,

Медведенко Д.В.,

Нилова Т.А.,

Олейник Э.А.,

Павлий Н.Н.,

Павловский В.Э.,

Римек М.В.,

Сидорак Д.И.,

Скачкова Л.В.,

Стотланд И.Л.,

Титок В.П.,

Торбенко Е.И.,

Филоненко Ю.Б.,

Шелудько В.А.,

Юсипенко С.В.

Желаем успеха в работе с ПК ЛИРА 9.2.

ВВЕДЕНИЕ

Программный комплекс ЛИРА (ПК ЛИРА) – это многофункциональный программный комплекс для расчета, исследования и проектирования конструкций различного назначения. ПК ЛИРА 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 [1, 2, 3]. Программные комплексы семейства ЛИРА непрерывно совершенствуются и приспособляются к новым операционным системам и графическим средам. Новейшим представителем семейства ЛИРА является ПК ЛИРА, версия 9.2.

Кроме общего расчета модели объекта на все возможные виды статических нагрузок, температурных, деформационных и динамических воздействий (ветер с учетом пульсации, сейсмические воздействия 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 разрушений.

ПК ЛИРА предоставляет возможность производить расчеты объектов с учетом физической и геометрической нелинейностей, моделировать процесс возведения сооружения с учетом монтажа и демонтажа элементов.

ПК ЛИРА состоит из нескольких взаимосвязанных информационных систем.

Система ЛИР-ВИЗОР – это единая графическая среда, которая располагает обширным набором возможностей и функций:

- для формирования адекватных конечно-элементных и суперэлементных моделей рассчитываемых объектов,
- для подробного визуального анализа и корректировки созданных моделей,
- для задания физико-механических свойств материалов, связей, разнообразных нагрузок, характеристик различных динамических воздействий, а также взаимосвязей между загружениями при определении их наиболее опасных сочетаний.

Возможности, предоставляемые по результатам расчета при отображении напряженно-деформированного состояния объекта, позволяют произвести детальный анализ полученных данных

- -по изополям перемещений и напряжений,
- -по эпюрам усилий и прогибов,
- -по мозаикам разрушения элементов,
- -по главным и эквивалентным напряжениям и по многим другим параметрам.

ЛИР-ВИЗОР предоставляет исчерпывающую информацию по всему объекту и по его элементам.

ЛИР-ВИЗОР позволяет вести общение с комплексом на русском и английском языках, причем замена языка может осуществляться на любой стадии работы с комплексом. **ЛИР-ВИЗОР** дает возможность использовать любую действующую систему единиц измерения как при создании модели, так и при анализе результатов расчета.

Система **СЕЧЕНИЕ** позволяет в специализированной графической среде сформировать сечения произвольной конфигурации, вычислить их осевые, изгибные, крутильные и сдвиговые характеристики. Кроме того, предоставляется возможность вычисления секториальных характеристик сечений, координат центров изгиба и кручения, моментов сопротивления, а также определения формы ядра сечения. При наличии усилий в заданном сечении производится отображение картины распределения текущих, главных и эквивалентных напряжений, соответствующих различным теориям прочности.

РАСЧЕТНЫЙ ПРОЦЕССОР реализует современные усовершенствованные методы решения систем уравнений, обладающие высоким быстродействием и позволяющие решать системы с очень большим числом неизвестных.

В расчетном процессоре содержится обширная **БИБЛИОТЕКА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**, которая позволяет создавать адекватные расчетные модели практически без ограничений на реальные свойства 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. Реализованы законы деформирования различных классов железобетона. При расчетах нелинейных задач производится автоматический выбор шага нагружения с учетом его истории. Возможности процессора позволяют смоделировать поведение сооружения в процессе возведения при многократном изменении расчетной схемы.

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.

- Система **МОСТ** предназначена для расчета на подвижные нагрузки и построения поверхностей влияния;
- Система **МОНТАЖ-ПЛЮС** - для расчета сооружений при их возведении с учетом сезонных изменений физико-механических характеристик материала (железобетона), переопирания временных опор, изменения климатических условий и т.п.

Система **Динамика плюс** - модуль прямого интегрирования уравнений движения по времени, позволяющий производить компьютерное моделирование поведения конструкции под динамическими нагрузками, в том числе с учетом нелинейности;

Конструирующая система **ЛИР-АРМ** реализует подбор площадей сечения арматуры колонн, балок, плит и оболочек по первому и второму предельным состояниям в соответствии с действующими в мире нормативами. 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, осуществляя как подбор арматуры, так и проверку заданного армирования для одного элемента. По результатам расчета формируются чертежи балок и колонн, а также создаются dxf-файлы чертежей.

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

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

Система **ДОКУМЕНТАТОР** предназначена для формирования отчетов по результатам работы с комплексом. При этом вся информация может быть представлена 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 надписями. Кроме того, табличная информация может быть передана в Microsoft Excel, а графическая – в Microsoft Word. Реализован вывод таблиц в формате HTML.

ПК ЛИРА поддерживает информационную связь с другими широко распространенными CAD-системами, такими как AutoCAD, ArchiCAD, HyperSteel, Allplan, ФОК-ПК и др.

ПК ЛИРА располагает широкой системой контекстной справки, содержащей полную информацию обо всех компонентах комплекса, правилах и порядке работы с ними.

Новые возможности ПК ЛИРА 9.2 (по сравнению с версией 9.0)

1. Новые расчетные функции

- высокоскоростной расчетный процессор, реализующий современные высокоэффективные алгоритмы построения и решения больших систем уравнений, позволяющий в **5-10** раз сократить время решения систем уравнений, основанных на ленточной структуре;
- новые типы конечных элементов, среди которых КЭ трения, объемные нелинейные КЭ грунта, толстые плиты и оболочки, геометрически нелинейные КЭ стержня и оболочки с учетом больших деформаций (КЭ Ландау-Лифшица);
- шарниры конечной жесткости в стержнях;
- модуль прямого интегрирования уравнений движения по времени, позволяющий производить компьютерное моделирование поведения конструкции, в том числе с учетом нелинейности;
- новые модули расчета на сейсмические воздействия, в том числе пространственные модели Ю.П. Назарова и В.К. Егупова;
- усовершенствованный расчет на устойчивость с вычислением первых трех форм потери устойчивости;
- вычисление РСН для фрагмента (фундамента) с корректным учетом динамических составляющих.

2. Новые расчетно-графические системы

- **МОСТ** - для расчета на подвижные нагрузки и построения поверхностей влияния;
- **МОНТАЖ-ПЛЮС** - для расчета сооружений при их возведении с учетом сезонных изменений физико-механических характеристик материала (железобетона), переопирания временных опор, изменения климатических условий и т.п.
- **Динамика плюс** - модуль прямого интегрирования уравнений движения по времени, позволяющий производить компьютерное моделирование поведения конструкции под динамическими нагрузками, в том числе с учетом нелинейности;

3. Новые графические функции

- генерация равномерных КЭ-сеток (без особых точек, полюсов и т.п.) на сферических и параболических поверхностях;
- генерация пространственных поверхностей вида $z=f(x,y)$ на опорных планах различной конфигурации;
- генерация складчатых поверхностей из КЭ стержней и пластин;
- вычисление геометрии ванта с определением координат узлов разбивки, исходя из стрелы провисания либо из реальной длины;
- механизм сгущения и преобразования сети КЭ по большому числу критериев;
- механизм перенумерации и сортировки узлов и элементов расчетной схемы по различным критериям;
- задание произвольной кусочно-линейной нагрузки на пластины и стержни;
- автоматическое преобразование фрагментов расчетной схемы в суперэлементы;
- автоматическое преобразование суперэлементов во фрагменты основной схемы;
- назначение строительных осей и отметок с последующим использованием в навигации и документации;
- управляемая настройка цветовой шкалы при отображении результатов;
- согласование местных осей для объемных элементов;

4. Новые сервисные функции

- сохранение графической информации о задаче в широком наборе графических форматов;
- экспорт-импорт расчетных схем между **ПК ЛИРА** и **STARK-EC**;

- система прямой и обратной связи пользователь-разработчик по электронной почте - шаблон стандартного обращения пользователя к разработчику по электронной почте, автоматическое архивирование всех компонентов задачи и т.п.;
- автоматическое сохранение файлов;
- удаление рабочих и временных файлов старых проектов.

5. Обновления в системе ЛИР-ВИЗОР

- усовершенствованная панель открытия файлов с расширенной информацией о проекте;
- ускоренная упаковка схемы с учетом большого числа критериев;
- расширение функций ПолиФильтра;
- упрощение процедуры сборки расчетной схемы из других схем;
- усовершенствование процедуры задания собственного веса;
- упрощение процедуры и расширение возможностей при задании объединения перемещений узлов, расшивки узлов и задания шарниров в пластинах;
- получение информации о проекциях измеряемых длин и площадей;
- отображение усилий в специальных, в том числе одноузловых, КЭ в виде мозаик;
- новые флаги рисования.

6. Обновления в системе ЛИР-СТК

- Проверка и подбор новых сечений:

- Швеллер из 3-х листов 
- Швеллер из листа и уголков 
- Прямоугольное сечение 
- Три трубы с раскосной решеткой из труб и стержней 
- Швеллер и двутавр с решеткой  (Швеллер может быть прокатный, гнутый, из 3-х листов, из листа и уголков. Двутавр - прокатный и составной. Решетка - раскосная и раскосно-распорная из любого профиля).

- Проверка всех сечений кроме троса, одиночного уголка и крестовых уголков на сжатие с изгибом (в тип дополнительных характеристик "колонна", "балка", "ферма") .
- Расчет по Eurocode 3 обновлен до редакции 1992 года. Версия ЛИР-СТК 9.2 выполняет расчет сечений классов 1...3 по Eurocode 3.1.1 (ENV 1993-1-1:1992 E). Расчет по Еврокоду можно полностью трассировать в HTML-виде.
- Добавлена возможность выполнения расчета по усилиям от нагрузжений.

7. Обновления в системе ЛИР-АРМ

- Подбор арматуры в стержнях производится с учетом их конструктивных особенностей, стержень - полностью несимметричное армирование, балка - армирование несимметричное относительно одной оси, колонна - симметричное армирование.
- Для стержней таврового и двутаврового сечения подбор арматуры осуществляется с учетом расположения арматуры в стенке или в полках.
- Учет сдвоенности арматурных стержней в углах сечения стержней при подборе арматуры.
- Для стержней подбор арматуры осуществляется до достижения заданного максимального процента армирования.

Пример 1. Расчет плоской рамы

Цели и задачи:

- составить расчетную схему плоской рамы;
- заполнить таблицу РСУ;
- подобрать арматуру для элементов рамы;
- законструировать неразрезную балку.

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 $g_1 = 2.0$ тс/м;
- постоянная равномерно распределенная $g_2 = 1.5$ тс/м;
- постоянная равномерно распределенная $g_3 = 3.0$ тс/м;
- временная длительная равномерно распределенная $g_4 = 4.67$ тс/м;
- временная длительная равномерно распределенная $g_5 = 2.0$ тс/м;
- ветровая (слева) $P_1 = -1.0$ тс;
- ветровая (слева) $P_2 = -1.5$ тс;
- ветровая (слева) $P_3 = -0.75$ тс;
- ветровая (слева) $P_4 = -1.125$ тс;
- ветровая (справа) $P_1 = 1.0$ тс;
- ветровая (справа) $P_2 = 1.5$ тс;
- ветровая (справа) $P_3 = 0.75$ тс;
- ветровая (справа) $P_4 = 1.125$ тс.

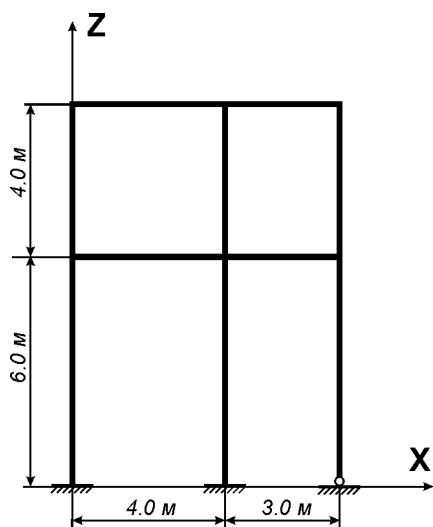


Рис. 1.1. Схема рамы

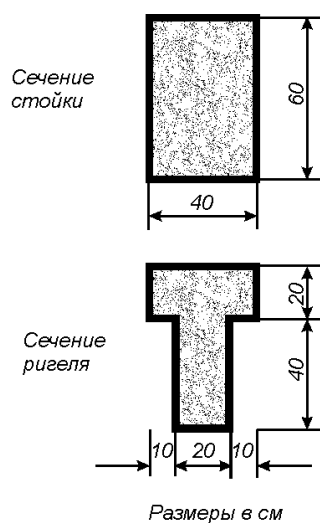


Рис.1.2. Сечения элементов рамы

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

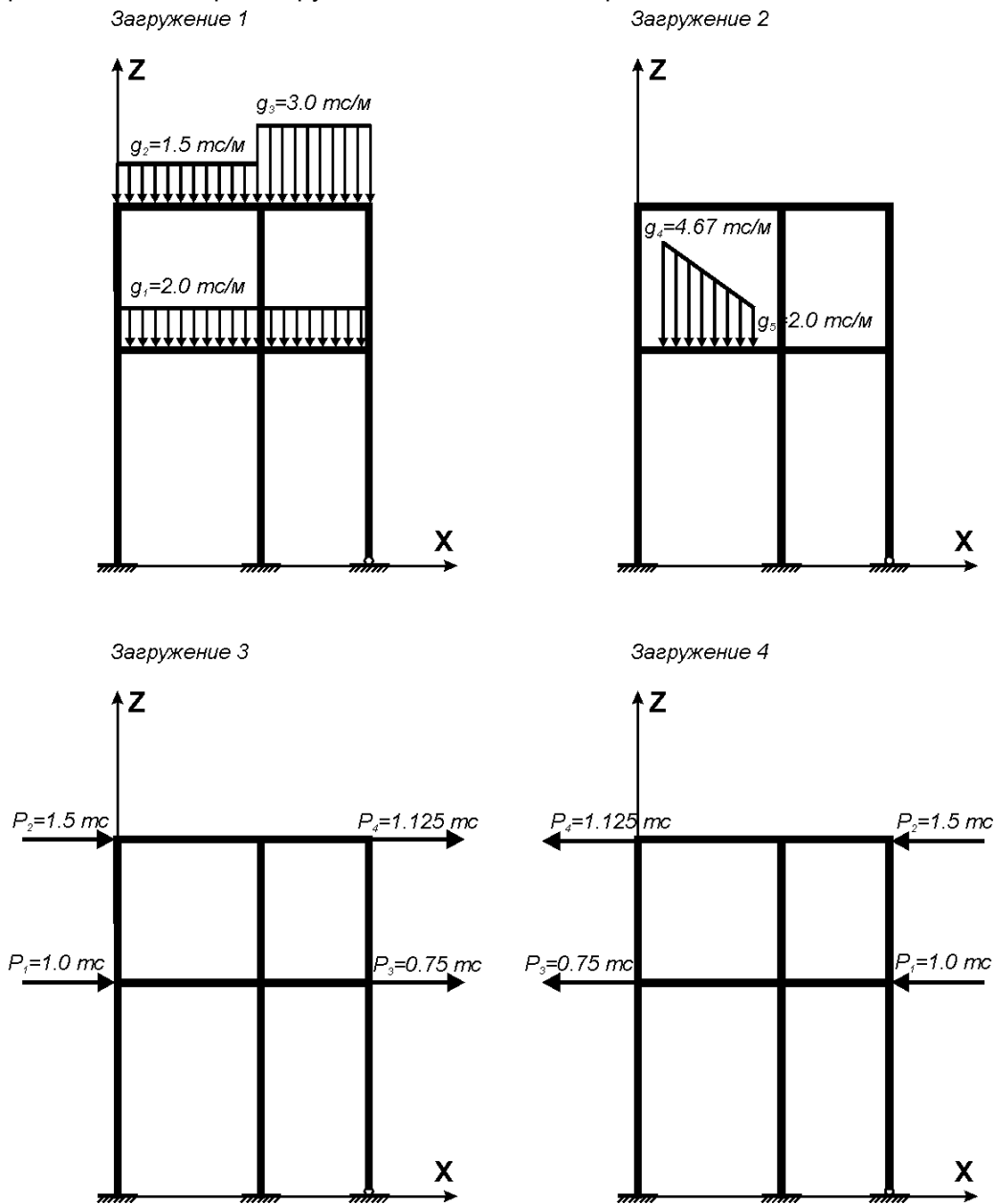


Рис.1.3. Схемы загрузок рамы

Для того чтобы начать работу с ПК [ЛИРА](#), выполните следующую команду Windows:
Пуск ⇒ Программы ⇒ ЛИРА 9.2 ⇒ ЛИРА 9.2.

Этап 1. Создание новой задачи

- Для создания новой задачи выполните пункт меню **Файл** ⇒ **Новый** (кнопка  на панели инструментов).
- В появившемся диалоговом окне **Признак схемы** (рис.1.4) задайте следующие параметры:
 - имя создаваемой задачи – **Пример1** (шифр задачи по умолчанию совпадает с именем задачи);
 - признак схемы – **2 – Три степени свободы в узле (два перемещения и поворот) X0Z**.
- После этого щелкните по кнопке **Подтвердить**.

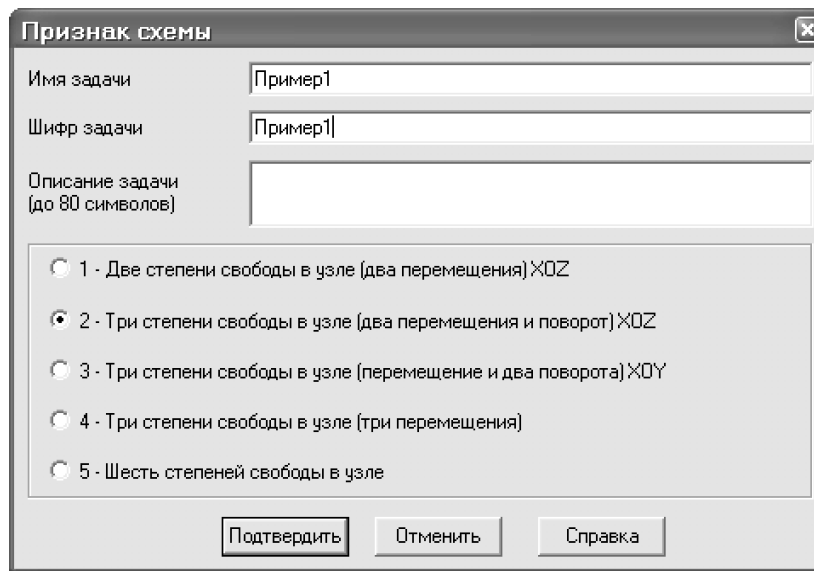


Рис.1.4. Диалоговое окно Признак схемы

Этап 2. Создание геометрической схемы рамы

- Вызовите диалоговое окно **Создание плоских фрагментов и сетей** с помощью меню **Схема** ⇒ **Создание** ⇒ **Регулярные фрагменты и сети** (кнопка  на панели инструментов).

- В этом диалоговом окне задайте:

- Шаг вдоль первой оси: Шаг вдоль второй оси:

L(м)	N
4.00	1
3.00	1

L(м)	N
6.00	1
4.00	1
- Остальные параметры принимаются по умолчанию (рис.1.5).

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

Сохранение информации о расчетной схеме

- Для сохранения информации о расчетной схеме выполните пункт меню **Файл** ⇒ **Сохранить** (кнопка  на панели инструментов).
- В появившемся диалоговом окне **Сохранить как** задайте:
 - имя задачи – **Пример1**;
 - папку, в которую будет сохранена эта задача (по умолчанию выбирается папка – **LDdata**).
- Щелкните по кнопке **Сохранить**.

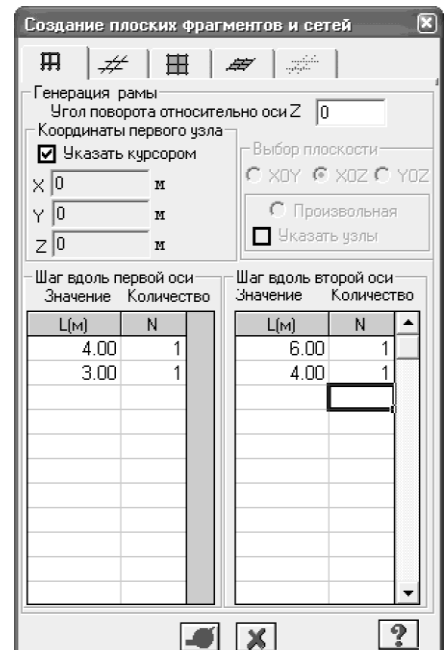


Рис.1.5. Диалоговое окно Создание плоских фрагментов и сетей

Этап 3. Задание граничных условий

Вывод на экран номеров узлов и элементов

- Выполните пункт меню **Опции** ⇒ **Флаги рисования** (кнопка  на панели инструментов).
- В диалоговом окне **Показать** при активной закладке **Элементы** установите флажок **Номера элементов**.
- После этого активизируйте закладку **Узлы** и установите флажок **Номера узлов**.

- Щелкните по кнопке  – **Перерисовать**.

На рис.1.6 представлена полученная схема.

Отметка узлов № 1 и 2

- Выполните пункт меню **Выбор** ⇒ **Отметка узлов** (кнопка  на панели инструментов).
- 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".

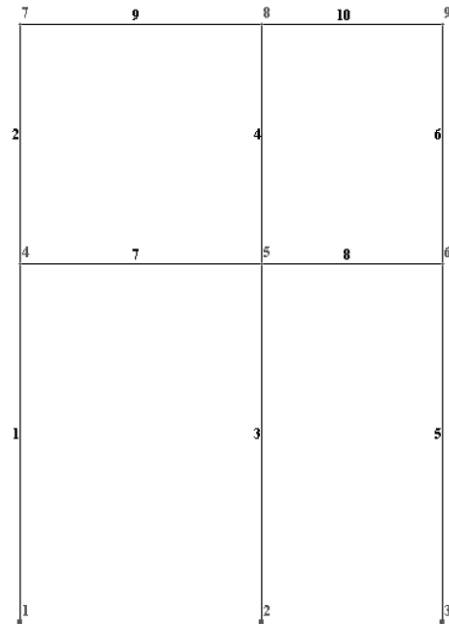


Рис.1.6. Нумерация узлов и элементов расчетной схемы

Задание граничных условий в узлах № 1 и 2

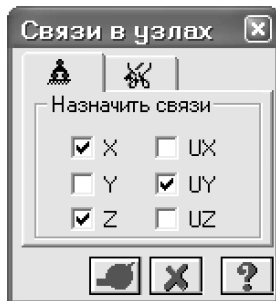


Рис.1.7. Диалоговое окно Связи в узлах

- С помощью пункта меню **Схема** ⇒ **Связи** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Связи в узлах** (рис.1.7).
- В этом окне, с помощью установки флажков, отметьте направления, по которым запрещены перемещения узлов (X, Z, UY).
- После этого щелкните по кнопке  – **Применить** (узлы окрашиваются в синий цвет).

Задание граничных условий в узле № 3

- Выделите узел № 3 с помощью курсора.
- В диалоговом окне **Связи в узлах** отметьте направления, по которым запрещено перемещение узла (X, Z). Для этого необходимо снять флажок с направления UY.
- Щелкните по кнопке **Применить**.
- Выполните пункт меню **Выбор** ⇒ **Отметка узлов** (кнопка  на панели инструментов), чтобы снять активность с операции отметки узлов.

Этап 4. Задание жесткостных параметров элементам рамы



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 **Назначить** всем выделенным элементам присваиваются жесткостные характеристики, содержащиеся в текущем типе жесткости.

Диалоговое окно **Жесткости элементов** имеет три закладки графического меню, дающее доступ к **библиотеке жесткостных типов сечений**. 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 находится кнопка выбора типа **нестандартного сечения**.

Формирование типов жесткости

- С помощью меню **Жесткости** ⇒ **Жесткости элементов** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Жесткости элементов** (рис.1.8).
- В этом окне щелкните по кнопке **Добавить** для того, чтобы вывести список стандартных типов сечений.
- Выберите двойным щелчком мыши элемент графического списка - тип сечения **Брус** (на экран выводится диалоговое окно для задания жесткостных характеристик выбранного типа сечения).
- В диалоговом окне **Задание стандартного сечения** задайте параметры сечения **Брус** (рис.1.9):
 - модуль упругости – $E = 3e6 \text{ т/м}^2$;
 - геометрические размеры – $B = 60 \text{ см}$; $H = 40 \text{ см}$.
- Для ввода данных щелкните по кнопке **Подтвердить**.
- Далее в диалоговом окне **Жесткости элементов** 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**.

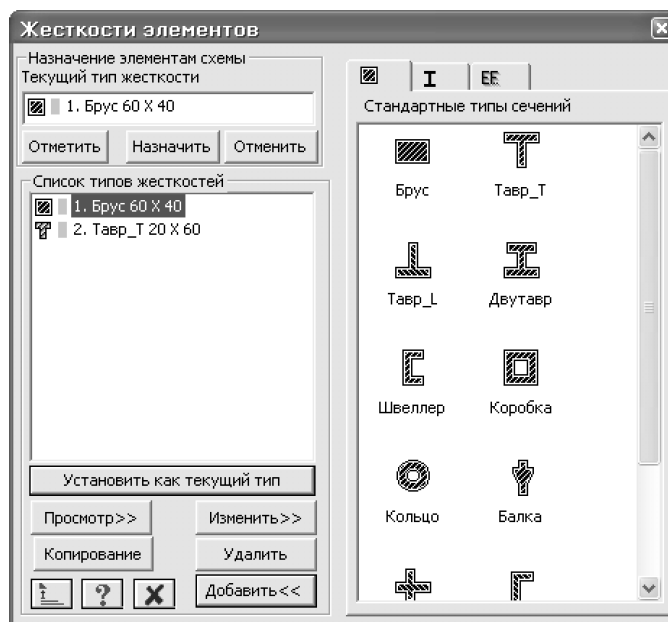


Рис.1.8. Диалоговое окно **Жесткости элементов**

Назначение жесткостей элементам рамы

- В диалоговом окне **Жесткости элементов** в списке типов жесткостей выделите курсором тип жесткости **1.Брус 60х40**.
- Щелкните по кнопке **Установить как текущий тип** (при этом выбранный тип записывается в окне редактирования **Текущий тип жесткости**. Можно назначить текущий тип жесткости двойным щелчком на строке списка).
- Выполните пункт меню **Выбор ⇒ Отметка вертикальных элементов** (кнопка  на панели инструментов).
- С помощью курсора выделите все вертикальные элементы схемы (выделенные элементы окрашиваются в красный цвет).

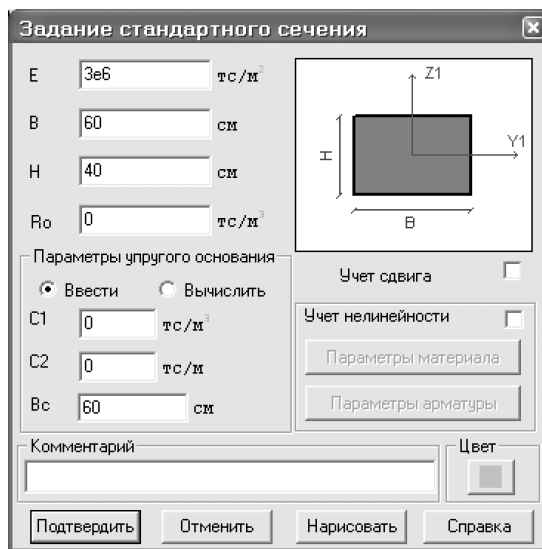


Рис.1.9. Диалоговое окно **Задание**



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

- В диалоговом окне **Жесткости элементов** щелкните по кнопке **Назначить** (с элементов снимается выделение. Это свидетельство того, что выделенным элементам присвоена текущая жесткость).
- Выполните пункт меню **Выбор ⇒ Отметка вертикальных элементов** (кнопка  на панели инструментов), чтобы снять активность с операции выделения вертикальных стержневых элементов.
- В списке типов жесткостей выделите курсором тип жесткости **2.Тавр_Т 20х60**.
- Щелкните по кнопке **Установить как текущий тип**.
- Выполните пункт меню **Выбор ⇒ Отметка горизонтальных элементов** (кнопка  на панели инструментов).
- С помощью курсора выделите все горизонтальные элементы схемы.
- В диалоговом окне **Жесткости элементов** щелкните по кнопке **Назначить**.

Этап 5. Задание нагрузок



Выбор загрузки

*Допускается задание до 99 загрузок. Каждому загрузке присваивается номер и произвольное имя. Загрузка может содержать любое количество нагрузок. Номер и имя загрузки присваиваются с помощью диалогового окна **Активное загрузке** (рис.1.10), которое вызывается из меню **Нагрузки ⇒ Выбор загрузки** (кнопка  на панели инструментов). По умолчанию, в начале работы программы, принято имя **Загрузка 1**.*

Задание нагрузок

*Нагрузки на узлы и элементы задаются с помощью диалогового окна **Задание нагрузок** (рис.1.11), которое вызывается из меню **Нагрузки ⇒ Нагрузка на узлы и элементы** (кнопка  на панели инструментов).*

*Диалоговое окно содержит закладки для задания нагрузок на **узлы, стержни, пластины, объемные элементы и суперэлементы**, а также для задания нагрузок для расчета на **динамику во времени**. По умолчанию принимается, что **нагрузки***

принадлежат одному и тому же текущему загрузению, номер которого был задан заранее. Окно содержит также закладку для корректировки или удаления нагрузок текущего загрузения.

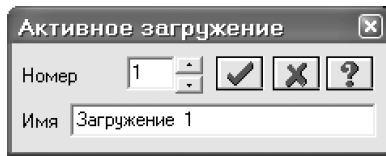


Рис.1.10. Диалоговое окно Активное загрузение

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.

Формирование загрузения № 1

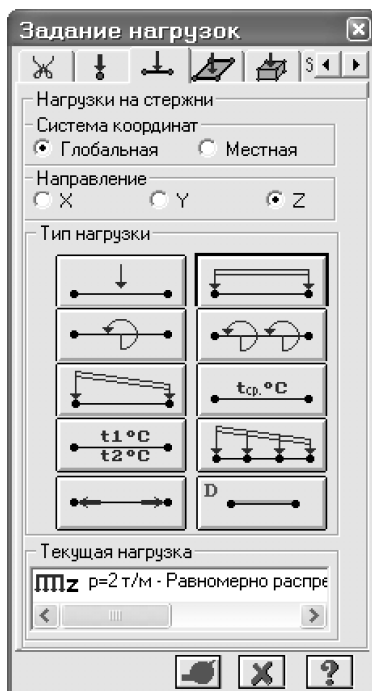


Рис.1.11. Диалоговое окно Задание нагрузок

- Выделите горизонтальные элементы № 7 и 8.
- Вызовите диалоговое окно **Задание нагрузок** (рис.1.11) с помощью меню **Нагрузки** ⇨ **Нагрузка на узлы и элементы** (кнопка  на панели инструментов).
- В этом окне активизируйте закладку **Нагрузки на стержни**.
- Затем радио-кнопками укажите систему координат **Глобальная**, направление – вдоль оси **Z**.
- Щелчком по кнопке равномерно распределенной нагрузки вызовите диалоговое окно **Параметры местной нагрузки**.
- В этом окне задайте интенсивность нагрузки $g1 = 2.0$ тс/м (рис.1.12).
- Щелкните по кнопке **Подтвердить**.
- После этого в диалоговом окне **Задание нагрузок** щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Выделите элемент № 9.
- В диалоговом окне **Задание нагрузок** щелчком по кнопке равномерно распределенной нагрузки вызовите диалоговое окно **Параметры местной нагрузки**.
- В этом окне задайте интенсивность $g2 = 1.5$ тс/м.

- Щелкните по кнопке **Подтвердить**.
- После этого в диалоговом окне **Задание нагрузок** щелкните по кнопке **Применить**.
- Выделите элемент № 10.
- В диалоговом окне **Задание нагрузок** щелчком по кнопке равномерно распределенной нагрузки вызовите диалоговое окно **Параметры местной нагрузки**.
- В этом окне задайте интенсивность $g3 = 3.0$ тс/м.
- Щелкните по кнопке **Подтвердить**.
- После этого в диалоговом окне **Задание нагрузок** щелкните по кнопке **Применить**.



Рис.1.12. Диалоговое окно Параметры местной нагрузки

Формирование загрузки № 2

- Смените номер текущего нагружения, вызвав диалоговое окно **Активное нагружение** (рис.1.10) с помощью меню **Нагрузки** ⇒ **Выбор нагружения** (кнопка  на панели инструментов).
- В этом диалоговом окне задайте номер нагружения **2**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Выделите элемент № 7.
- В диалоговом окне **Задание нагрузок** щелчком по кнопке трапецевидной нагрузки вызовите диалоговое окно **Параметры местной нагрузки**.
- В этом окне задайте параметры: **P1** = 4.67 тс/м, **A1** = 0.5 м, **P2** = 2.0 тс/м, **A2** = 3.5 м (рис.1.13).
- Щелкните по кнопке **Подтвердить**.
- После этого в диалоговом окне **Задание нагрузок** щелкните по кнопке **Применить**.

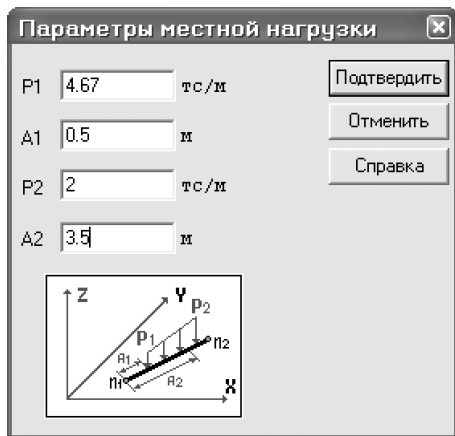


Рис.1.13. Диалоговое окно **Параметры местной нагрузки** (трапецевидная нагрузка)

- В этом окне введите значение **P** = -1 тс.
- Щелкните по кнопке **Подтвердить**.
- После этого в диалоговом окне **Задание нагрузок** щелкните по кнопке **Применить**.
- 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 тс.
- Щелкните по кнопке **Подтвердить**.
- После этого в диалоговом окне **Задание нагрузок** щелкните по кнопке **Применить**.
- Аналогично предыдущим операциям задайте нагрузки:
 - в узле № 6 – **P3** = -0.75 тс;
 - в узле № 9 – **P4** = -1.125 тс.

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 тс.
- Щелкните по кнопке **Подтвердить**.
- После этого в диалоговом окне **Задание нагрузок** щелкните по кнопке **Применить**.
- Аналогично предыдущим операциям задайте нагрузки:
 - в узле № 6 – **P1** = 1.0 тс;
 - в узле № 9 – **P2** = 1.5 тс;
 - в узле № 7 – **P4** = 1.125 тс.

Формирование загрузки № 3

- Смените номер текущего нагружения, вызвав диалоговое окно **Активное нагружение** с помощью меню **Нагрузки** ⇒ **Выбор нагружения** (кнопка  на панели инструментов).
- В этом диалоговом окне переключите номер нагружения на **3**.
- Щелкните по кнопке **Применить**.
- Выполните пункт меню **Выбор** ⇒ **Отметка узлов** (кнопка  на панели инструментов).
- С помощью курсора выделите узел № 4.
- В диалоговом окне **Задание нагрузок** активизируйте 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**.

Этап 6. 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 подсистемах **ЛИР-АРМ** и **ЛИР-СТК** нужно производить расчет РСУ или РСН.

Вычисление расчетных сочетаний усилий (РСУ) 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 и усилий в элементах).

Подробное описание таблицы РСУ смотрите в конце примера.

- С помощью пункта меню **Нагрузки** ⇒ **РСУ** ⇒ **Генерация таблицы РСУ** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Расчетные сочетания усилий** (рис.1.14).
- В этом окне задайте следующие данные:
 - для Загружения 1 выберите в списке Вид загрузки – **Постоянное (0)** и щелкните по кнопке **Подтвердить** (в строке **Номер загрузки** номер автоматически изменился на **2**);
 - для Загружения 2 выберите в списке Вид загрузки – **Временное длит. (1)** и щелкните по кнопке **Подтвердить** (в строке **Номер загрузки** номер автоматически изменился на **3**);
 - для Загружения 3 выберите в списке Вид загрузки – **Кратковременное (2)**, в текстовом поле **№ группы взаимоисключающих загрузок** задайте **1**, в текстовом поле **Коэффициент надежности** задайте **1.4** и после этого щелкните по кнопке **Подтвердить** (в строке **Номер загрузки** номер автоматически изменился на **4**);
 - для Загружения 4 (повтор данных загрузки 3) выберите в списке Вид загрузки – **Кратковременное (2)**, в текстовом поле **№ группы взаимоисключающих загрузок** задайте **1**, в текстовом поле **Коэффициент надежности** задайте **1.4** и после этого щелкните по кнопке **Подтвердить**.
- Закройте диалоговое окно щелчком по кнопке **Заккрыть**.

Расчетные сочетания усилий

Номер загрузки: 4 Подтвердить Закреть

Название загрузки: Загрузка 4 По умолчанию Отменить

Вид загрузки: Кратковременное (2) Справка

N группы объединяемых временных нагрузок: 0

Учитывать знакопеременность: ☐

N группы взаимоисключающих нагрузок: 1

NN сопутствующих нагрузок: 0 0

Коэффициент надежности: 1.40

Доля длительности: 0.35

Ограничения для кранов и тормозов: Кран ☐ Тормоз ☐

Коэффициенты для РСЧ

N за-гружения	1-е ос-новное сочетание	2-е ос-новное сочетание	Особое сочетание
1	1.00	1.00	0.90
2	1.00	0.95	0.80
3	1.00	0.90	0.50
4 ->	1.00	0.90	0.50

Сводная таблица для вычисления РСЧ:

N назв.	Параметры РСЧ	Коэффициенты РСЧ
1	< 0 0 0 0 0 0 1.10 1.00 >	< 1.00 > < 1.00 > < 0.90 >
2	< 1 0 0 0 0 0 1.20 1.00 >	< 1.00 > < 0.95 > < 0.80 >
3	< 2 0 0 1 0 0 1.40 0.35 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >
4	< 2 0 0 1 0 0 1.40 0.35 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >

Рис.1.14. Диалоговое окно Расчетные сочетания усилий

Этап 7. Задание расчетных сечений для ригелей

- Выделите на схеме все горизонтальные элементы.
- С помощью меню **Схема** ⇒ **Расчетные сечения стержней** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Расчетные сечения** (рис.1.15).
- В этом окне задайте количество расчетных сечений N = 5.
- Щелкните по кнопке  – **Применить** (чтобы выполнить конструирование изгибаемого элемента, требуется вычислить усилия в трех или более сечениях).

Расчетные сечения

Кол-во сечений

N 5

Рис.1.15. Диалоговое окно Расчетные сечения

Этап 8. Статический расчет рамы

- Запустите задачу на расчет с помощью меню **Режим** ⇒ **Выполнить расчет** (кнопка  на панели инструментов).

Этап 9. Просмотр и анализ результатов расчета

- После расчета задачи, переход в режим результатов расчета осуществляется с помощью меню **Режим** ⇒ **Результаты расчета** (кнопка  на панели инструментов).
- В режиме просмотра результатов расчета по умолчанию расчетная схема отображается с учетом перемещений узлов (рис. 1.16). Для отображения схемы без учета перемещений узлов выполните пункт меню **Схема** ⇒ **Исходная схема** (кнопка  на панели инструментов).

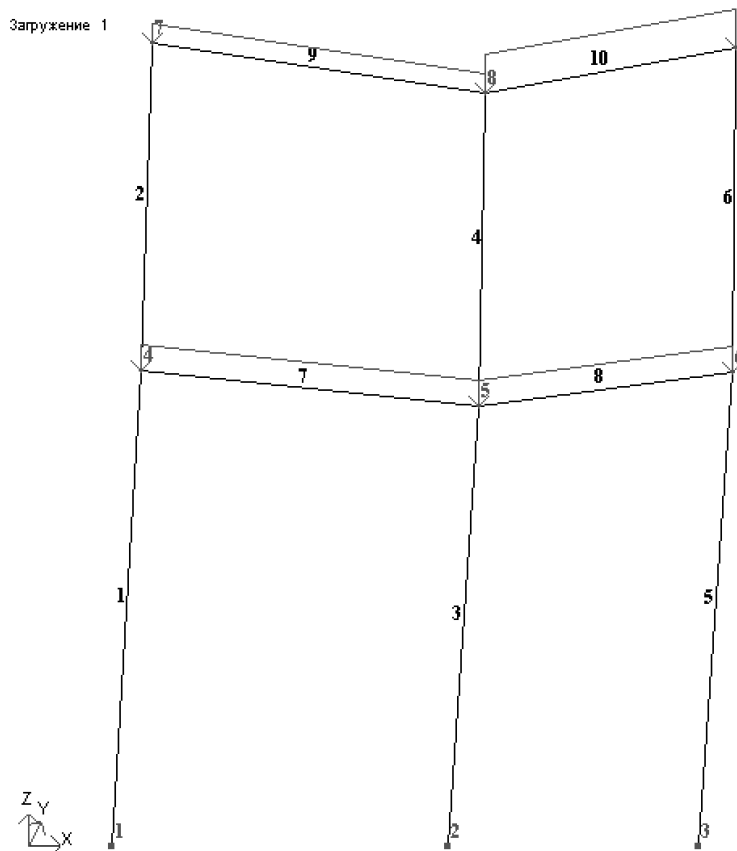


Рис.1.16. Расчетная схема с учетом перемещений узлов

Вывод на экран эпюр внутренних усилий

- Выведите на экран эпюру M_y (рис. 1.17) с помощью меню **Усилия** ⇒ **Эпюры** ⇒ **Эпюры изгибающих моментов (M_y)** (кнопки , а затем  на панели инструментов).
- Для вывода эпюры Q_z (рис. 1.18), выполните пункт меню **Усилия** ⇒ **Эпюры** ⇒ **Эпюры поперечных сил (Q_z)** (кнопка  на панели инструментов).

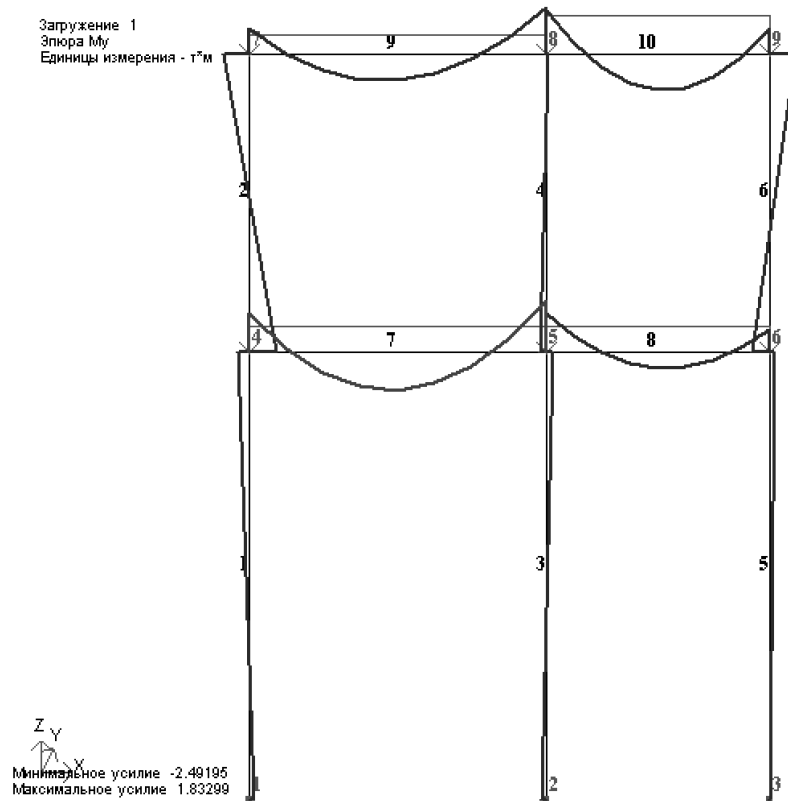


Рис.1.17. Эпюры изгибающих моментов M_y

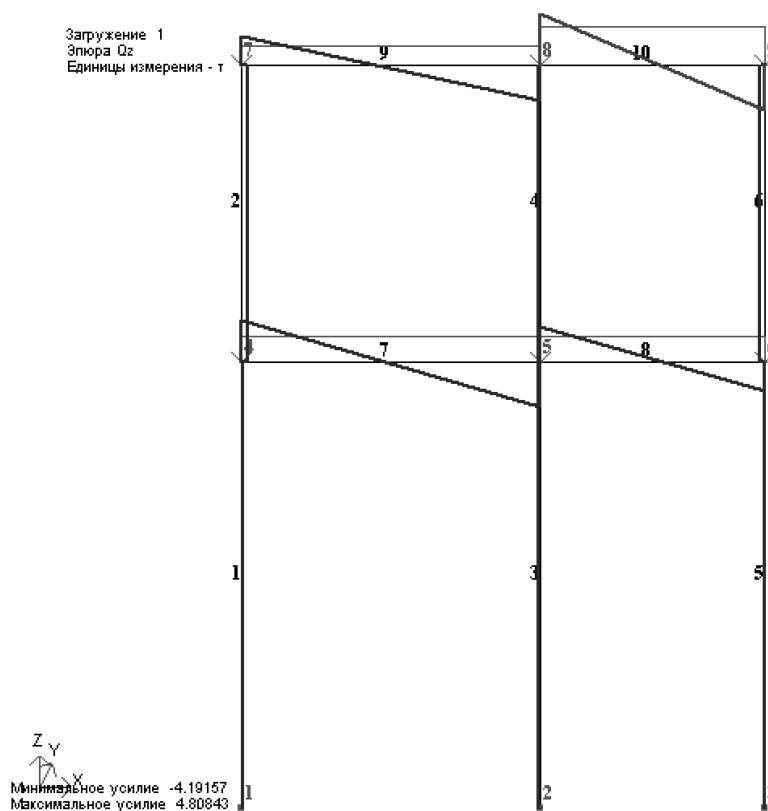


Рис.1.18. Эпюры поперечных сил Q_z

Смена номера текущего загрузки

- На панели инструментов **Загрузки**  смените номер загрузки на **2** и щелкните по кнопке  – **Подтвердить выбор**.

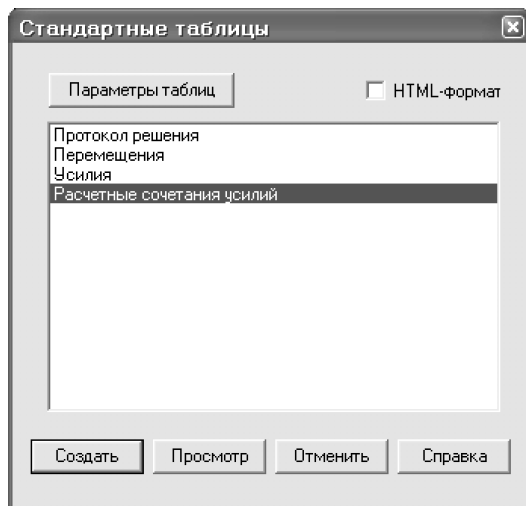


Рис.1.19. Диалоговое окно
Стандартные таблицы

Формирование и просмотр таблиц результатов расчета

- Для вывода на экран таблицы со значениями расчетных сочетаний усилий в элементах схемы, выполните пункт меню **Окно** ⇒ **Стандартные таблицы**.
- После этого в диалоговом окне **Стандартные таблицы** (рис. 1.19) выделите строку **Расчетные сочетания усилий**.
- Щелкните по кнопке **Создать** (для создания таблиц в формате HTML нужно установить флажок **HTML-формат**).
- Для того чтобы закрыть таблицу, выполните пункт меню **Файл** ⇒ **Заккрыть**.

Расчет и конструирование сечений в системе ЛИР-АРМ

Система **ЛИР-АРМ** предназначена 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 и другие.

Исходными данными для работы системы является файл, подготовленный в **ЛИР-ВИЗОРЕ**, содержащий усилия в заданных сечениях и РСУ. Этот файл имеет формат ***#00.***.

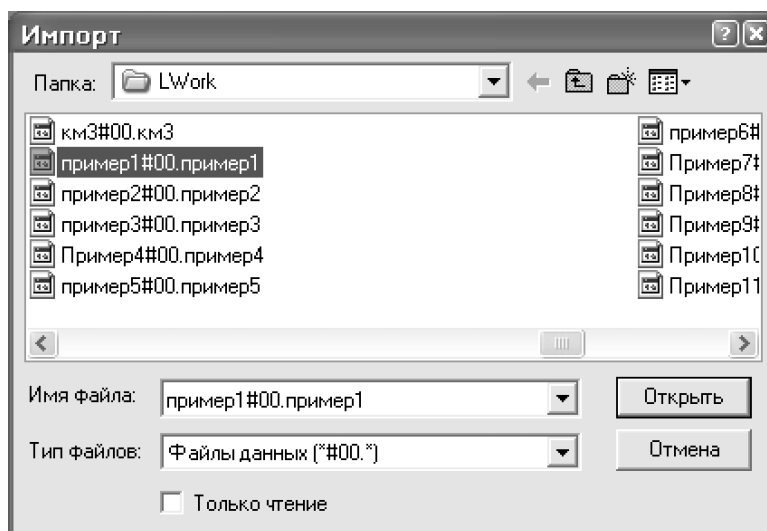
Данные, характеризующие применяемые материалы и условия работы проектируемого элемента, вводятся с помощью диалоговых окон системы **ЛИР-АРМ**. Система имеет четыре модуля армирования, выполняющих подбор по первой и второй группам предельных состояний:

- модуль **стержень**;
- модуль **балка-стенка**;
- модуль **плита**;
- модуль **оболочка**.

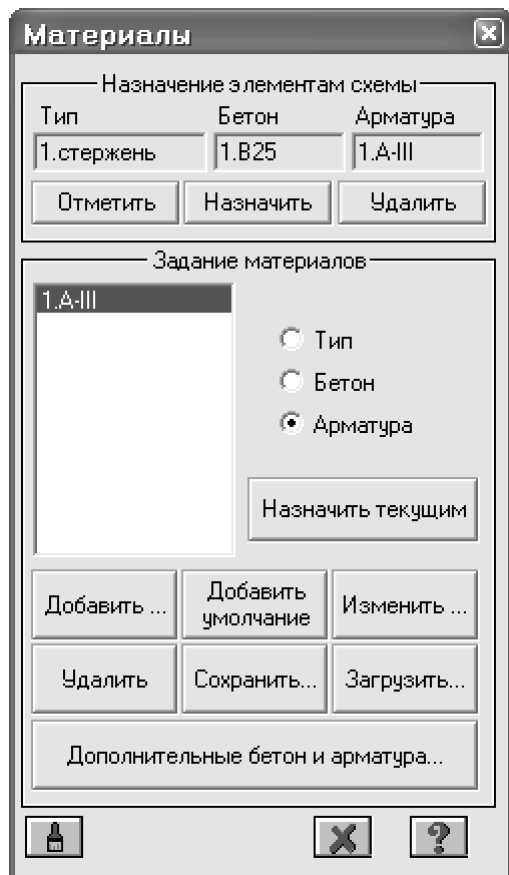
Для того чтобы начать работу с модулем **ЛИР-АРМ**, выполните следующую команду Windows: **Пуск** ⇒ **Программы** ⇒ **ЛИРА 9.2** ⇒ **ЛИР-АРМ** (с этого момента в отдельном окне работает модуль **ЛИР-АРМ**).

Этап 10. Импорт расчетной схемы

- Для импорта расчетной схемы выполните пункт меню **Файл** ⇒ **Импорт** (кнопка  на панели инструментов).
- В диалоговом окне **Импорт** (рис. 1.20) выделите файл **пример1#00.пример1**.
- Щелкните по кнопке **Открыть**.

Рис.1.20. Диалоговое окно **Импорт**

Модуль **ЛИР-АРМ** также можно открыть из режима результатов расчета **ЛИР-ВИЗОР** с помощью меню **Окно** ⇒ **ЛИР-АРМ**. В этом случае импортирование расчетной схемы производится автоматически.

Рис.1.21. Диалоговое окно **Материалы**

Этап 11. Задание и выбор материала

- С помощью меню **Редактирование** ⇒ **Задание и выбор материала** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Материалы** (рис.1.21).
- В этом диалоговом окне активизируйте радио-кнопку **Тип** и щелкните по кнопке **Добавить**.
- На экран выводится диалоговое окно **Общие характеристики армирования** (рис.1.22), в котором задайте следующие параметры:
 - в поле **Расчетные длины** отметьте радио-кнопку **Коэффициент расч. длины**;
 - задайте параметры **LY = 0.7**, **LZ = 0.7**;
 - в раскрывающемся списке выберите модуль армирования – **стержень** (все остальные параметры остаются заданными по умолчанию).
- После этого щелкните по кнопке  – **Применить**.

- Система возвращается к диалоговому окну **Материалы**. В этом окне щелкните по кнопке **Назначить текущим**.
- В диалоговом окне **Материалы** активизируйте радио-кнопку **Бетон**.
- Щелкните по кнопкам **Добавить умолчание** и **Назначить текущим** (этой операцией по умолчанию принимается бетон класса B25).
- В этом же окне активизируйте радио-кнопку **Арматура**.
- Щелкните по кнопкам **Добавить умолчание** и **Назначить текущим** (этой операцией по умолчанию принимается арматура класса A-III).

Этап 12. Назначение материала

- Выполните пункт меню **Выбор ⇒ Отметка элементов** (кнопка  на панели инструментов).
- С помощью курсора выделите все элементы схемы.
- В диалоговом окне **Материалы** щелкните по кнопке **Назначить**.

Общие характеристики армирования

Модуль армирования:

Армирование: ☐ Симметричное ☐ Несимметричное ☒ Симметричное и Несимметричное

Привязка центра тяжести арматуры (см):

к нижнему к краю сечения	a1	3
к верхнему к краю сечения	a2	3
к боку	a3	3

Расчетные длины:

LY ☐ Расчетная длина (в метрах)

LZ ☒ Коэффициент расчетной длины

Конструктивные особенности стержней:

☒ НЕ учитывать конструктивные требования

☒ Стержень ☐ Балка

☐ Колонна многостажного каркаса : рядовая

☐ Колонна многостажного каркаса : первого этажа (опорное сечение)

Система:

☒ статически неопределимая ☐ статически определимая

Процент армирования:

Min	0.05
Max	10

Точность (%) на стадии:

предварительного расчета	20
основного расчета	1

☒ Выделять угловые арматурные стержни

☐ Располагать боковую арматуру в полке

☒ Выполнить расчет по II-му предельному состоянию

Рис.1.22. Диалоговое окно **Общие характеристики армирования**

Этап 13. Назначение вида элементов

Назначение вида элементов КОЛОННА

- Выполните пункт меню **Выбор ⇒ Отметка вертикальных элементов** (кнопка  на панели инструментов).
- С помощью курсора выделите все вертикальные элементы схемы.
- Из меню **Редактирование ⇒ Назначить вид элемента** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Вид элемента** (рис.1.23).

Вид элемента

☐ Балка ☒ Колонна ☐ Стержень

Рис.1.23. Диалоговое окно **Вид элемента**

- В этом окне, при активной радио-кнопке **Колонна**, щелкните по кнопке **Подтвердить** (вид элемента назначается для того, чтобы можно было выполнить конструирование ж/б стержневых элементов).
- Выполните пункт меню **Выбор ⇒ Отметка вертикальных элементов** (кнопка  на панели инструментов), чтобы снять активность с операции выделения вертикальных стержневых элементов.

Назначение вида элементов БАЛКА

- Выполните пункт меню **Выбор ⇒ Отметка горизонтальных элементов** (кнопка  на панели инструментов).
- С помощью курсора выделите все горизонтальные элементы схемы.

- Из меню **Редактирование** ⇒ **Назначить вид элемента** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Вид элемента**.
- В этом окне, при активной радио-кнопке **Балка**, щелкните по кнопке **Подтвердить**.

Этап 14. Назначение конструктивных элементов

Вывод на экран номеров узлов и элементов

- Выполните пункт меню **Опции** ⇒ **Флаги рисования** (кнопка  на панели инструментов).
- В диалоговом окне **Показать** при активной закладке **Элементы** установите флажок **Номера элементов**.
- Щелкните по кнопке  – **Перерисовать**.

Назначение конструктивного элемента БАЛКА

- Выделите горизонтальные элементы № 7 и 8.
- С помощью меню **Редактирование** ⇒ **Назначить конструктивный элемент** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Конструктивные элементы** (рис.1.24).
- В этом окне, при активной радио-кнопке **Балка**, щелкните по кнопке **Подтвердить** (конструктивный элемент БАЛКА назначается для того, чтобы учесть, что это именно неразрезная балка).

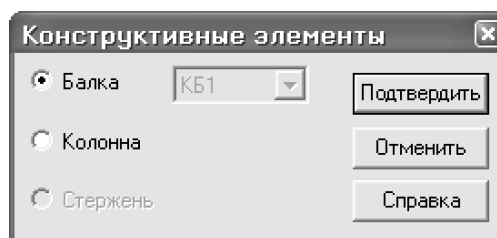


Рис.1.24. Диалоговое окно Конструктивные элементы

Назначение конструктивного элемента КОЛОННА

- Выделите вертикальные элементы № 1 и 2.
- С помощью меню **Редактирование** ⇒ **Назначить конструктивный элемент** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Конструктивные элементы**.
- В этом окне, при активной радио-кнопке **Колонна**, щелкните по кнопке **Подтвердить** (конструктивный элемент КОЛОННА назначается для того, чтобы учесть, что это именно сплошная колонна).

Этап 15. Расчет армирования и просмотр результатов подбора арматуры

Подбор арматуры

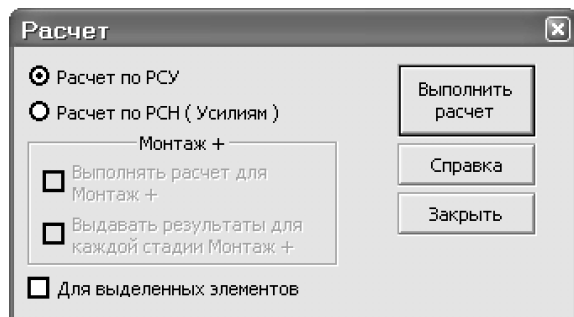


Рис.1.25. Диалоговое окно Расчет

- Запуск задачи на подбор арматуры производится из меню **Режим** ⇒ **Расчет арматуры** (кнопка  на панели инструментов).
- В диалоговом меню **Расчет** (рис.1.25) активизируйте радио-кнопку **Расчет по РСУ**.
- Щелкните по кнопке **Выполнить расчет**.
- После окончания расчета щелкните по кнопке **Заккрыть**.

Формирование таблиц результатов подбора арматуры

- Выполните пункт меню **Результаты** ⇒ **Таблицы результатов для выбранных элементов** (кнопка  на панели инструментов).

Просмотр таблиц результатов подбора арматуры

- Для просмотра результатов подбора арматуры в текстовом формате, выполните пункт меню **Результаты** ⇒ **Текстовые файлы** ⇒ **Результаты армирования** (кнопка  на панели инструментов).
- Для просмотра результатов подбора арматуры в виде HTML таблиц, выполните пункт меню **Результаты** ⇒ **Текстовые файлы** ⇒ **Результаты армирования в формате HTML** (кнопка  на панели инструментов).

Конструирование ригеля железобетонной рамы

Этап 16. Вызов чертежа балки

- Выполните пункт меню **Результаты** ⇒ **Конструирование балки** (кнопка  на панели инструментов).
- 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).

Расчетные сочетания усилий

В программном комплексе предусмотрено автоматизированное формирование расчетных сочетаний усилий (PCY), соответствующее нормативным документам, действующим в проектировании объектов строительства.

Вычисление PCY заключается в следующем.

В общем случае напряженно-деформированного состояния критерием определения опасного PCY служит экстремум упругого потенциала в какой-либо точке тела при действии на него усилий от многих нагрузжений. В такой постановке легко учитываются особенности напряженного состояния конечных элементов различного типа. Это позволяет значительно сократить количество рассматриваемых PCY, не утратив наиболее опасных из них.

Так, например, для стержневых элементов задача выбора PCY сводится к нахождению экстремальных значений нормальных и касательных напряжений, вычисленных в характерных точках сечения. Поэтому и критериями здесь являются экстремальные напряжения в этих точках сечения.

В элементах плоского напряженного состояния, плитах и оболочках задача выбора PCY сводится к рассмотрению огибающих кривых напряжений в зависимости от угла наклона главных площадок.

Общие правила формирования таблицы PCY следующие:

- параметры расчетных сочетаний задаются для каждого из нагрузжений задачи;
- каждое PCY относится к одному из предусмотренных нормативными документами видов сочетаний;
- реализовано 8 видов нагрузжений, с помощью которых программно обеспечивается их корректная логическая взаимосвязь. При этом существует возможность учета знакопеременности, взаимоисключения и сопутствия нагрузжений. Каждому из видов нагрузжений присвоен номер:
 - (0) – постоянное;
 - (1) – временное длительное;
 - (2) – кратковременное;
 - (3) – крановое;
 - (4) – тормозное;
 - (5) – сейсмическое;
 - (6) – особое (кроме сейсмического);
 - (7) – мгновенное;
 - (9) – ветровое статическое при учете пульсации ветра.

Эта классификация несколько отличается от нормативной. Так, например, снеговое нагрузжение или гололед не выделены в отдельную группу. Но пользователь может по своему усмотрению назначить им вид нагрузжения – либо длительное, либо кратковременное, что и оговорено в нормах.

- Программным комплексом автоматически (по умолчанию) генерируются параметры, соответствующие текущему виду нагрузжения. Однако, пользователь может по своему усмотрению изменить любой из параметров;
- все операции по формированию PCY выполняются с помощью диалогового окна **Расчетные сочетания усилий** (рис.1.14);
- данные для формирования PCY могут быть введены до расчета, в режиме формирования расчетной схемы, или после расчета, в режиме визуализации результатов расчета.



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

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

Вид нагрузжения – наименование вида нагрузжения, установленное в ПК ЛИРА.

Параметры РСУ

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

Каждое загружение может иметь название.

Номер загружения устанавливается в первый столбец заполняемой таблицы. Полностью вы ее видите в нижней части диалогового окна, а частично – в списке поля **Коэффициенты для РСУ**. Список можно прокручивать по строкам и по столбцам.

Все параметры, определяющие РСУ, разделены на две группы: собственно **Параметры РСУ** и **Коэффициенты РСУ**.

Параметры РСУ включают:

- **Коэффициенты надежности по нагрузке γ_f .** Коэффициенты, формируемые по умолчанию, имеют такие значения:
 - постоянные загрузки $\gamma_f = 1.1$;
 - временные длительные $\gamma_f = 1.2$;
 - кратковременные $\gamma_f = 1.2$;
 - мгновенные $\gamma_f = 1.4$;
 - особые $\gamma_f = 1.0$.
 - **Доля длительности ψ_g .** Коэффициент, показывающий, какая часть нагрузки в рассматриваемом загружении принимается как длительно действующая. По умолчанию генерируются такие значения:
 - постоянное и длительно действующие загрузки $\psi_g = 1.0$;
 - кратковременные $\psi_g = 0.35$;
 - крановые загрузки $\psi_g = 0.6$;
 - прочие загрузки $\psi_g = 0.0$;
 - **Сопутствующие загрузки.** Имеются в виду загрузки (не более двух), которые могут рассматриваться совместно с основным для данного вида загружением. Например, если основным является загружение вертикальными крановыми нагрузками, то сопутствующим является загружение горизонтальным тормозным воздействием.
- Этот параметр РСУ, равно как и последующие три, введены для учета логических связей между загружениями.
- **№ группы взаимоисключающих загружений.** Этим параметром вводятся ограничения на те загрузки (параметром есть № загрузки), которые в одно сочетание не могут входить одновременно. Таковыми, например, являются загрузки **Ветер справа** и **Ветер слева**;
 - **Учитывать знакопеременность.** Установленный флажок означает, что в РСУ следует учесть вероятность изменения знака основного усилия сочетания. К таким усилиям относятся, например, сейсмические.

На логические связи между загружениями все же налагаются некоторые ограничения:

- а) загрузки видов **0** и **3** не могут быть знакопеременными;
- б) объединение загружений допускается для видов **1, 2, 7**;
- в) загружение вида **4** (тормозное) может сопутствовать только загружению вида **3** (крановое);
- г) загрузки видов **1, 2, 5, 6, 7** могут быть объявлены сопутствующими для загружений **1, 2, 5, 6, 7** в любой комбинации;
- д) двойное сопутствие (сопутствие одного и того же загружения двум другим и более) не допускается;
- е) никакое сопутствующее загружение не может быть включено в группы объединения и взаимоисключения;
- ж) допускается вводить до 9 групп объединения или взаимоисключения;
- з) динамическое загружение не может быть сопутствующим.

Коэффициенты РСУ

Для каждого РСУ рассматривается три сочетания: два основных и одно особое (см. рис.1.14). В каждую строку соответственно рассматриваемому РСУ заносятся коэффициенты усилий в сочетаниях ψ_i , $i = 1, 2, 3$.

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

Таблица 1.1. Значения коэффициентов РСУ, принимаемых по умолчанию

Вид загрузки	Основные сочетания		Особое сочетание
	1-е	2-е	
Постоянное	1.0	1.0	0.9
Длительно действующее	1.0	0.95	0.8
Кратковременное	1.0	0.90	0.5
Крановое	1.0	0.90	0.0
Тормозное	1.0	0.90	0.0
Сейсмическое	0	0	1.0
Особое (кроме сейсмического)	0	0	1.0
Мгновенное	1.0	0.95	0.9
Ветровое статическое	0	0	0

Сводная таблица для вычисления РСУ приведена в нижней части диалогового окна.

Обратите внимание на то, что для ветрового статического нагружения все коэффициенты по умолчанию равны нулю. Это связано со спецификой формирования нагружения ветровой нагрузкой с учетом пульсации.

Сводная таблица заполняется автоматически, по мере заполнения полей ввода в основной части окна. В таблице 12 столбцов. На рис.1.26 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 взаимоиключающих нагрузений		№ сопутствующих нагрузений	№ сопутствующих нагрузений	Коэффициент надежности	Доля длительности	1-е основное	2-е основное	Особое
1	<0	0	0	0	0	0	0	1.10	1.00>	<1.00>	<1.00>	<0.90>

Рис.1.26. 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 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 $P = 1\text{тс}$, приложенные по схеме рис. 2.1, загрузка 2;
- загрузка 3 – сосредоточенные нагрузки $P = 1\text{тс}$, приложенные по схеме рис. 2.1, загрузка 3.

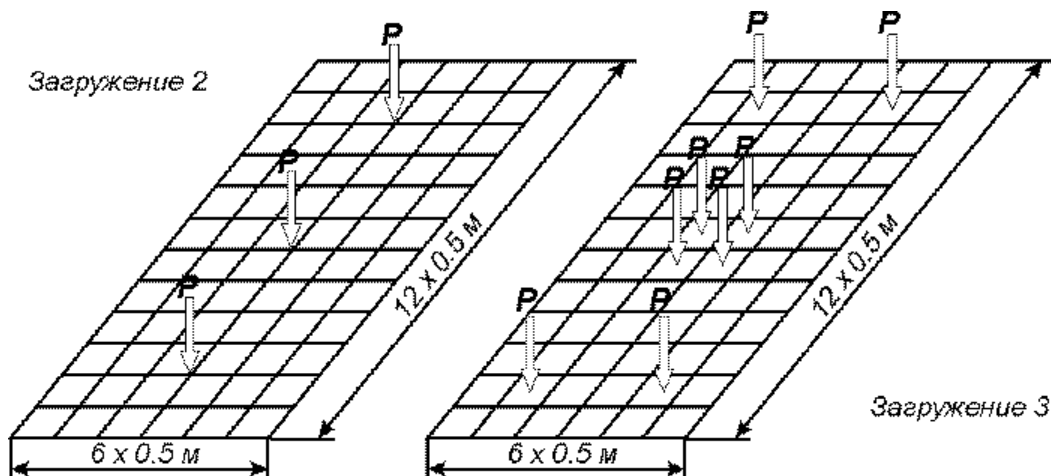


Рис. 2.1. Расчетная схема плиты

Для того чтобы начать работу с ПК **ЛИРА**, выполните следующую команду Windows:
Пуск ⇒ **Программы** ⇒ **ЛИРА 9.2** ⇒ **ЛИРА 9.2**.

Этап 1. Создание новой задачи

- Для создания новой задачи выполните пункт меню **Файл** ⇒ **Новый** (кнопка  на панели инструментов).
- В диалоговом окне **Признак схемы** (рис.2.2) задайте следующие параметры:
 - имя задачи – **Пример2** (шифр задачи по умолчанию совпадает с именем задачи);
 - признак схемы – **3 – Три степени свободы в узле (перемещение и два поворота) X0Y**.
- После этого щелкните по кнопке **Подтвердить**.

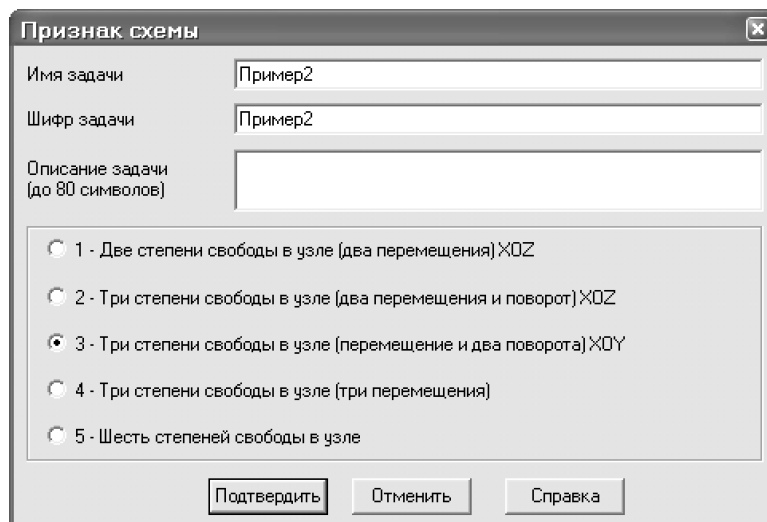


Рис.2.2. Диалоговое окно Признак схемы

Этап 2. Создание геометрической схемы плиты

- С помощью меню **Схема** ⇒ **Создание** ⇒ **Регулярные фрагменты и сети** (кнопка  на панели инструментов) выведите на экран диалоговое окно **Создание плоских фрагментов и сетей**.
- В таблице диалогового окна задайте шаг конечно-элементной сетки вдоль первой и второй осей:

- Шаг вдоль первой оси: Шаг вдоль второй оси:

L(M)	N
0.50	6

L(m)	N
0.50	12.

- Остальные параметры принимаются по умолчанию (рис.2.3).

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

Сохранение информации о расчетной схеме

- Для сохранения информации о расчетной схеме выполните пункт меню **Файл** ⇒

Сохранить (кнопка  на панели инструментов).

- В появившемся диалоговом окне **Сохранить как** задайте:

- имя задачи – **Пример2**;
- папку, в которую будет сохранена эта задача (по умолчанию выбирается папка – **LDdata**).

- Щелкните по кнопке **Сохранить**.

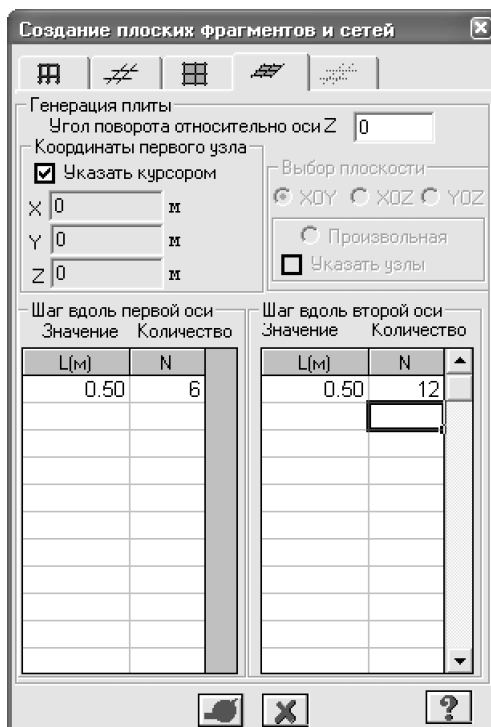


Рис.2.3. Диалоговое окно Создание плоских фрагментов и сетей

Этап 3. Задание граничных условий

Вывод на экран номеров узлов

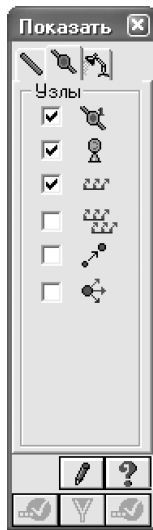


Рис.2.4. Диалоговое окно Показать

- Выполните пункт меню **Опции** ⇒ **Флаги рисования** (кнопка  на панели инструментов).
- В диалоговом окне **Показать** (рис.2.4) активизируйте вторую закладку **Узлы** и установите флажок **Номера узлов**.
- После этого щелкните по кнопке  – **Перерисовать**. Полученная схема представлена на рис.2.5.

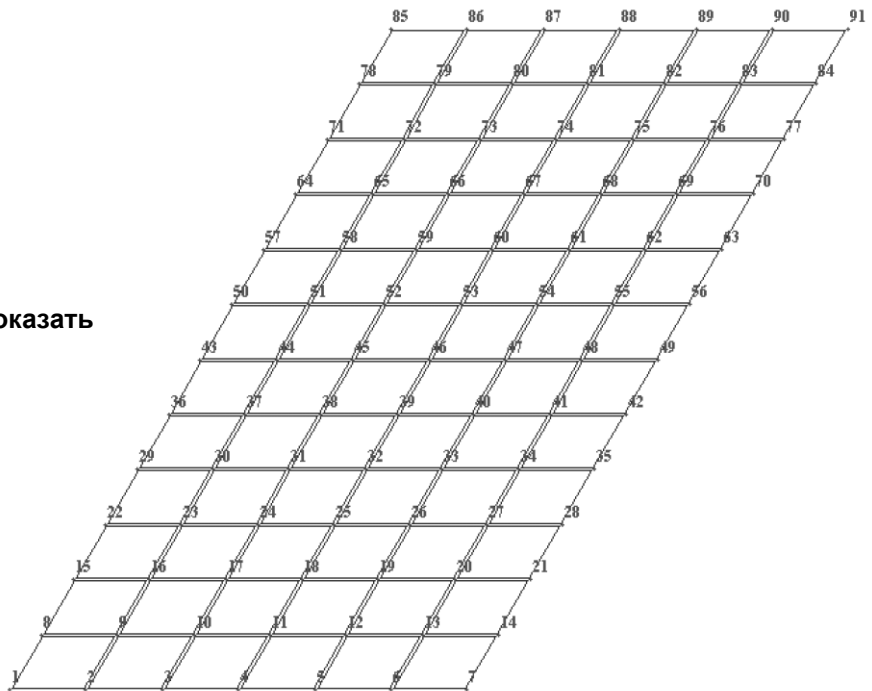


Рис.2.5. Нумерация узлов расчетной схемы плиты

Отметка узлов опирания

- Выполните пункт меню **Выбор** ⇒ **Отметка узлов** (кнопка  на панели инструментов).
- 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

- С помощью пункта меню **Схема** ⇒ **Связи** (кнопка  на панели инструментов) 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).
- Выполните пункт меню **Выбор** ⇒ **Отметка узлов** (кнопка  на панели инструментов), чтобы снять активность с операции отметки узлов.

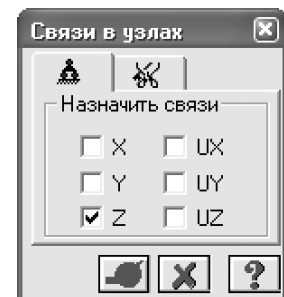


Рис.2.6. Диалоговое окно Связи в узлах

Этап 4. Задание жесткостных параметров элементам плиты

Формирование типов жесткости

- С помощью меню **Жесткости** ⇒ **Жесткости элементов** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Жесткости элементов** (рис.2.7).
- В этом окне щелкните по кнопке **Добавить** и в библиотеке жесткостных характеристик щелкните по третьей закладке численного описания жесткости.
- Выберите двойным щелчком мыши элемент графического списка - тип сечения **Пластины**.

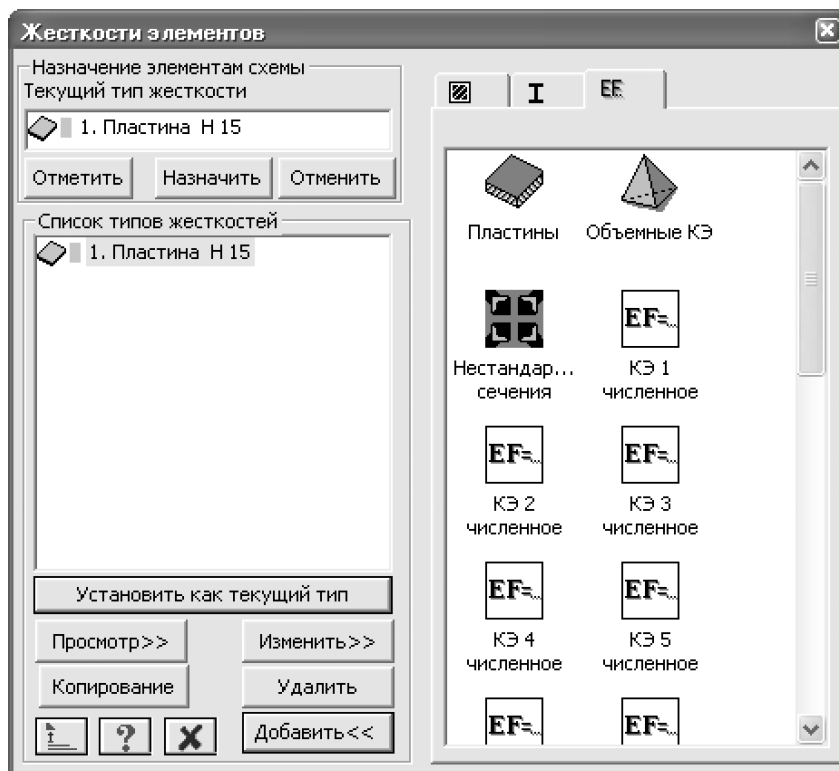


Рис.2.7. Диалоговое окно Жесткости элементов

- В диалоговом окне **Задание жесткости для пластин** задайте параметры сечения **Пластины** (рис.2.8):
 - модуль упругости – $E = 3e6 \text{ т/м}^2$;
 - коэф. Пуассона – $\nu = 0.2$;
 - толщина – $H = 15 \text{ см}$;
 - удельный вес материала – $R_o = 2.75 \text{ тс/м}^2$.
- Подтвердите введенные данные щелчком по кнопке **Подтвердить**.

Рис.2.8. Диалоговое окно Задание жесткости для пластин

Назначение жесткостей элементам плиты

- В диалоговом окне **Жесткости элементов** в списке типов жесткостей выделите курсором тип жесткости **1.Пластина Н 15**.
- Щелкните по кнопке **Установить как текущий тип** (при этом выбранный тип записывается в окне редактирования **Текущий тип жесткости**. Можно назначить текущий тип жесткости двойным щелчком на строке списка).
- Выполните пункт меню **Выбор ⇒ Отметка элементов** (кнопка  на панели инструментов).
- 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 элементов** щелкните по кнопке **Назначить** (с элементов снимается выделение. Это свидетельство того, что выделенным элементам присвоена текущая жесткость).

Этап 5. Задание нагрузок

Формирование загрузки № 1

- Для задания нагрузки от собственного веса плиты, вызовите диалоговое окно **Добавить собственный вес** с помощью пункта меню **Нагрузки ⇒ Добавить собственный вес** (рис. 2.9).
- В этом окне, при активной радио-кнопке **все элементы**, щелкните по кнопке  – **Применить** (в соответствии с заданным объемным весом R_0 элементы загружаются нагрузкой от собственного веса).

Рис.2.9. Диалоговое окно Добавить собственный вес

Формирование загрузки № 2

- Смените номер текущего загрузки, вызвав диалоговое окно **Активное загрузке** (рис.2.10) с помощью меню

Нагрузки ⇒ **Выбор загрузки** (кнопка  на панели инструментов).

- В этом диалоговом окне задайте номер загрузки 2.

- Щелкните по кнопке  – **Применить**.

- Выполните пункт меню **Выбор** ⇒ **Отметка узлов** (кнопка  на панели инструментов).

- С помощью курсора выделите узлы № 18, 46 и 74.

- Из меню **Нагрузки** ⇒ **Нагрузка на узлы и элементы** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Задание нагрузок** (рис.2.11).

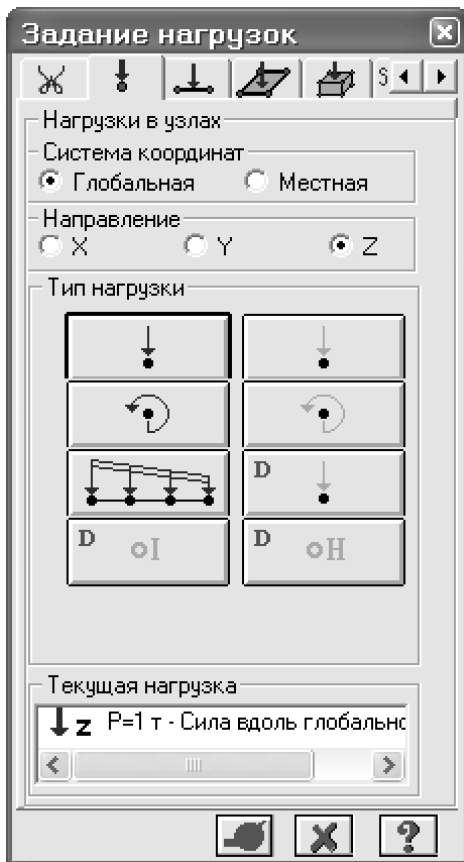


Рис.2.11. Диалоговое окно **Задание нагрузок**

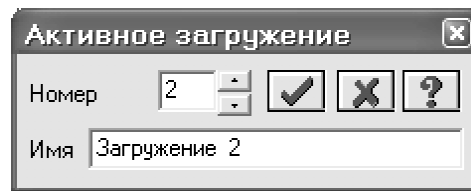


Рис.2.10. Диалоговое окно **Активное загрузке**

- В этом окне, при активной закладке **Нагрузки в узлах**, радио-кнопками укажите систему координат **Глобальная**, направление – вдоль оси **Z**.

- Щелчком по кнопке сосредоточенной силы вызовите диалоговое окно **Параметры нагрузки**.

- В появившемся окне введите значение **P = 1 тс** (рис.2.12).

- Щелкните по кнопке **Подтвердить**.

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



Рис.2.12. Диалоговое окно **Параметры нагрузки**

Формирование загрузки № 3

- Смените номер текущего загрузки, вызвав диалоговое окно **Активное загрузке** с помощью меню **Нагрузки** ⇒ **Выбор загрузки** (кнопка  на панели инструментов).

- В этом диалоговом окне переключите номер загрузки на 3.

- Щелкните по кнопке **Применить**.

- Для вывода на экран номеров элементов, в диалоговом окне **Показать** (рис.2.4) активизируйте 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.2.11) активизируйте закладку **Нагрузки на пластины** (по умолчанию указана система координат **Глобальная**, направление – вдоль оси Z).
- Щелчком по кнопке сосредоточенной силы вызовите диалоговое окно **Параметры местной нагрузки**.
- В этом окне задайте параметры:
 - $P = 1$ тс;
 - $A = 0.25$ м;
 - $B = 0.25$ м.
- Щелкните по кнопке **Подтвердить**.
- После этого в диалоговом окне **Задание нагрузок** щелкните по кнопке  – **Применить**.

Этап 6. Генерация таблицы РСУ

- С помощью пункта меню **Нагрузки** ⇒ **PCY** ⇒ **Генерация таблицы PCY** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Расчетные сочетания усилий** (рис.2.13).
- В этом окне задайте следующие данные:
 - для Загружения 1 выберите в списке Вид загрузки – **Постоянное (0)** и щелкните по кнопке **Подтвердить** (в строке **Номер загрузки** номер автоматически изменился на 2);
 - для Загружения 2 выберите в списке Вид загрузки – **Временное длит. (1)** и щелкните по кнопке **Подтвердить** (в строке **Номер загрузки** номер автоматически изменился на 3);
 - для Загружения 3 выберите в списке Вид загрузки – **Временное длит. (1)** и щелкните по кнопке **Подтвердить**.
- Для окончания формирования таблицы РСУ, щелкните по кнопке **Заккрыть**.

Расчетные сочетания усилий

Номер загрузки: 3 Подтвердить Заккрыть

Название загрузки: Загружение 3 По умолчанию Отменить

Вид загрузки: Временное длит. (1) Справка

N группы объединяемых временных загрузок: 0

Учитывать знакопеременность: ☐

N группы взаимоисключающих загрузок: 0

NN сопутствующих загрузок: 0 0

Коэффициент надежности: 1.20

Доля длительности: 1.00

Ограничения для кранов и тормозов: Кран ☐ Тормоз ☐

Коэффициенты для РСУ

N загрузки	1-е основное сочетание	2-е основное сочетание	Особое сочетание
1	1.00	1.00	0.90
2	1.00	0.95	0.80
3 →	1.00	0.95	0.80

Сводная таблица для вычисления РСУ:

N назв.	Параметры РСУ	Коэффициенты РСУ
1	< 0 0 0 0 0 0 1.10 1.00 >	< 1.00 > < 1.00 > < 0.90 >
2	< 1 0 0 0 0 0 1.20 1.00 >	< 1.00 > < 0.95 > < 0.80 >
3	< 1 0 0 0 0 0 1.20 1.00 >	< 1.00 > < 0.95 > < 0.80 >

Рис.2.13. Диалоговое окно **Расчетные сочетания усилий**

Этап 7. Статический расчет плиты

- Запустите задачу на расчет с помощью меню **Режим** ⇒ **Выполнить расчет** (кнопка  на панели инструментов).

Этап 8. Просмотр и анализ результатов расчета

- После расчета задачи, переход в режим результатов расчета осуществляется с помощью меню **Режим** ⇒ **Результаты расчета** (кнопка  на панели инструментов).
- В режиме просмотра результатов расчета по умолчанию расчетная схема отображается с учетом перемещений узлов (рис. 2.14). Для отображения схемы без учета перемещений узлов выполните пункт меню **Схема** ⇒ **Исходная схема** (кнопка  на панели инструментов).

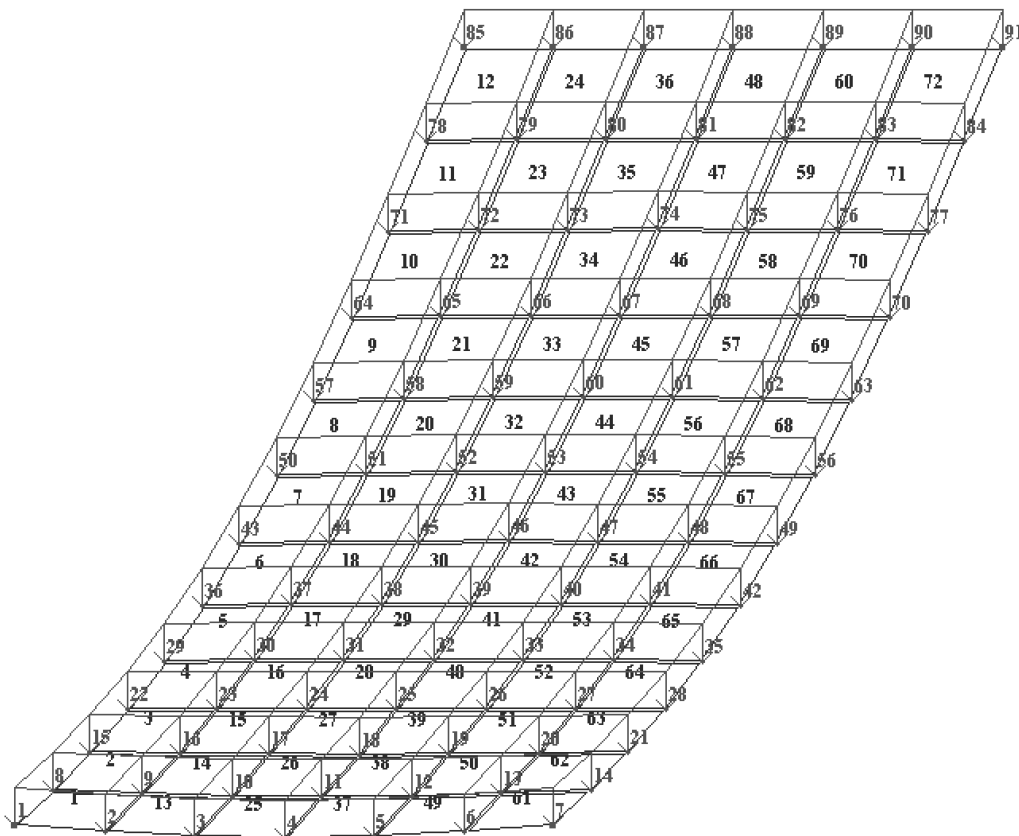


Рис.2.14. Расчетная схема с учетом перемещений узлов

- Для отображения схемы без номеров элементов, номеров узлов и приложенных нагрузок выполните пункт меню **Опции** ⇒ **Флаги рисования** (кнопка  на панели инструментов).
- В диалоговом окне **Показать** при активной закладке **Элементы** отключите флажок **Номера элементов**.
- После этого активизируйте закладку **Узлы** и отключите флажок **Номера узлов**.
- Далее активизируйте закладку **Общие** и отключите флажок **Нагрузки**.
- Щелкните по кнопке  – **Перерисовать**.

Вывод на экран изополей перемещений

- Выведите на экран изополя перемещений по направлению Z с помощью меню **Деформации** ⇒ **В глобальной системе** ⇒ **Изополя перемещений** ⇒ **Изополя перемещений по Z** (кнопки , а затем  на панели инструментов).

Вывод на экран мозаик напряжений

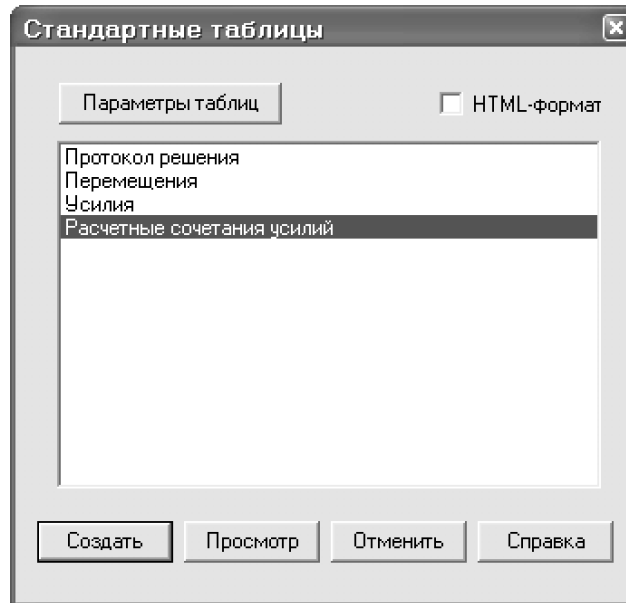
- Чтобы вывести на экран мозаику напряжений по M_x , выполните пункт меню **Усилия** ⇒ **Изополя** ⇒ **Мозаика напряжений** ⇒ M_x (кнопки  и  на панели инструментов).
- Для отображения мозаики напряжений по M_y , выполните пункт меню **Усилия** ⇒ **Изополя** ⇒ **Мозаика напряжений** ⇒ M_y (кнопка  на панели инструментов).

Смена номера текущего загрузки

- На панели инструментов **Загрузки**  смените номер загрузки на **2** и щелкните по кнопке  – **Подтвердить выбор**.

Формирование и просмотр таблиц результатов расчета

- Для вывода на экран таблицы со значениями расчетных сочетаний усилий в элементах схемы выполните пункт меню **Окно** ⇒ **Стандартные таблицы**.
- После этого в диалоговом окне **Стандартные таблицы** (рис. 2.15) выделите строку **Расчетные сочетания усилий**.
- Щелкните по кнопке **Создать** (для создания таблиц в формате HTML нужно установить флажок **HTML-формат**).

Рис.2.15. Диалоговое окно **Стандартные таблицы**

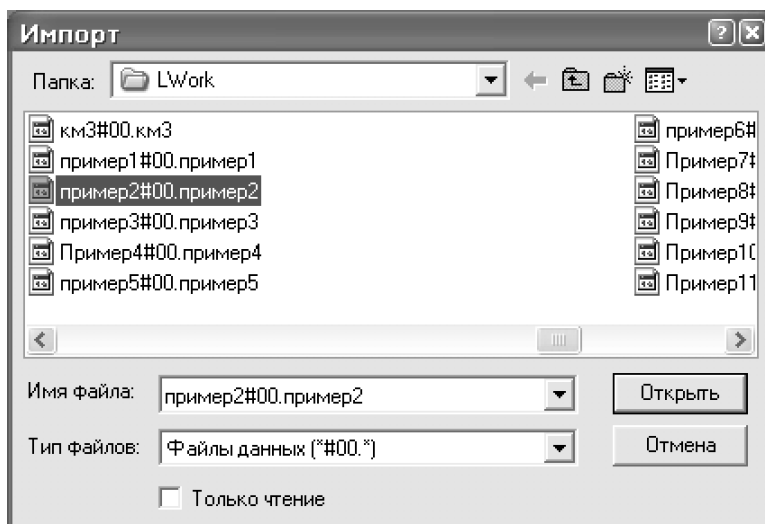
- Для того чтобы закрыть таблицу, выполните пункт меню **Файл** ⇒ **Заккрыть**.

Подбор арматуры в системе ЛИР-АРМ

Для того чтобы начать работу с модулем **ЛИР-АРМ**, выполните следующую команду Windows: **Пуск** ⇒ **Программы** ⇒ **ЛИРА 9.2** ⇒ **ЛИР-АРМ** (с этого момента в отдельном окне работает модуль **ЛИР-АРМ**).

Этап 9. Импорт расчетной схемы

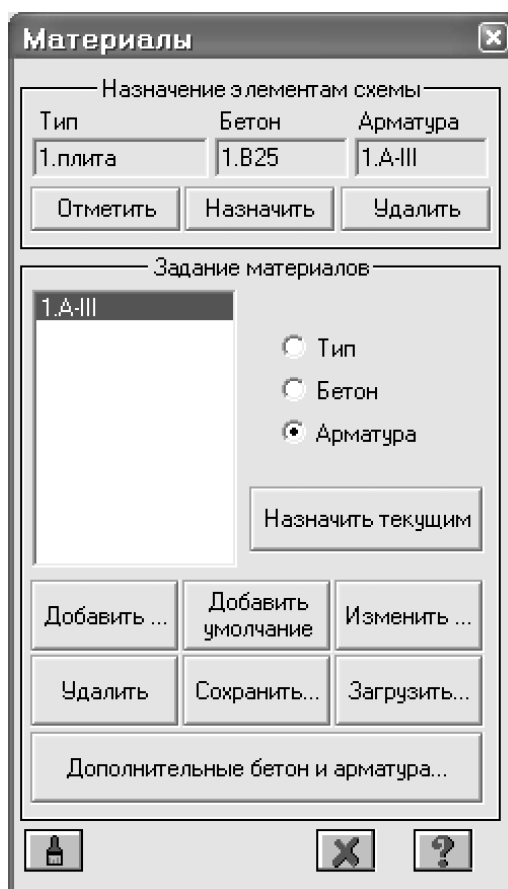
- Для импорта расчетной схемы выполните пункт меню **Файл** ⇒ **Импорт** (кнопка  на панели инструментов).
- В диалоговом окне **Импорт** (рис. 2.16) выделите файл **пример2#00.пример2**.
- Щелкните по кнопке **Открыть**.

Рис.2.16. Диалоговое окно **Импорт**

Запуск модуля **ЛИР-АРМ** также может быть произведен из режима результатов расчета **ЛИР-ВИЗОР** с помощью меню **Окно** ⇒ **ЛИР-АРМ**. В этом случае импортрование расчетной схемы производится автоматически.

Этап 10. Задание и выбор материала

- С помощью меню **Редактирование** ⇒ **Задание и выбор материала** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Материалы** (рис.2.17).
- В этом диалоговом окне активизируйте радио-кнопку **Тип** и щелкните по кнопке **Добавить**.
- На экран выводится диалоговое окно **Общие характеристики армирования** (рис.2.18), в котором задайте следующие параметры:
 - в раскрывающемся списке выберите модуль армирования – **плита** (все остальные параметры остаются заданными по умолчанию).
- После этого щелкните по кнопке  – **Применить**.

Рис.2.17. Диалоговое окно **Материалы**

Общие характеристики армирования

Модуль армирования: **плита**

Армирование: ☒ Симметричное, ☐ Несимметричное, ☐ Симметричное и Несимметричное

Привязка центра тяжести арматуры (см):
 к нижнему к краю сечения a1: **3**
 к верхнему к краю сечения a2: **3**
 к боку a3: **3**

Расчетные длины:
 LY: **0** ☐ Расчетная длина (в метрах)
 LZ: **0** ☒ Коэффициент расчетной длины

Конструктивные особенности стержней:
☒ НЕ учитывать конструктивные требования
☐ Стержень ☐ Балка
☐ Колонна многоярусного каркаса: рядовая
☐ Колонна многоярусного каркаса: первого этажа (опорное сечение)

Система: ☒ статически неопределимая, ☐ статически определимая

Процент армирования: Min **0.05**, Max **10**
 Точность (%) на стадии: предварительного расчета **20**, основного расчета **1**

☒ Выделять угловые арматурные стержни
☐ Располагать боковую арматуру в полке
☒ Выполнить расчет по II-му предельному состоянию

Рис.2.18. Диалоговое окно Общие характеристики армирования

- Система возвращается к диалоговому окну **Материалы**. В этом окне щелкните по кнопке **Назначить текущим**.
- В диалоговом окне **Материалы** активизируйте радио-кнопку **Бетон**.
- Щелкните по кнопкам **Добавить умолчание** и **Назначить текущим** (этой операцией по умолчанию принимается бетон класса В25).
- В этом же окне активизируйте радио-кнопку **Арматура**.
- Щелкните по кнопкам **Добавить умолчание** и **Назначить текущим** (этой операцией по умолчанию принимается арматура класса А-III).

Этап 11. Назначение материала

- Выполните пункт меню **Выбор ⇒ Отметка элементов** (кнопка  на панели инструментов).
- С помощью курсора выделите все элементы схемы.
- В диалоговом окне **Материалы** щелкните по кнопке **Назначить**.
- Закройте диалоговое окно **Материалы** щелчком по кнопке **Заккрыть**.

Этап 12. Расчет армирования и просмотр результатов подбора арматуры

Подбор арматуры

- Запуск задачи на подбор арматуры производится через меню **Режим ⇒ Расчет арматуры** (кнопка  на панели инструментов).
- В диалоговом меню **Расчет** (рис.2.19) активизируйте радио-кнопку **Расчет по РСУ**.
- Щелкните по кнопке **Выполнить расчет**.
- После окончания расчета щелкните по кнопке **Заккрыть**.

Расчет

☒ Расчет по РСУ
☐ Расчет по РСН (Усилиям)

Монтаж +
☐ Выполнять расчет для Монтаж +
☐ Выдавать результаты для каждой стадии Монтаж +
☐ Для выделенных элементов

Кнопки: **Выполнить расчет**, **Справка**, **Заккрыть**

РАСЧЕТ ЗАКОНЧЕН !

Рис.2.19. Диалоговое окно Расчет

Просмотр результатов армирования

- Для просмотра информации о подобранной арматуре в одном из конечных элементов, выполните пункт меню **Результаты ⇒ Информация о подобранной арматуре** (кнопка  на панели инструментов) и укажите курсором на любой элемент (появляется диалоговое окно с полной информацией о выбранном элементе, в том числе и с результатами подбора арматуры).
- Закройте диалоговое окно щелчком по кнопке **Заккрыть**.

Примеры расчета и проектирования

- Чтобы посмотреть мозаику отображения площади нижней арматуры в пластинах по направлению оси X, выполните пункт меню **Результаты ⇒ Пластины ⇒ Площадь нижней арматуры вдоль X** (кнопка  на панели инструментов, которая становится доступной после выполнения пункта меню **Результаты ⇒ Результаты для пластин** (кнопка  на панели инструментов)).
- Чтобы посмотреть мозаику отображения площади нижней арматуры в пластинах по направлению оси Y, выполните пункт меню **Результаты ⇒ Пластины ⇒ Площадь нижней арматуры вдоль Y** (кнопка  на панели инструментов).

Формирование таблиц результатов подбора арматуры

- Выполните пункт меню **Результаты ⇒ Таблицы результатов для выбранных элементов** (кнопка  на панели инструментов).

Просмотр таблиц результатов подбора арматуры

- Для просмотра результатов подбора арматуры в текстовом формате, выполните пункт меню **Результаты ⇒ Текстовые файлы ⇒ Результаты армирования** (кнопка  на панели инструментов).
- Для просмотра результатов подбора арматуры в виде HTML таблиц, выполните пункт меню **Результаты ⇒ Текстовые файлы ⇒ Результаты армирования в формате HTML** (кнопка  на панели инструментов).

Пример 3. Расчет рамы промышленного здания

Цели и задачи:

- произвести расчет плоской рамы на динамические воздействия;
- произвести расчет устойчивости конструкции;
- составить таблицу РСН;
- выполнить подбор и проверку стальных сечений элементов рамы.

Исходные данные:

Схема рамы и ее закрепление показаны на рис. 3.1.

Сечения элементов:

- крайние и средние колонны – швеллер № 24;
- балка настила – двутавр № 36;
- верхний пояс фермы – два уголка 120 х 120 х 10;
- нижний пояс фермы – два уголка 100 х 100 х 10;
- стойки и раскосы фермы – два уголка 75 х 75 х 6.

Нагрузки:

- загрузка 1 – нагрузка от собственного веса элементов схемы,
- загрузка 2 – нагрузка от оборудования,
- загрузка 3 – ветровая нагрузка,
- загрузка 4 – гармоническое динамическое воздействие,
- загрузка 5 – сейсмическое воздействие.

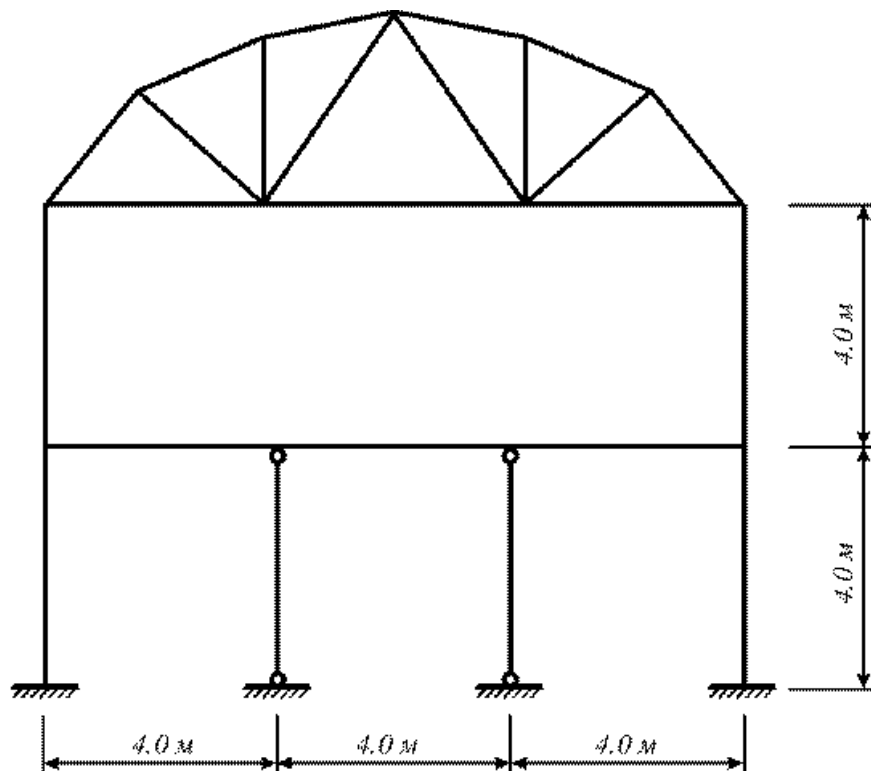


Рис. 3.1. Расчетная схема поперечника здания

Для того чтобы начать работу с ПК **ЛИРА**, выполните следующую команду Windows:

Пуск ⇒ **Программы** ⇒ **ЛИРА 9.2** ⇒ **ЛИРА 9.2**.

Этап 1. Создание новой задачи

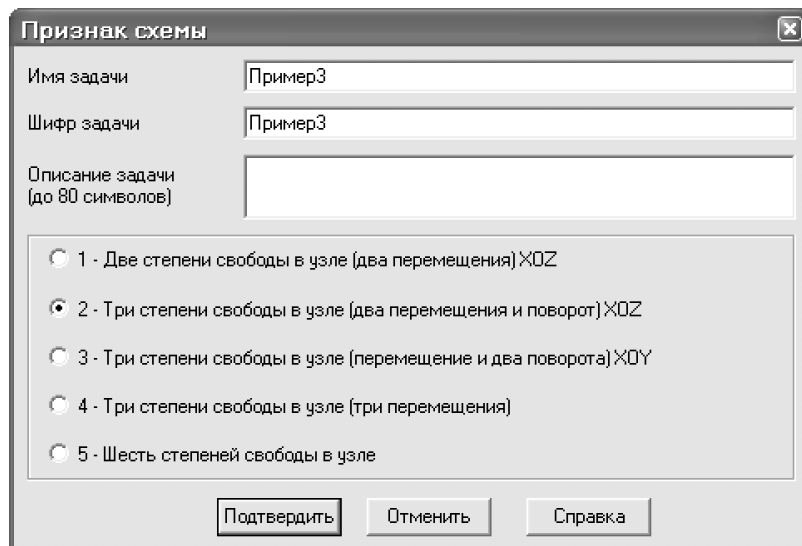


Рис.3.2. Диалоговое окно **Признак схемы**

- Для создания новой задачи выполните пункт меню **Файл** ⇒ **Новый** (кнопка  на панели инструментов).
- В появившемся диалоговом окне **Признак схемы** (рис.3.2) задайте следующие параметры:
 - имя создаваемой задачи – **Пример3** (шифр задачи по умолчанию совпадает с именем задачи);
 - признак схемы – **2 – Три степени свободы в узле (два перемещения и поворот) X0Z**.
- После этого щелкните по кнопке **Подтвердить**.

Этап 2. Создание геометрической схемы

Добавление рамы

- Вызовите диалоговое окно **Создание плоских фрагментов и сетей** с помощью меню **Схема** ⇒ **Создание** ⇒ **Регулярные фрагменты и сети** (кнопка  на панели инструментов).
- В таблицу ввода значений введите параметры рамы:
 - Шаг вдоль первой оси: Шаг вдоль второй оси:
 - | | | | |
|-------------|----------|-------------|----------|
| L(м) | N | L(м) | N |
| 4.00 | 3 | 4.00 | 2. |
 - Остальные параметры принимаются по умолчанию (рис.3.3).
- После этого щелкните по кнопке  – **Применить**.

Сохранение информации о расчетной схеме

- Для сохранения информации о расчетной схеме выполните пункт меню **Файл** ⇒ **Сохранить** (кнопка  на панели инструментов).
- В появившемся диалоговом окне **Сохранить как** задайте:
 - имя задачи – **Пример3**;
 - папку, в которую будет сохранена эта задача (по умолчанию выбирается папка – **LDdata**).
- Щелкните по кнопке **Сохранить**.

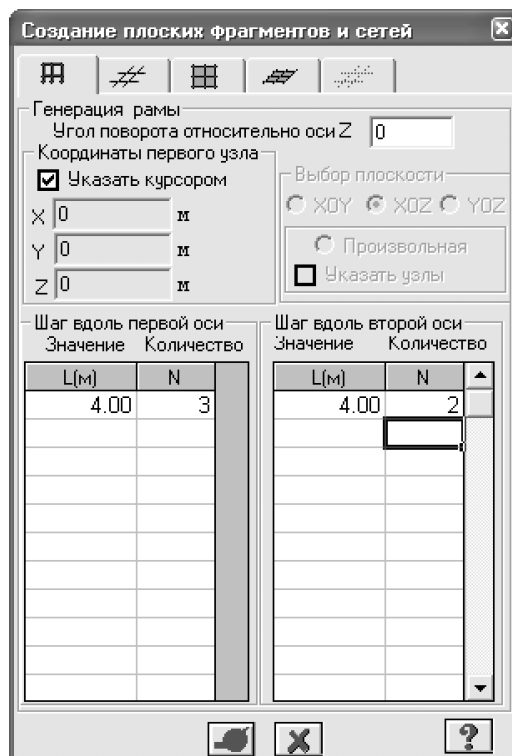


Рис.3.3. Диалоговое окно **Создание плоских фрагментов и сетей**

Вывод на экран номеров узлов и элементов

- Выполните пункт меню **Опции** ⇒ **Флаги рисования** (кнопка  на панели инструментов).
- В диалоговом окне **Показать** при активной закладке **Элементы** установите флажок **Номера элементов**.
- После этого активизируйте закладку **Узлы** и установите флажок **Номера узлов**.
- Щелкните по кнопке  – **Перерисовать**.

Корректировка схемы

- Выполните пункт меню **Выбор** ⇒ **Отметка узлов** (кнопка  на панели инструментов).
- С помощью курсора выделите узлы № 10 и 11 (узлы окрашиваются в красный цвет).



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

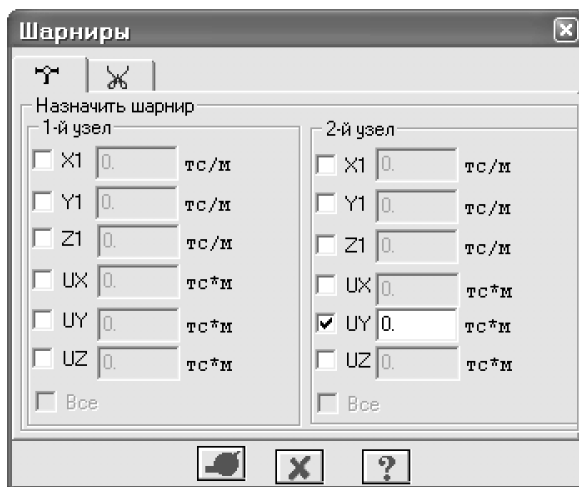


Рис.3.4. Диалоговое окно **Шарниры**

- диалоговое окно **Шарниры** (рис. 3.4).
- В этом окне с помощью установки соответствующих флажков укажите узлы и направления, по которым снимается жесткость связи одного из концов стержня с узлом схемы:
 - 2-й узел – **UY**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.

Установка фермы на раму

- Из меню **Схема** ⇒ **Создание** ⇒ **Фермы** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Создание плоских ферм**.
- В этом окне щелкните по кнопке с конфигурацией арочной (сегментной) фермы.
- Далее выберите ферму по очертанию решетки, щелкнув по первой слева в верхнем ряду кнопке.
- После этого задайте параметры фермы (рис.3.5):
 - $L = 12$ м;
 - $K_f = 6$.

- С помощью пункта меню **Схема** ⇒ **Корректировка** ⇒ **Удаление** (кнопка  на панели инструментов) удалите выделенные узлы (обратите внимание, что при удалении узлов автоматически удаляются прилегающие к ним элементы).
- Выполните пункт меню **Выбор** ⇒ **Отметка элементов** (кнопка  на панели инструментов).
- С помощью курсора выделите элементы № 3 и 5 (элементы окрашиваются в красный цвет).
- Из меню **Жесткости** ⇒ **Шарниры** (кнопка  на панели инструментов) вызовите

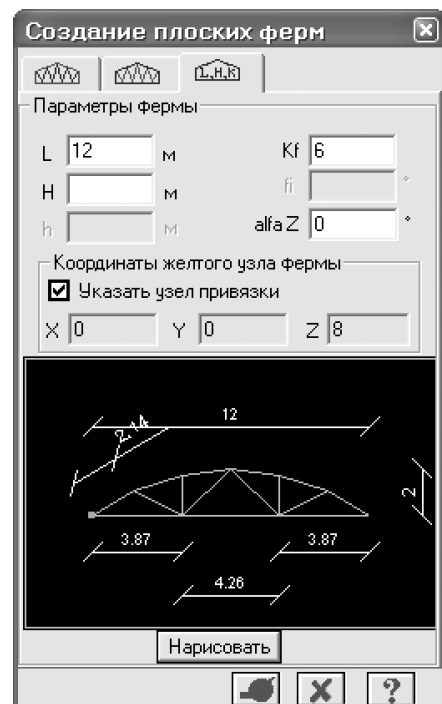


Рис.3.5. Диалоговое окно **Создание плоских ферм**

- При установленном флажке **Указать узел привязки** укажите курсором на узел № 9 (в окне автоматически отобразятся координаты этого узла).
- Для просмотра геометрических размеров фермы в диалоговом окне, щелкните по кнопке **Нарисовать**.
- Для установки фермы на раму, щелкните по кнопке  – **Применить**.

Упаковка схемы

- С помощью меню **Схема** ⇒ **Корректировка** ⇒ **Упаковка схемы** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Упаковка** (рис.3.6).
- В этом окне щелкните по кнопке **Упаковать** (упаковка схемы производится для сшивки совпадающих узлов и элементов, а также для безвозвратного исключения из расчетной схемы удаленных узлов и элементов).

Получим геометрическую схему, показанную на рис.3.7.

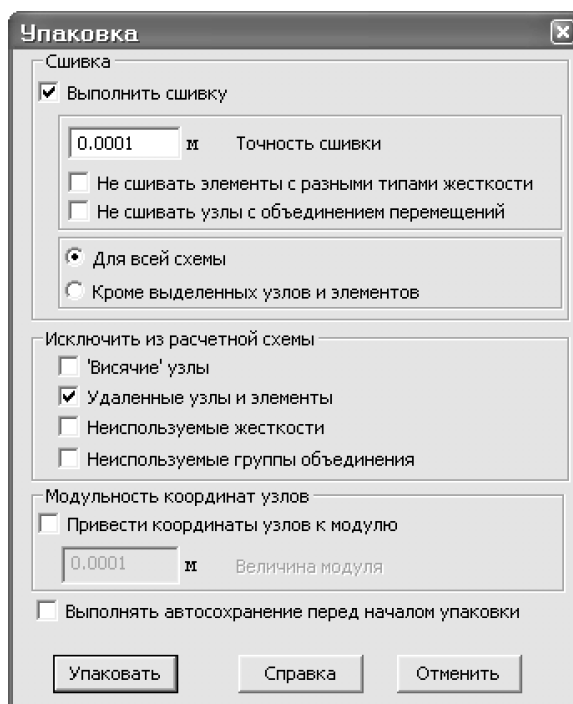


Рис.3.6. Диалоговое окно **Упаковка схемы**

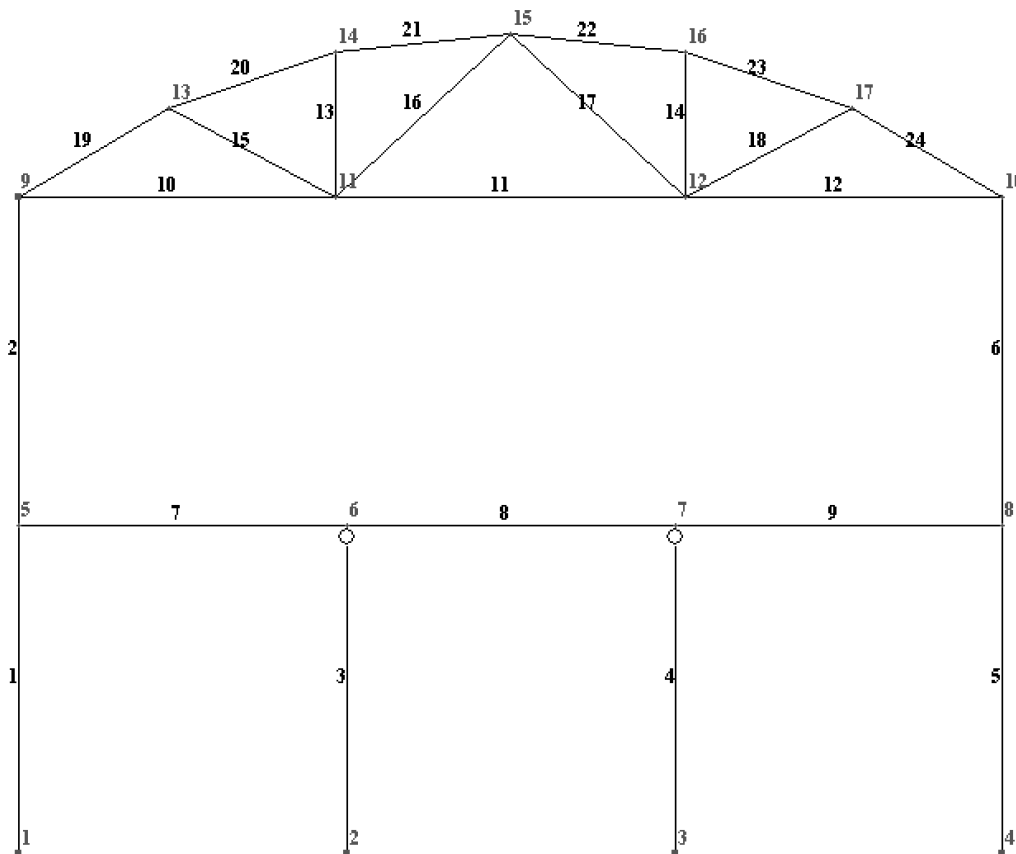


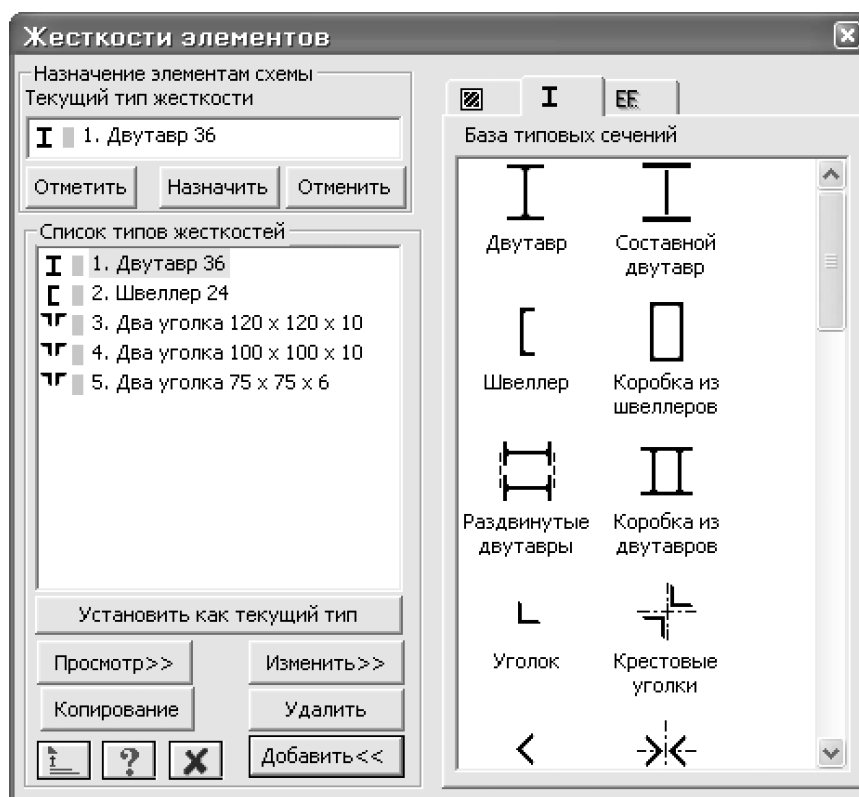
Рис.3.7. Расчетная схема рамы с номерами узлов и элементов

Этап 3. Задание граничных условий

- Выделите узлы № 1 и 4.
- С помощью пункта меню **Схема** ⇒ **Связи** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Связи в узлах**.
- В этом окне с помощью установки флажков, отметьте направления по которым запрещены перемещения узлов (**X, Z, UY**).
- После этого щелкните по кнопке  – **Применить** (узлы окрашиваются в синий цвет).
- Выделите узлы № 2, 3 и закрепите эти узлы по направлениям **X** и **Z** (для этого флажок с направления **UY** нужно снять).
- Выполните пункт меню **Выбор** ⇒ **Отметка узлов** (кнопка  на панели инструментов), чтобы снять активность с операции отметки узлов.

Этап 4. Задание жесткостных параметров элементам рамыФормирование типов жесткости

- С помощью меню **Жесткости** ⇒ **Жесткости элементов** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Жесткости элементов** (рис.3.8).
- В этом окне щелкните по кнопке **Добавить** и в библиотеке жесткостных характеристик щелкните по второй закладке **База типовых сечений**.
- Выберите двойным щелчком мыши элемент графического списка - тип сечения **Двутавр**.

**Рис.3.8. Диалоговое окно Жесткости элементов**

- В диалоговом окне **Стальное сечение** (рис.3.9) задайте параметры сечения **Двутавр**:
 - в раскрывающемся списке – **Сортамент** выберите позицию – **Двутавр с непараллельными гранями полок**;
 - в списке – **Профиль** – **36**.
- Подтвердите ввод щелчком по кнопке **ОК**.

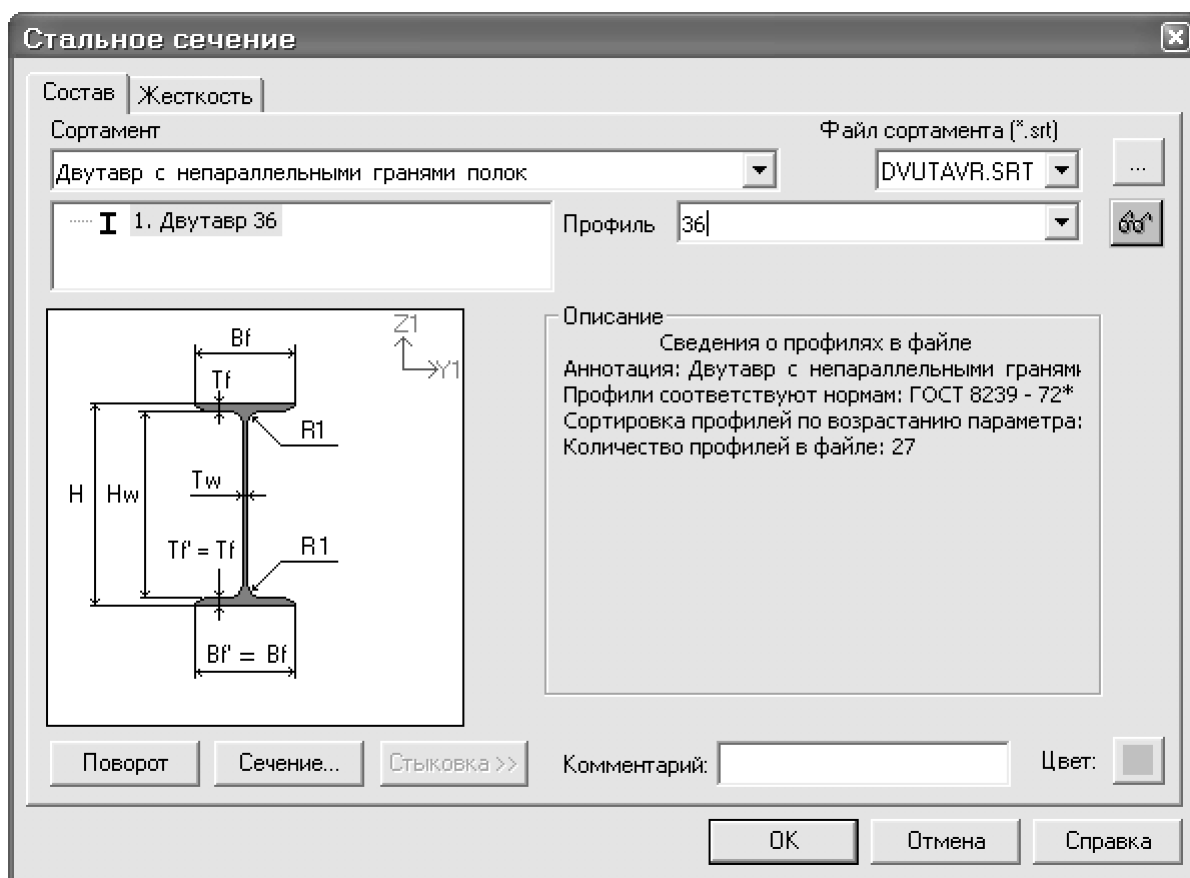


Рис.3.9. Диалоговое окно Стальное сечение

- В диалоговом окне **Жесткости элементов** выберите тип сечения **Швеллер**.
- В новом окне **Стальное сечение** задайте параметры сечения **Швеллер**:
 - Сортамент – **Швеллер с уклоном внутренних граней полков**;
 - Профиль – **24**.
- Подтвердите ввод щелчком по кнопке **ОК**.
- В диалоговом окне **Жесткости элементов** выберите тип сечения **Два уголка**.
- В появившемся окне **Стальное сечение** задайте параметры сечения **Два уголка**:
 - Сортамент – **Уголок равнополочный**;
 - Профиль – **120 x 120 x 10**.
- Подтвердите ввод щелчком по кнопке **ОК**.
- Далее в диалоговом окне **Жесткости элементов** в списке типов жесткостей с помощью курсора выделите строку **3. Два уголка 120 x 120 x 10**.
- Дважды щелкните по кнопке **Копирование**.
- После этого в списке типов жесткостей выделите строку **4. Два уголка 120 x 120 x 10**.
- Щелкните по кнопке **Изменить**.
- В новом окне **Стальное сечение** задайте:
 - Профиль – **100 x 100 x 10**.
- Подтвердите ввод щелчком по кнопке **ОК**.
- В диалоговом окне **Жесткости элементов** в списке типов жесткости выделите строку **5. Два уголка 120 x 120 x 10**.
- Щелкните по кнопке **Изменить**.
- В диалоговом окне **Стальное сечение** задайте:
 - Профиль – **75 x 75 x 6**.
- Подтвердите ввод щелчком по кнопке **ОК**.
- Для того чтобы скрыть библиотеку жесткостных характеристик, щелкните по кнопке **Добавить**.

Назначение жесткостей элементам рамы

- В списке типов жесткостей выделите курсором тип жесткости **1. Двуглав 36**.
- Щелкните по кнопке **Установить как текущий тип** (при этом выбранный тип записывается в окне редактирования **Текущий тип жесткости**. Можно назначить текущий тип жесткости двойным щелчком по строке списка).
- Выполните пункт меню **Выбор ⇒ Отметка горизонтальных элементов** (кнопка  на панели инструментов).
- С помощью курсора выделите горизонтальные элементы № 7, 8 и 9 (выделенные элементы окрашиваются в красный цвет).
- В диалоговом окне **Жесткости элементов** щелкните по кнопке **Назначить** (с элементов снимается выделение. Это свидетельство того, что выделенным элементам присвоена текущая жесткость).
- Выполните пункт меню **Выбор ⇒ Отметка горизонтальных элементов** (кнопка  на панели инструментов), чтобы снять активность с операции выделения горизонтальных стержневых элементов.
- В диалоговом окне **Жесткости элементов** в списке типов жесткостей выделите курсором тип жесткости **2. Швеллер 24**.
- Щелкните по кнопке **Установить как текущий тип**.
- Выполните пункт меню **Выбор ⇒ Отметка вертикальных элементов** (кнопка  на панели инструментов).
- С помощью курсора выделите вертикальные элементы схемы № 1, 2, 3 и 4, 5 и 6 (колонны).
- Затем в диалоговом окне **Жесткости элементов** щелкните по кнопке **Назначить**.
- В списке типов жесткостей выделите курсором тип жесткости **3. Два уголка 120 x 120 x 10**.
- Щелкните по кнопке **Установить как текущий тип**.
- С помощью меню **Выбор ⇒ ПолиФильтр** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **ПолиФильтр** (рис.3.10), для того чтобы выделить элементы верхнего пояса.
- В этом окне активизируйте вторую закладку **Фильтр для элементов**.
- Далее установите флажок **По номерам КЭ** и в активизированном поле введите номера элементов **19 – 24**.
- После этого щелкните по кнопке  – **Применить**.
- В диалоговом окне **Жесткости элементов** щелкните по кнопке **Назначить**.
- Назначьте текущим тип жесткости **4. Два уголка 100 x 100 x 10**.
- Для выделения элементов нижнего пояса фермы, в диалоговом окне **Фильтр для элементов** введите номера элементов **10 – 12**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.
- В диалоговом окне **Жесткости элементов** щелкните по кнопке **Назначить**.
- Для выделения элементов решетки фермы, в диалоговом окне **Фильтр для элементов** введите номера элементов **13 – 18**.
- щелкните по кнопке  – **Применить**.
- В диалоговом окне **Жесткости элементов** щелкните по кнопке **Назначить**.
- Закройте диалоговое окно **Фильтр для элементов** щелчком по кнопке  – **Заккрыть**.

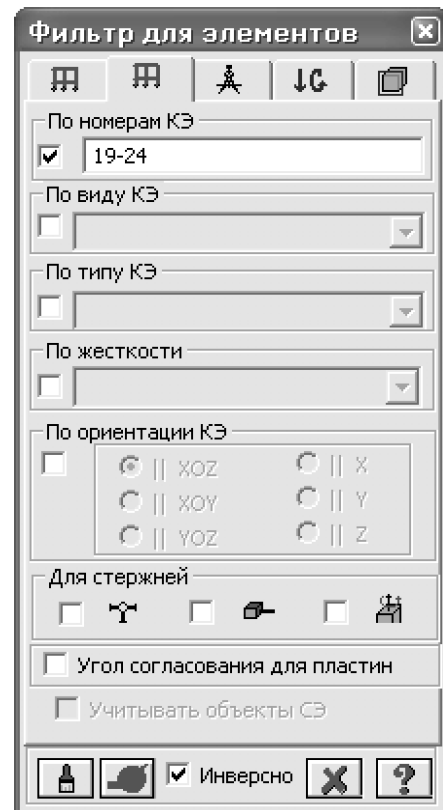


Рис.3.10. Диалоговое окно
Фильтр для элементов

Этап 5. Смена типа конечных элементов для элементов фермы

- Выделите все элементы фермы.
- С помощью меню **Схема** ⇒ **Корректировка** ⇒ **Смена типа конечного элемента** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Смена типа конечного элемента** (рис.3.11).
- В этом окне в списке типов конечных элементов выделите строку **Тип 1 – КЭ плоской фермы**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.

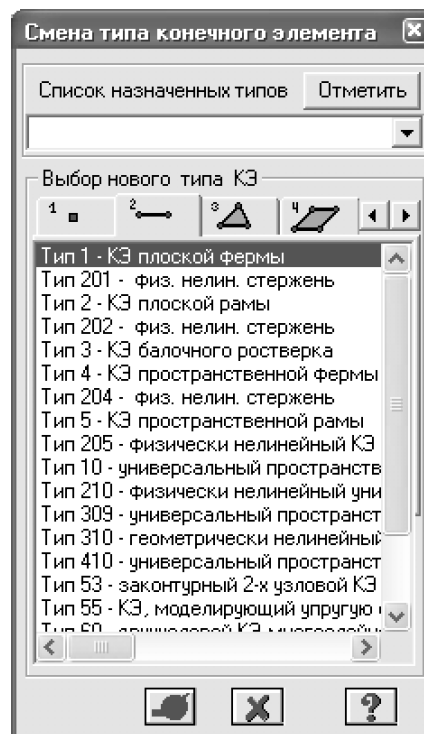


Рис.3.11. Диалоговое окно **Смена типа конечного элемента**

Этап 6. Задание нагрузок

Формирование загрузки № 1

- Вызовите диалоговое окно **Добавить собственный вес** из меню **Нагрузки** ⇒ **Добавить собственный вес** (рис.3.12).
- В этом окне, при активной радио-кнопке **все элементы**, щелкните по кнопке  – **Применить** (всем элементам конструкции автоматически назначается равномерно распределенная нагрузка, равная погонному весу элементов).

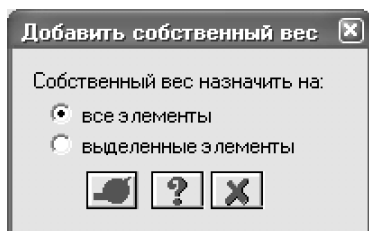


Рис.3.12. Диалоговое окно **Добавить собственный вес**

- Выделите элементы № 7, 8 и 9.
- После этого вызовите диалоговое окно **Задание нагрузок** из меню **Нагрузки** ⇒ **Нагрузка на узлы и элементы** (кнопка  на панели инструментов).
- В этом окне активизируйте закладку **Нагрузки на стержни**.
- Затем радио-кнопками укажите систему координат **Глобальная**, направление – вдоль оси **Z**.
- Щелчком по кнопке равномерно распределенной нагрузки вызовите диалоговое окно **Параметры местной нагрузки**.
- В этом окне задайте интенсивность нагрузки $p = 2.0$ тс/м.
- Щелкните по кнопке **Подтвердить**.
- После этого в диалоговом окне **Задание нагрузок** щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Выполните пункт меню **Выбор** ⇒ **Отметка узлов** (кнопка  на панели инструментов).
- Выделите узлы опирания фермы на колонну № 9 и 10.
- В диалоговом окне **Задание нагрузок** активизируйте закладку **Нагрузки в узлах** (по умолчанию указана система координат **Глобальная**, направление – вдоль оси **Z**).
- Щелчком по кнопке сосредоточенной силы вызовите диалоговое окно **Параметры нагрузки**.
- В этом окне задайте величину нагрузки $P = 12$ тс.
- Щелкните по кнопке **Подтвердить**.
- После этого в диалоговом окне **Задание нагрузок** щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Выделите узлы верхнего пояса № 13 – 17 и задайте на эти узлы сосредоточенную силу величиной $P = 24$ тс аналогично описанным выше операциям.

Формирование загрузки № 2

- Смените номер текущего загрузки, вызвав диалоговое окно **Активное загрузке** с помощью меню **Нагрузки** ⇒ **Выбор загрузки** (кнопка  на панели инструментов).

- В этом диалоговом окне задайте номер загрузки 2.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Выделите элементы № 7, 8, 9 и задайте на эти элементы равномерно распределенную нагрузку интенсивностью $p = 2$ тс/м аналогично первому нагружению.
- Выделите узлы № 9 и 10, задайте на эти узлы сосредоточенную силу величиной $P = 2$ тс аналогично первому нагружению.
- Выделите узлы № 13 – 17 и аналогично первому нагружению задайте на них сосредоточенную силу величиной $P = 4$ тс.

Формирование загрузки № 3

- Смените номер текущего нагружения, вызвав диалоговое окно **Активное нагружение** с помощью меню **Нагрузки** ⇒ **Выбор нагружения** (кнопка  на панели инструментов).
- В этом диалоговом окне задайте номер загрузки 3.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Выделите узлы № 5 и 10, задайте на них сосредоточенную силу вдоль глобальной оси X величиной $P = -1.5$ тс аналогично первому нагружению.
- Выделите узел № 9 и задайте на этот узел силу вдоль глобальной оси X величиной $P = -2$ тс.
- Выделите узел № 8 и задайте на него силу вдоль глобальной оси X величиной $P = -1.125$ тс.

Формирование загрузки № 4

- Смените номер текущего нагружения на 4.

Задание узловой гармонической нагрузки

- Выделите узел № 6.
- В диалоговом окне **Задание нагрузок**, щелчком по кнопке гармонической нагрузки, вызовите диалоговое окно **Гармоническая нагрузка в узле** (рис.3.13.).
- В этом окне задайте следующие параметры:
 - Дополнительная масса в узле – 2 тс;
 - Направление нагрузки – X ;
 - Закон действия нагрузки – $\cos$;
 - Амплитуда воздействия – 0.1 тс.
- Подтвердите введенную информацию щелчком по кнопке **Подтвердить**.
- После этого в диалоговом окне **Задание нагрузок** щелкните по кнопке  – **Применить**.



Рис.3.13. Диалоговое окно **Гармоническая нагрузка в узле**

Задание характеристик для расчета рамы на динамические воздействия

Этап 7. Формирование таблицы учета статических нагружений

Формирование таблицы учета статических нагружений для гармонического воздействия

- С помощью меню **Нагрузки** ⇒ **Динамика** ⇒ **Учет статических нагружений** вызовите диалоговое окно **Формирование динамических нагружений из статических** (рис.3.14).

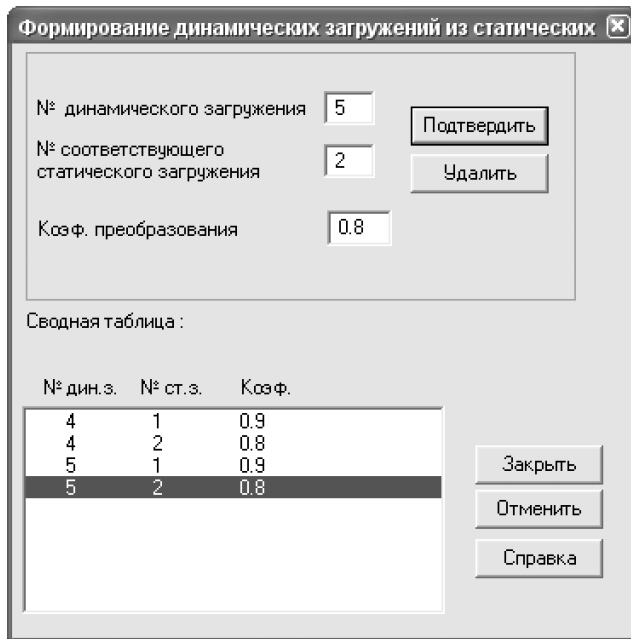


Рис. 3.14. Диалоговое окно **Формирование динамических нагрузок из статических**

- Для формирования первой строки сводной таблицы, в этом окне задайте следующие параметры:
 - № динамического нагружения – **4**;
 - № соответствующего статического нагружения – **1**;
 - Коеф. преобразования – **0.9**.
- Далее щелкните по кнопке **Подтвердить**.
- Для формирования второй строки сводной таблицы, в этом же окне задайте следующие параметры:
 - № динамического нагружения – **4**;
 - № соответствующего статического нагружения – **2**;
 - Коеф. преобразования – **0.8**.
- Щелкните по кнопке **Подтвердить**.

Формирование таблицы учета статических нагрузок для сейсмического воздействия

- Для формирования третьей строки сводной таблицы, в диалоговом окне **Формирование динамических нагрузок из статических** задайте следующие параметры:
 - № динамического нагружения – **5**;
 - № соответствующего статического нагружения – **1**;
 - Коеф. преобразования – **0.9**.
- Далее щелкните по кнопке **Подтвердить**.
- Для формирования четвертой строки сводной таблицы, в этом же окне задайте следующие параметры:
 - № динамического нагружения – **5**;
 - № соответствующего статического нагружения – **2**;
 - Коеф. преобразования – **0.8**.
- Закончив, щелкните по кнопкам **Подтвердить** и **Закреть**.

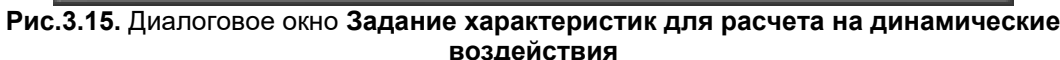


Формирование таблицы динамических нагрузок из статических производится для учета указанных статических нагрузок как нагрузки массами при расчете динамики.

Этап 8. Формирование таблицы динамических нагрузок

Задание данных для четвертого нагружения.

- Из меню **Нагрузки** ⇒ **Динамика** ⇒ **Таблица динамических нагрузок** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Задание характеристик для расчета на динамические воздействия** (рис.3.15).



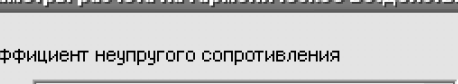
- 
- Параметры расчета на гармоническое воздействие
- Коэффициент неупругого сопротивления
- $K =$ 0.025 (прокатная сталь)
- Вынужденная частота внешнего воздействия, [рад/сек]
- 6.500
- Погрешность в определении частоты
- 15.0 %
- Подтвердить Отменить Справка

Рис.3.16. Диалоговое окно Параметры расчета на гармоническое воздействие

- В диалоговом окне **Задание характеристик для расчета на динамические воздействия** (рис.3.15) задайте:

-
- 53

- направляющие косинусы равнодействующей сейсмического воздействия в общей системе координат – $CX = 1$.
 - остальные параметры принимаются по умолчанию.
- Подтвердите ввод данных щелчком по кнопке **Подтвердить**.

Параметры расчета на сейсмические воздействия

Поправочный коэф. для сейсмических сил: 1.00

Признак ориентации высоты сооружения: ☐ вдоль X ☐ вдоль Y ☒ вдоль Z

Расстояние между поверхностью земли и минимальной аппликацией расчетной схемы: 0.00 м

Тип сооружения: 1 - жилые, общественные и производственные

Категория грунта (в соотв. со СНиП II-7-81): G = 1

Сейсмичность площадки в баллах: S = 7

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

Таблица 3: K1 = 0.12

Таблица 6: Kpsi = 1.00

Направляющие косинусы равнодействующей сейсм. воздейств. в ОСК

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

Подтвердить Отменить Справка

Рис.3.17. Диалоговое окно Параметры расчета на сейсмические воздействия

- В диалоговом окне **Задание характеристик для расчета на динамические воздействия** щелкните по кнопке **Заккрыть**.

Этап 9. Задание расчетных сечений элементов ригелей

- Выделите горизонтальные элементы № 7 – 9.
- С помощью меню **Схема** ⇒ **Расчетные сечения стержней** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Расчетные сечения** (рис.3.18.).
- В этом окне задайте количество расчетных сечений **N = 5**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить** (для того чтобы выполнить расчет по второй группе предельных состояний, нужно задать не менее трех расчетных сечений).

Расчетные сечения

Кол-во сечений

N: 5

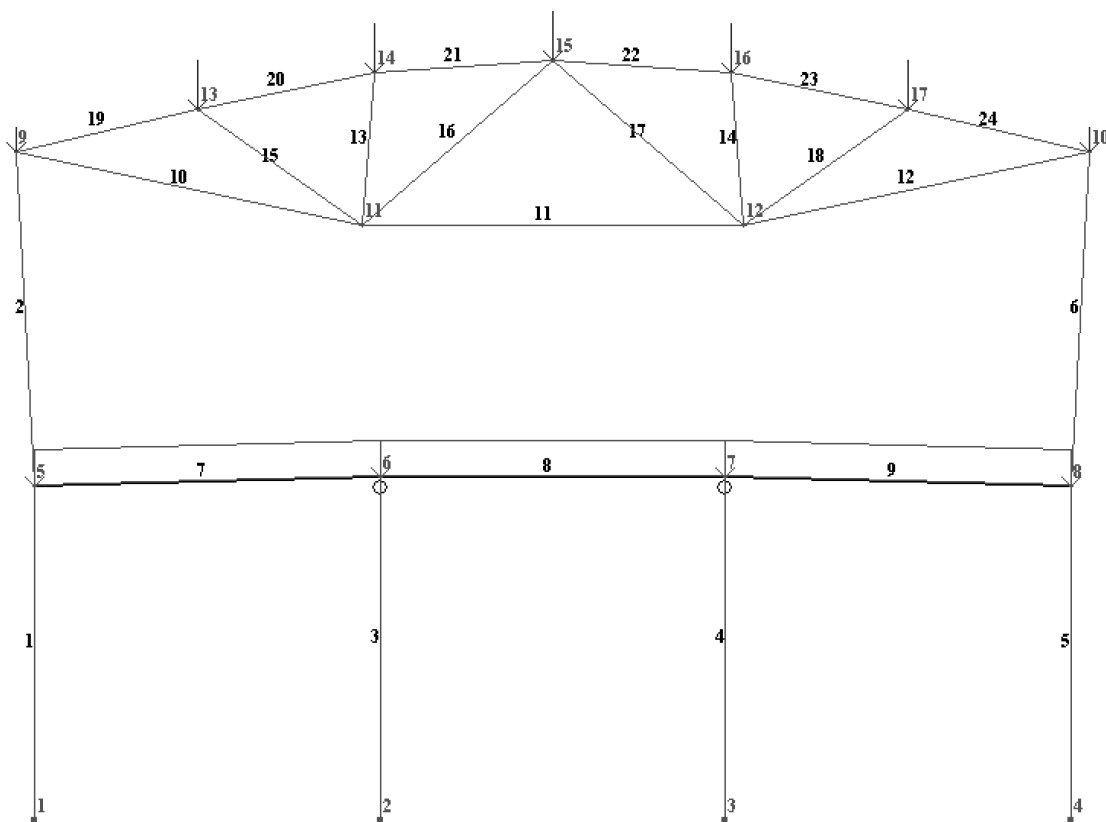
Рис.3.18. Диалоговое окно Расчетные сечения

Этап 10. Статический расчет рамы

- Запустите задачу на расчет с помощью меню **Режим** ⇒ **Выполнить расчет** (кнопка  на панели инструментов).

Этап 11. Просмотр и анализ результатов расчета

- После расчета задачи, переход в режим результатов расчета осуществляется с помощью меню **Режим** ⇒ **Результаты расчета** (кнопка  на панели инструментов).
- В режиме просмотра результатов расчета по умолчанию расчетная схема отображается с учетом перемещений узлов (рис.3.19). Для отображения схемы без учета перемещений узлов выполните пункт меню **Схема** ⇒ **Исходная схема** (кнопка  на панели инструментов).

**Рис.3.19.** Расчетная схема с учетом перемещений узлов**Вывод на экран эпюр внутренних усилий**

- Выведите на экран эпюру M_y (рис.3.20) с помощью меню **Усилия** ⇒ **Эпюры** ⇒ **Эпюры изгибающих моментов (M_y)** (кнопки , а затем  на панели инструментов).

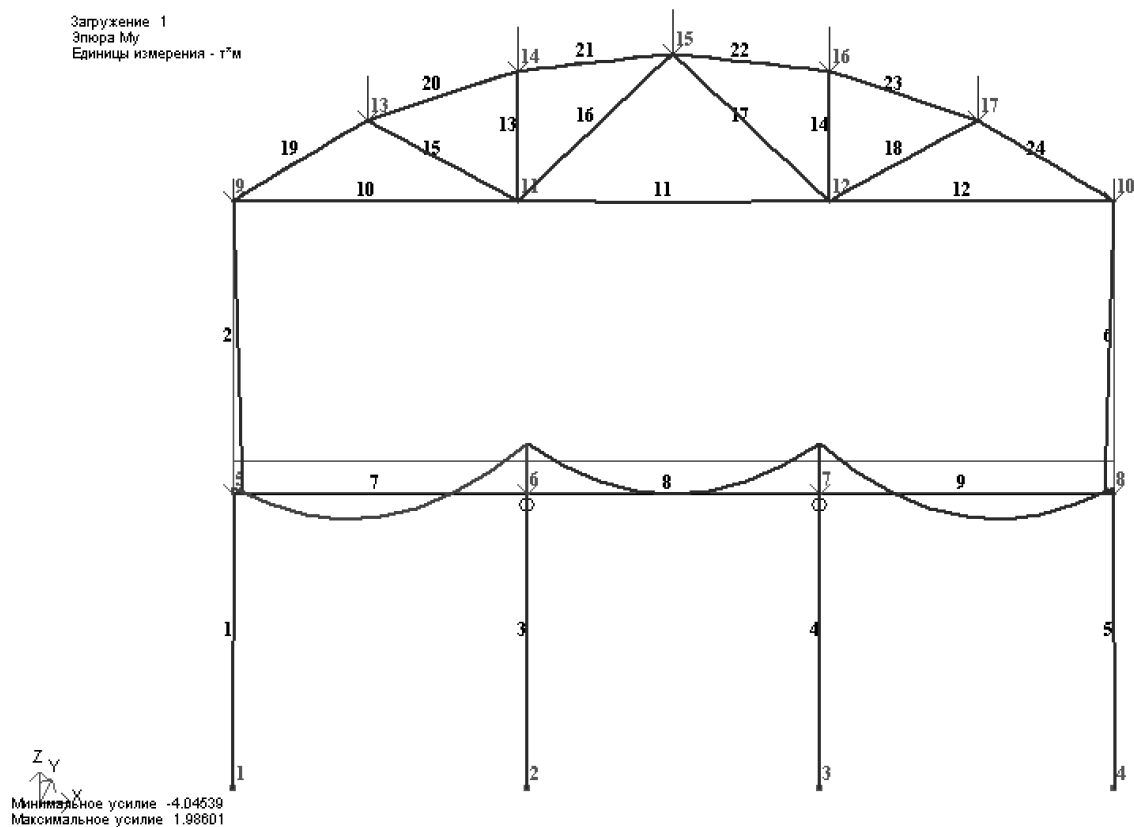


Рис.3.20. Эпюры изгибающих моментов M_y

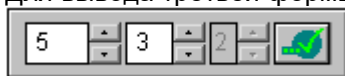
- Для вывода эпюры N , выполните пункт меню **Усилия** ⇒ **Эпюры** ⇒ **Эпюры продольных сил (N)** (кнопка  на панели инструментов).

Вывод форм колебаний конструкции

- На панели инструментов **Загружения**  смените номер загрузки на 4 и щелкните по кнопке  – **Подтвердить выбор**.

- Выведите первую форму колебаний с помощью меню **Схема** ⇒ **Форма колебаний** (кнопка  на панели инструментов).

- Для вывода третьей формы колебаний пятого нагружения на панели инструментов **Загружения**



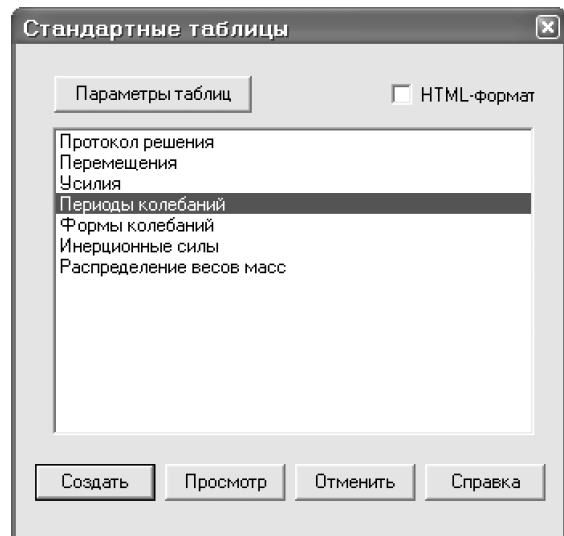
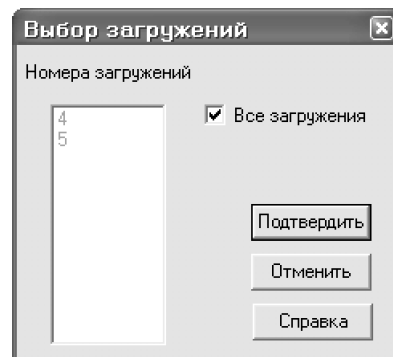
- смените номер загрузки на 5, номер формы на 3 и щелкните по кнопке  – **Подтвердить выбор**.

Просмотр анимации третьей формы колебаний пятого нагружения

- Выполнив пункт меню **Вид** ⇒ **Пространственная модель (3D-графика)**, перейдите в режим пространственной модели.
- Для просмотра анимации третьей формы колебаний пятого нагружения, выполните пункт меню **Опции** ⇒ **Флаги рисования** ⇒ **Показать анимацию колебаний** (кнопка  на панели инструментов).
- Для возврата в режим визуализации результатов расчета, выполните пункт меню **Вид** ⇒ **Конечноэлементная модель** или закройте окно пространственной модели.

Формирование и просмотр таблиц результатов расчета

- Для вывода на экран таблицы со значениями периодов колебаний, выполните пункт меню **Окно** ⇒ **Стандартные таблицы**.
- В появившемся диалоговом окне **Стандартные таблицы** (рис.3.21) выделите строку **Периоды колебаний**.
- Щелкните по кнопке **Создать** (для создания таблиц в формате HTML нужно установить флажок **HTML-формат**).
- Для того чтобы закрыть таблицу, выполните пункт меню **Файл** ⇒ **Заккрыть**.
- Для вывода на экран таблицы со значениями распределения весов масс в узлах расчетной схемы, выполните пункт меню **Окно** ⇒ **Стандартные таблицы**.
- В диалоговом окне **Стандартные таблицы** выделите строку **Формы колебаний**.
- Щелкните по кнопке **Создать**.
- В новом окне **Выбор загрузений** (рис.3.22), при установленном флажке **Все загрузения**, подтвердите ввод щелчком по кнопке **Подтвердить**.

Рис.3.21. Диалоговое окно **Стандартные таблицы**Рис.3.22. Диалоговое окно **Выбор загрузений****Этап 12. Вычисление и анализ расчетных сочетаний нагрузений (РСН)**Задание и расчет РСН

- В режиме визуализации результатов расчета с помощью меню **Усилия** ⇒ **РСН** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Расчетные сочетания нагрузок** (рис.3.23).
- В этом окне в списке видов загрузений задайте вид для каждого загрузения после двойного щелчка мыши по ячейке таблицы **Вид**:
 - для первого загрузения – **Постоянная (П)**;
 - для второго – **Длительная (Д)**;
 - для третьего – **Кратковременная (К)**.
 - для четвертого – **Особая (Ос)**;
 - для пятого – **Сейсмика (С)**.

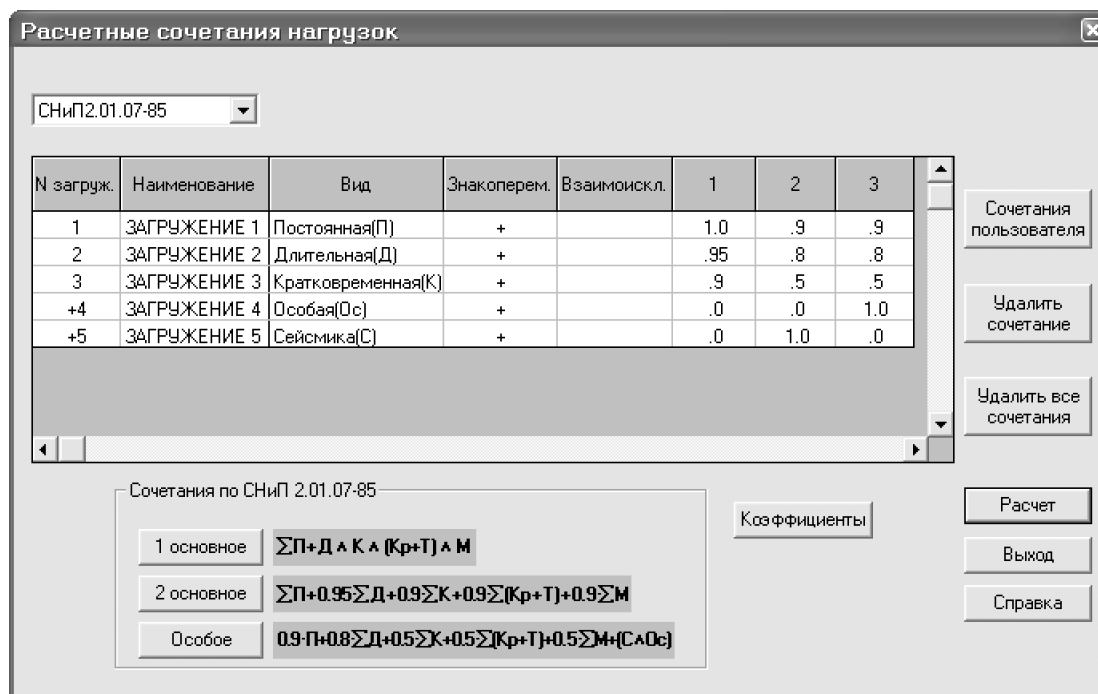


Рис.3.23. Диалоговое окно Расчетные сочетания нагрузок

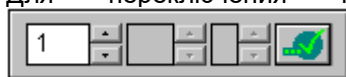
- Для задания сочетаний, щелкните по кнопкам управления вводом коэффициентов **2 основное** и **Особое** (в таблице появляются столбцы с величинами коэффициентов в соответствии с применяемыми формулами сочетаний по СНиП 2.01.07-85).
- Далее щелкните по кнопке **Расчет**.

Анализ результатов расчета по РСН

- Переключитесь на визуализацию результатов расчета по РСН с помощью пункта меню

Выбор ⇒ **Выбор РСН** (кнопка  на панели инструментов).

- Вывод на экран эпюр внутренних усилий и создание таблиц результатов расчета по РСН осуществляется аналогично описанным ранее действиям.
- Для переключения номера РСН, на панели инструментов **Загружения**



смените номер сочетания на **2** и щелкните по кнопке  –

Подтвердить выбор.



Вычисление расчетных сочетаний нагрузжений (РСН) производится непосредственным суммированием соответствующих перемещений узлов и усилий (напряжений) в элементах по правилам, установленным нормативными документами (в отличие от вычисления РСУ, где в качестве критерия для определения опасных сочетаний используются экстремальные значения напряжений в характерных точках сечений элементов).

Этап 13. Расчет рамы на устойчивость

Расчет устойчивости

- Для выполнения расчета рамы на устойчивость от первого загружения, вызовите диалоговое окно **Параметры расчетного процессора** (рис.3.24) с помощью меню **Усилия** ⇒ **Устойчивость** ⇒ **Рассчитать** (кнопка  на панели инструментов).

- В этом окне снимите активность со строки **Все загрузки** (остальные параметры принимаются по умолчанию).
- Щелкните по кнопке **Подтвердить**.

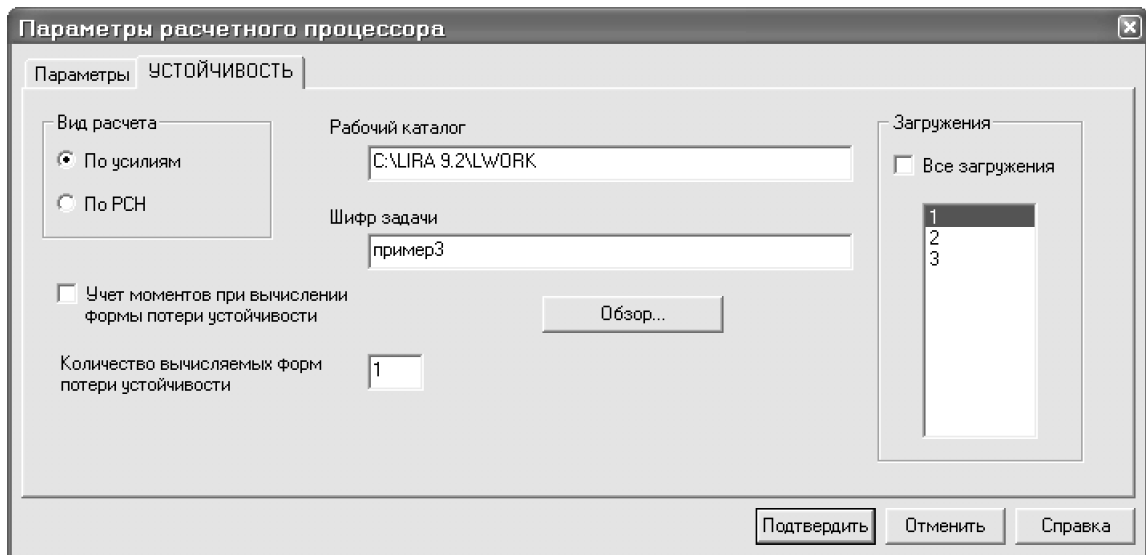


Рис.3.24. Диалоговое окно **Параметры расчетного процессора**

Создание таблицы коэффициентов запаса устойчивости

- Для вывода на экран таблицы со значениями коэффициентов запаса устойчивости, выполните пункт меню **Окно ⇒ Стандартные таблицы**.
- В появившемся диалоговом окне **Стандартные таблицы** выделите строку **Коэффициенты запаса устойчивости**.
- Щелкните по кнопке **Создать**.

Анализ результатов расчета рамы на устойчивость

- Переключитесь на визуализацию результатов расчета по усилиям с помощью пункта меню **Выбор ⇒ Выбор загрузки** (кнопка  на панели инструментов).
- Выведите на экран форму потери устойчивости с помощью меню **Схема ⇒ Форма потери устойчивости** (кнопка  на панели инструментов).
- Для отображения схемы с учетом перемещений узлов выполните пункт меню **Схема ⇒ Исходная схема** (кнопка  на панели инструментов).
- Чтобы вывести на экран коэффициенты свободных длин, выполните пункт меню **Усилия ⇒ Устойчивость ⇒ Коэффициенты по L_y** (кнопки   на панели инструментов).
- Для переключения в режим результатов статического расчета, выполните пункт меню **Схема ⇒ Форма перемещений** (кнопка  на панели инструментов).

Подбор и проверка сечений стальных элементов в системе ЛИР-СТК



Проектирующая система ЛИР-СТК предназначена для подбора и проверки сечений стержневых стальных элементов в соответствии со СНиП II.23-81 и СНиП 2.01.07-85. Расчет выполняется на одно или несколько расчетных сочетаний усилий (PCY), нагрузок (PCH) или усилий, полученных из статического расчета конструкций. Выполняются также проверки элементов плоского напряженного состояния. Производится подбор и проверка следующих типов сечений:

- элементы ферм и связей, работающие на центральное сжатие и растяжение;
- балки, подверженные поперечному изгибу;
- колонны, подверженные сжатию с изгибом.

Подбор и проверка может производиться в двух режимах:

- сквозной режим, в процессе которого производится расчет для всех указанных пользователем элементов в автоматическом режиме;
- локальный режим, в процессе которого пользователь может производить многовариантное проектирование – изменять размеры сечения, менять марку стали, варьировать расстановку ребер жесткости и т.п.

Результатами расчета являются размеры сечений элементов и коэффициент использования несущей способности сечений элементов (в процентном выражении), проверяемых в соответствии с требованиями СНиП II.23-81.

Система ЛИР-СТК работает как самостоятельное приложение Windows. Обмен данными с пользовательской средой ЛИР-ВИЗОР происходит с помощью файлов данных формата #00.*, .hvm, *.stc.

Подбор сечений

Подбор сечений прокатных элементов происходит простым перебором от наименьшего по площади сечения в порядке возрастания. Таким образом, первое сечение, удовлетворяющее всем проверкам, будет наименьшим.

Подбор сечений сквозных колонн, составленных из разных прокатных сечений, происходит в два этапа. На первом этапе происходит подбор сечения каждой ветви и определяются такие высоты каждой ветви h_1 и h_2 , при которых площади ветвей будут наименьшими.

На втором этапе происходит компоновка стержня колонны путем перебора всех возможных высот ветвей от h_1 до h_2 и выбор того сечения, у которого площадь будет наименьшей. Если шаг решетки сквозной колонны не задан в исходных данных, производится попытка отыскания оптимального шага решетки из условий равноустойчивости стержня колонны и его ветвей. Подбор сечений решетки колонн производится всегда.

Подбор сечений сплошных колонн составного сечения, как двутавр из 3-х листов, например, происходит в два этапа. На первом этапе производится вычисление соотношения площадей поясов сечения (если оно не задано в исходных данных) и подбор сечения по методике, изложенной в нормативном документе **Пособие по проектированию стальных конструкций к СНиП II.23-81**. Если эта методика дала удовлетворительные результаты, то подбор окончен. В противном случае выполняется второй этап подбора – варьирование возможных высот сечения, чтобы получить сечение с минимальной массой.

Подбор сечений составных балок выполняется при минимальной толщине стенки. В случае двутавровой сварной балки предполагается установка только поперечных ребер жесткости, и подбор начинается с назначения толщины, соответствующей гибкости стенки:

$$\bar{\lambda}_w = 6$$

В случае двутавровой сварной балки без ребер жесткости, подбор начинается с толщины, соответствующей гибкости стенки:

$$\bar{\lambda}_w = 3.2,$$

что соответствует максимально допустимой гибкости стенки, не укрепленной поперечными ребрами жесткости, при отсутствии подвижных нагрузок.

В процессе подбора балок, если стенка не удовлетворяет условию местной устойчивости или другим условиям, происходит ее утолщение. Поэтому рекомендуется задавать реальный шаг поперечных ребер жесткости. В противном случае ребра жесткости будут расставлены с максимально допустимым по СНиП расстоянием.

Заканчивается расчет проверкой общей устойчивости. Если проверка общей устойчивости не выполняется, производится варьирование возможных габаритов и толщины сечения с целью получить сечение минимального веса. Варьирование производится в окрестностях полученного на первом этапе сечения. При этом не

происходит увеличение сечения, полученного из условий проверки по прогибу.
Расчет на местные нагрузки не производится.

Сквозной расчет

Этот режим позволяет получить:

- таблицы результатов для произвольного фрагмента схемы;
- наглядное представление о работе сечений расчетной схемы.

Локальный расчет

В режиме локального расчета можно проектировать сечения отдельных элементов расчетной схемы (в зависимости от вида элемента: конечный, конструктивный, унифицированный, унифицированный конструктивный). Полученные результаты сохраняются отдельным файлом.

Для того чтобы начать работу с модулем **ЛИР-СТК**, выполните следующую команду Windows:
Пуск ⇒ **Программы** ⇒ **ЛИРА 9.2** ⇒ **ЛИР-СТК**.

Этап 14. Импорт расчетной схемы

- Для импорта расчетной схемы выполните пункт меню **Файл** ⇒ **Импорт** (кнопка  на панели инструментов).
- В диалоговом окне **Введите имя импортируемого файла** (рис. 3.25) выделите файл **пример3#00.пример3**.
- Щелкните по кнопке **Открыть**.

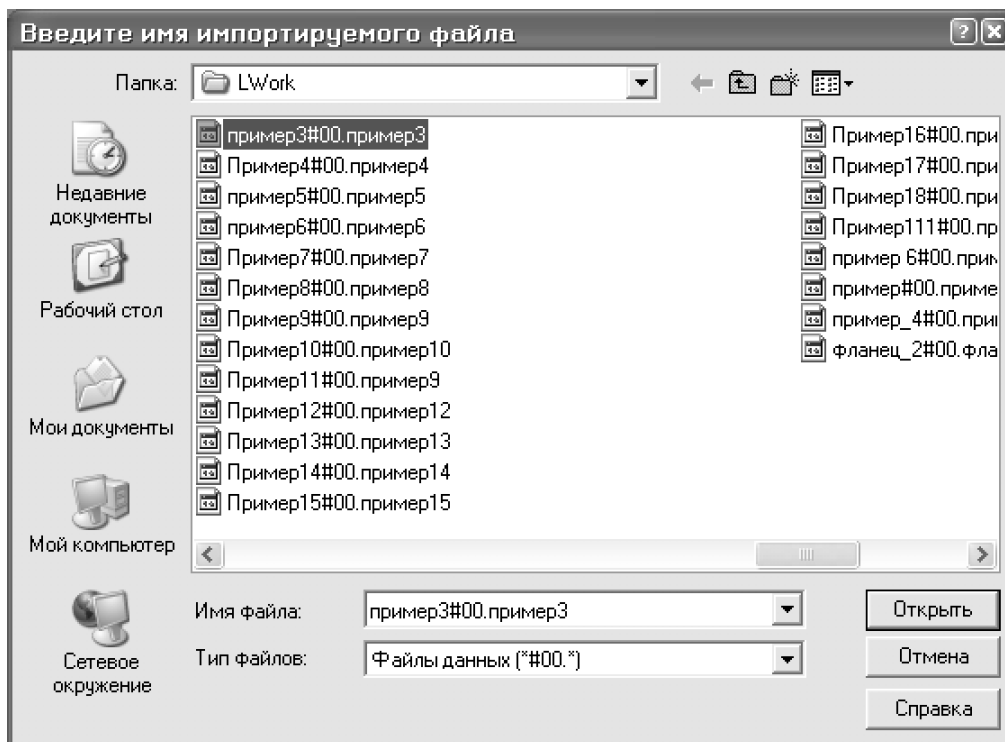


Рис.3.25. Диалоговое окно **Введите имя импортируемого файла**



Запуск модуля **ЛИР-СТК** может быть произведен из режима результатов расчета **ЛИР-ВИЗОР** с помощью меню **Окно** ⇒ **ЛИР-СТК**. В этом случае импорт расчетной схемы производится автоматически.

Этап 15. Задание дополнительных характеристик

Задание дополнительных характеристик для элементов балок

- С помощью меню **Редактировать** ⇒ **Сечения** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Жесткости элементов**.
- В этом окне в списке типов жесткостей выделите строку **1. Двутавр 36**.
- Щелкните по кнопке **Изменить**.
- В диалоговом окне **Стальное сечение** в раскрывающемся списке – **Сталь** задайте марку – **ВСт3кп2-1**.
- После этого щелкните по закладке **Дополнительные характеристики** и активизируйте радио-кнопку **Балка**.
- Диалоговое меню **Стальные сечения** примет вид, представленный на рис.3.26, в котором задайте следующие характеристики:
 - установите флажок **Использовать коэффициент к длине конструктивного элемента**;
 - задайте коэффициент **Lef = 0.25**;
 - для задания раскреплений сжатого пояса, установите флажок **более, делят пролет на равные части**.
 - Задайте максимально допустимый прогиб – **250**.
- Для ввода данных щелкните по кнопке **ОК**.

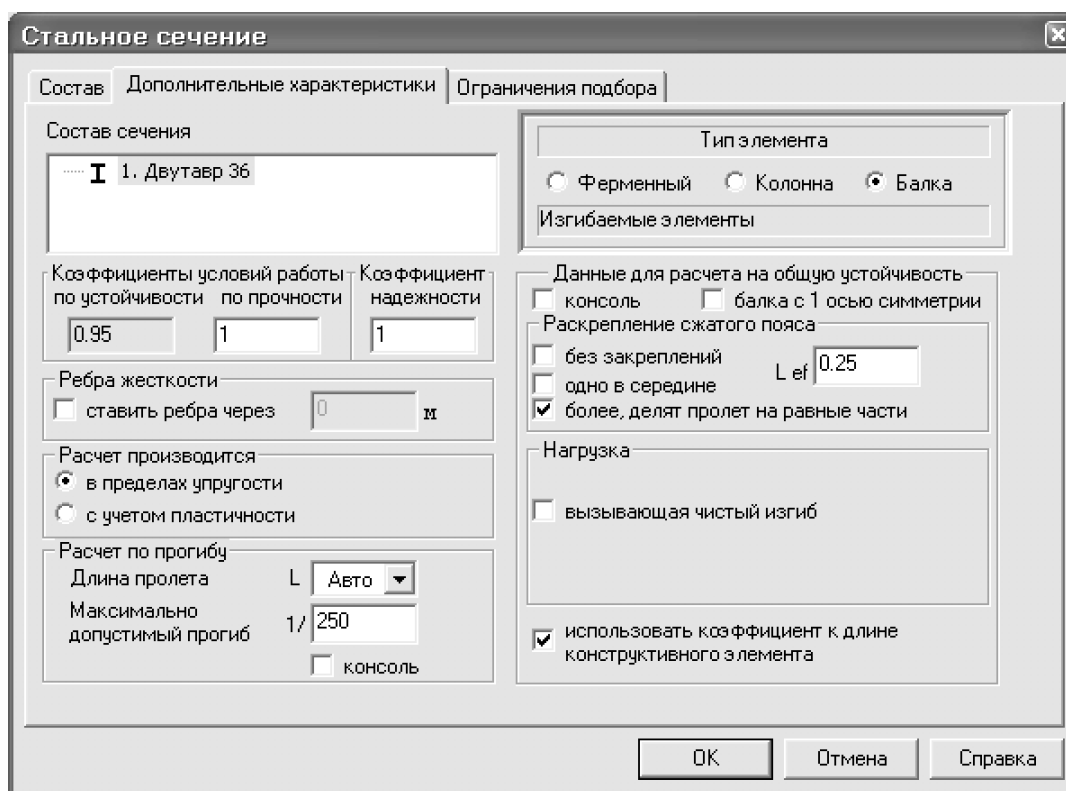


Рис.3.26. Диалоговое окно **Стальное сечение**

Задание дополнительных характеристик для элементов колонн

- В диалоговом окне **Жесткости элементов** в списке типов жесткостей выделите строку **2. Швеллер 24** и щелкните по кнопке **Изменить**.
- В появившемся диалоговом окне **Стальное сечение** в раскрывающемся списке – **Сталь** задайте марку – **ВСт3кп2-1**.
- После этого щелкните по закладке **Дополнительные характеристики** (рис.3.27) и активизируйте радио-кнопку **Колонна**.

- Затем задайте следующие характеристики:
 - установите флажок **Использовать коэффициенты к геометрической длине конструктивного элемента**;
 - задайте коэффициент длины относительно оси Z1 = 1;
 - коэффициент длины относительно оси Y1 = 1;
 - коэффициент длины для расчета $\Phi_b = 0.85$.
- Для ввода данных щелкните по кнопке **ОК**.

Стальное сечение

Состав | **Дополнительные характеристики** | Ограничения подбора

Состав сечения

..... C 2. Швеллер 24

Тип элемента

☐ Ферменный ☒ Колонна ☐ Балка

Действие осевой силы с изгибом

Расчетные длины

относительно оси Z1 относительно оси Y1

1 1

Для расчета Φ_b

0.85

Кoeffициенты условий работы

по устойчивости по прочности

1 1

Кoeffициент надежности

1

Предельная гибкость колонны

на сжатие: на растяжение:

☒ Основная колонна ☐ Неосновная колонна ☐ Прочая

180-60a 300

☒ использовать коэффициенты к геометрической длине конструктивного элемента

ОК Отмена Справка

Рис.3.27. Диалоговое окно **Стальное сечение**

Задание дополнительных характеристик для элементов верхнего пояса фермы

- В диалоговом окне **Жесткости элементов** в списке типов жесткостей выделите строку **3. Два уголка 120 x 120 x 10** и щелкните по кнопке **Изменить**.
- В появившемся диалоговом окне **Стальное сечение** в раскрывающемся списке – **Сталь** задайте марку – **ВСт3кп2-1**.
- После этого щелкните по закладке **Дополнительные характеристики** (рис.3.28) и активизируйте радио-кнопку **Ферменный**.
- Затем задайте следующие характеристики:
 - установите флажок **Использовать коэффициенты к длине конструктивного элемента**;
 - задайте коэффициент длины относительно оси Z1 = 1;
 - задайте коэффициент длины относительно оси Y1 = 1;
 - для задания предельной гибкости на сжатие, активизируйте радио-кнопку **элемент пояса или опорный раскос фермы**.
- Для ввода данных щелкните по кнопке **ОК**.

Рис.3.28. Диалоговое окно Стальное сечение

Задание дополнительных характеристик для элементов нижнего пояса фермы

- В диалоговом окне **Жесткости элементов** в списке типов жесткостей выделите строку **4. Два уголка 100 x 100 x 10** и щелкните по кнопке **Изменить**.
- В появившемся диалоговом окне **Стальное сечение** в раскрывающемся списке – **Сталь** задайте марку – **ВСт3кп2-1**.
- После этого щелкните по закладке **Дополнительные характеристики** и активизируйте радио-кнопку **Ферменный**.
- Затем задайте следующие характеристики:
 - установите флажок **Использовать коэффициенты к длине конструктивного элемента**;
 - задайте коэффициент длины относительно оси Z1 = **0.33**;
 - задайте коэффициент длины относительно оси Y1 = **0.33**;
 - для задания предельной гибкости на сжатие, активизируйте радио-кнопку **элемент пояса или опорный раскос фермы**.
- Щелкните по кнопке **ОК**.

Задание дополнительных характеристик для элементов решетки фермы

- В диалоговом окне **Жесткости элементов** в списке типов жесткостей выделите строку **5. Два уголка 75 x 75 x 6** и щелкните по кнопке **Изменить**.
- В появившемся диалоговом окне **Стальное сечение** в раскрывающемся списке – **Сталь** задайте марку – **ВСт3кп2-1**.
- После этого щелкните по закладке **Дополнительные характеристики** (рис.3.28) и активизируйте радио-кнопку **Ферменный**.
- Затем задайте следующие характеристики:
 - установите флажок **Использовать коэффициенты к длине конструктивного элемента**;
 - задайте коэффициент длины относительно оси Z1 = **1**;
 - задайте коэффициент длины относительно оси Y1 = **1**;

- для задания предельной гибкости на сжатие, активизируйте радио-кнопку **неопорный элемент решетки фермы**.
- Щелкните по кнопке **ОК**.
- Закройте диалоговое окно **Жесткости элементов** щелчком по кнопке  – **Заккрыть** (назначение дополнительных характеристик происходит автоматически).

Этап 16. Назначение конструктивных элементов



Конечные элементы, объединенные в конструктивный, при конструировании рассматриваются как единое целое. Между элементами, входящими в конструктивный элемент, не должно быть разрывов, они должны иметь один тип жесткости, не должны входить в другие конструктивные элементы и унифицированные группы, а также иметь общие узлы и лежать на одной прямой.

Вывод на экран номеров элементов

- Выполните пункт меню **Опции** ⇒ **Флаги рисования** (кнопка  на панели инструментов).
- В диалоговом окне **Показать** (рис.3.29) активизируйте первую закладку **Элементы** и установите флажок **Номера элементов**.
- После этого щелкните по кнопке  – **Перерисовать**.

Создание конструктивного элемента БАЛКА

- Выполните пункт меню **Выбор** ⇒ **Отметка элементов** (кнопка  на панели инструментов).
- Выделите элементы № 7, 8 и 9.
- Для создания конструктивного элемента **КБ1**, воспользуйтесь пунктом меню **Редактировать** ⇒ **Создать конструктивные элементы** (кнопка  на панели инструментов).

Создание конструктивного элемента ФЕРМА

- Выделите элементы № 10, 11 и 12.
- Создайте конструктивный элемент **КФ2** с помощью пункта меню **Редактировать** ⇒ **Создать конструктивные элементы** (кнопка  на панели инструментов).



Рис.3.29. Диалоговое окно **Показать**

Создание конструктивного элемента КОЛОННА

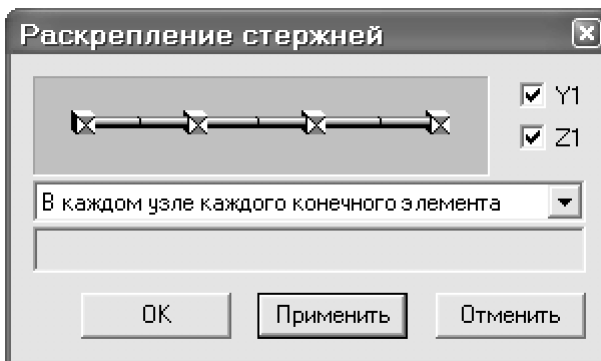


Рис.3.30. Диалоговое окно **Раскрепление стержней**

- Выделите элементы № 1 и 2.
- Создайте конструктивный элемент **КК3** с помощью пункта меню **Редактировать** ⇒ **Создать конструктивные элементы** (кнопка  на панели инструментов).

Этап 17. Назначение раскреплений в узлах изгибаемых элементов

- Выделите элементы № 7, 8 и 9.
- С помощью пункта меню **Редактировать** ⇒ **Раскрепления для прогибов** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Раскрепление стержней** (рис.3.30).
- В этом окне, при установленных флажках раскреплений – **Y1, Z1**, выберите в раскрывающемся списке строку **В каждом узле каждого конечного элемента**.
- Щелкните по кнопке **ОК** (прогиб сечений элемента определяется относительно линии, соединяющей раскрепления на его концах).

Этап 18. Подбор и проверка назначенных сечений

- Для выполнения подбора и проверки назначенных сечений, с помощью меню **Расчет** ⇒

Выполнить Расчет (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Расчет** (рис.3.31).

- В этом окне, при установленных флажках **проверка** и **подбор сечений** и активной радио-кнопке **по РСН (расчетным сочетаниям нагрузок)**, щелкните по кнопке **Расчет**.

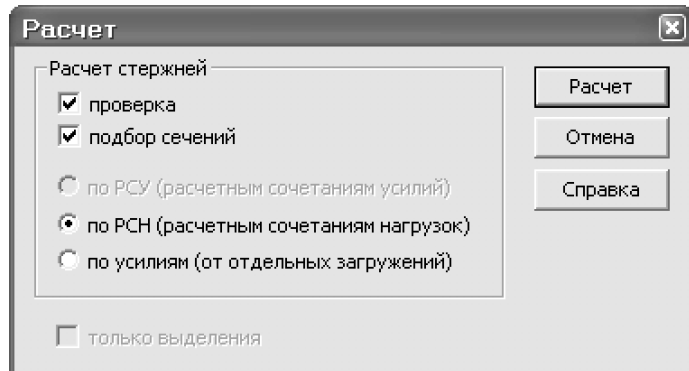


Рис.3.31. Диалоговое окно **Расчет**

Этап 19. Создание таблиц результатов подбора и проверки назначенных сечений

Создание таблицы проверки назначенных сечений

- Вызовите диалоговое окно **Таблицы результатов** (рис.3.32) с помощью меню **Результаты** ⇒ **Стандартные таблицы** (кнопка  на панели инструментов).
- В этом окне в раскрывающемся списке выберите текстовый формат вывода таблиц результатов (также есть возможность задать таблицы результатов в HTML-формате и Excel-формате).
- После этого выделите строку **Проверка всех элементов по РСН**.
- Щелкните по кнопке **Создать**.
- Для того чтобы закрыть таблицу, выполните пункт меню **Файл** ⇒ **Закреть**.

Создание таблицы подбора сечений

- Вызовите диалоговое окно **Таблицы результатов** с помощью меню **Результаты** ⇒ **Стандартные таблицы** (кнопка  на панели инструментов).
- В этом окне выделите строку **Подбор всех элементов по РСН**.
- Щелкните по кнопке **Создать**.

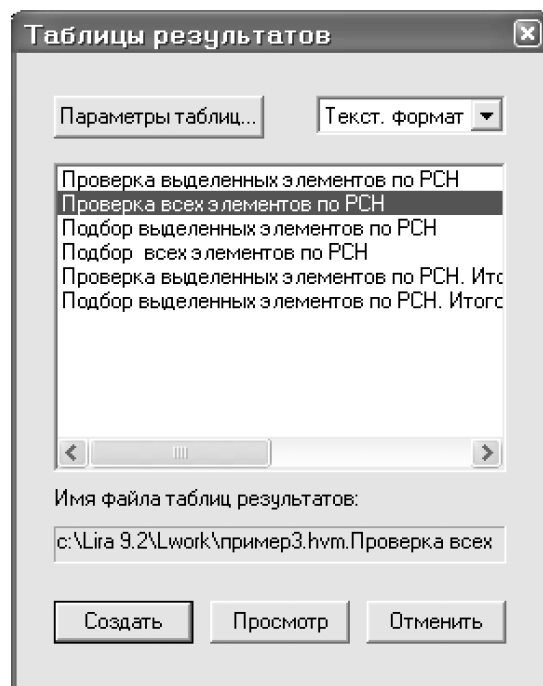


Рис.3.32. Диалоговое окно **Таблицы результатов**

Пример 4. Расчет пространственного каркаса здания с фундаментной плитой на упругом основании

Цели и задачи:

- продемонстрировать процедуру построения расчетной схемы;
- показать технику задания нагрузок и сейсмического воздействия.

Исходные данные:

Схема каркаса показана на рис. 4.1.

Пространственный каркас с плитой фундаментной на упругом основании с коэффициентом постели $C_1 = 1000$ тс/м².

Материал рамы – сталь, материал плит и диафрагм - железобетон В30.

Расчет производится для сетки 18 x 24.

Нагрузки:

- загрузка 1 – собственный вес;
- загрузка 2 – постоянная равномерно распределенная $g_1 = 1.5$ тс/м², приложенная на перекрытия 1-го и 2-го этажа; постоянная равномерно распределенная $g_2 = 2.0$ тс/м², приложенная на основание;
- загрузка 3 – снеговая $g_3 = 0.08$ тс/м².
- загрузка 4 – сейсмическое воздействие. Сейсмичность площадки 7 баллов, категория грунта 1.

Неблагоприятное направление сейсмического воздействия – вдоль меньшей стороны здания.

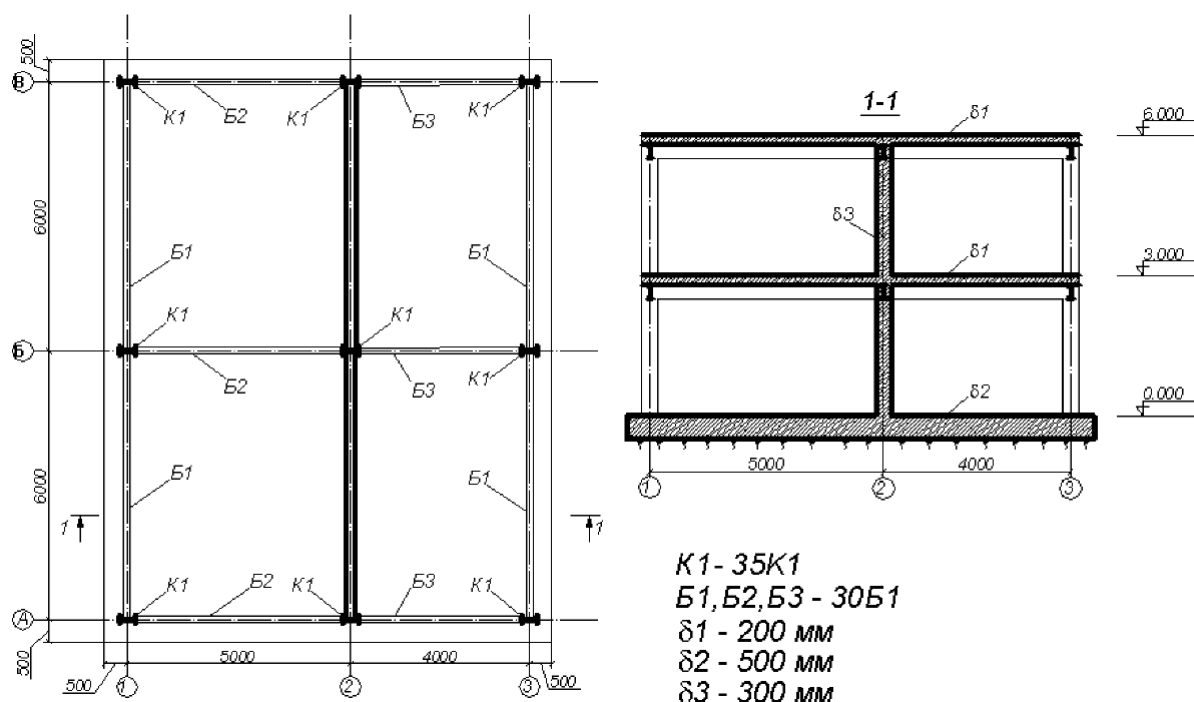


Рис. 4.1. Схема каркаса здания

Сечения элементов рамы:

- балки – двутавр с параллельными гранями полок типа Б (балочный), профиль 35Б1;
- колонны – двутавр с параллельными гранями полок типа К (колонный), профиль 30К1;
- плиты перекрытия – пластина, толщиной 200 мм;
- диафрагма – пластина, толщиной 300 мм;
- основание – пластина, толщиной 500 мм.

Для того чтобы начать работу с ПК **ЛИРА**, выполните команду Windows:
Пуск ⇒ **Программы** ⇒ **ЛИРА 9.2** ⇒ **ЛИРА 9.2**.

Этап 1. Создание новой задачи

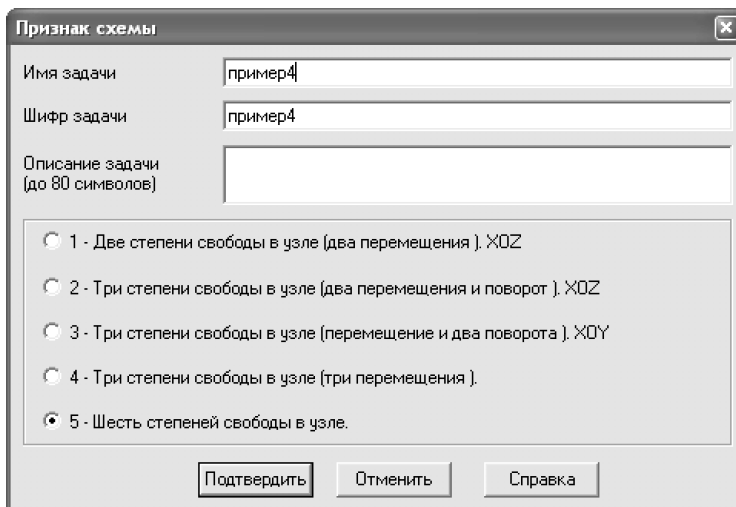


Рис.4.2. Диалоговое окно **Признак схемы**

- Для создания новой задачи выполните пункт меню **Файл** ⇒ **Новый** (кнопка  на панели инструментов).
- В появившемся диалоговом окне **Признак схемы** (рис.4.2) задайте следующие параметры:
 - имя создаваемой задачи – **Пример4** (шифр задачи по умолчанию совпадает с именем задачи);
 - признак схемы – **5 – Шесть степеней свободы в узле**.
- После этого щелкните по кнопке **Подтвердить**.

Этап 2. Создание геометрической схемы рамы

Задание рамы

- Вызовите диалоговое окно **Создание плоских фрагментов и сетей** с помощью меню **Схема** ⇒ **Создание** ⇒ **Регулярные фрагменты и сети** (кнопка  на панели инструментов).
- В этом диалоговом окне задайте:
 - Шаг вдоль первой оси: Шаг вдоль второй оси:

L(м)	N	L(м)	N
5.00	1	3.00	2
4.00	1		
 - Остальные параметры принимаются по умолчанию (рис.4.3).
- После этого щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Затем снимите флажок с поля **Указать курсором** и в поле ввода **Координаты первого узла**, задайте значение координаты **Y = 6**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Измените значение координаты **Y** на **12**.



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

- Щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Выполните пункт меню **Опции** ⇒ **Флаги рисования** (кнопка  на панели инструментов).
- В диалоговом окне **Показать** при активной закладке **Узлы** установите флажок в поле **Номера узлов**.
- Щелкните по кнопке  – **Перерисовать**.

Задание плиты перекрытия 1-го этажа

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

▪ Шаг вдоль первой оси: L(m) N 0.50 18 L(m) N 0.50 24	▪ Шаг вдоль второй оси:
---	---
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.

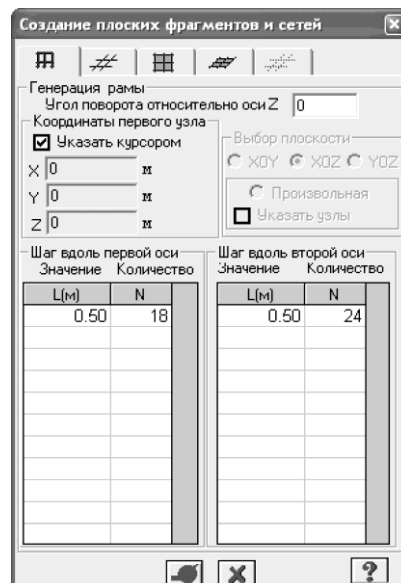


Рис.4.4. Диалоговое окно Создание плоских фрагментов и сетей

Корректировка схемы

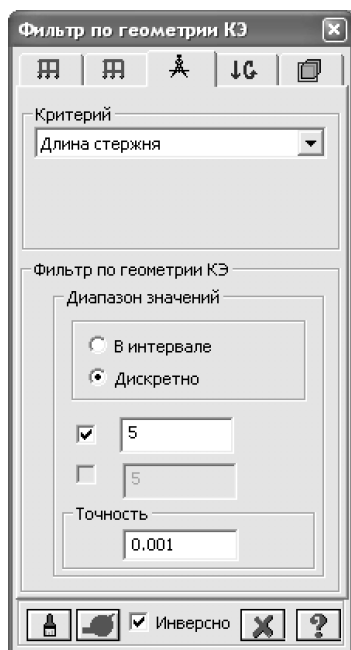
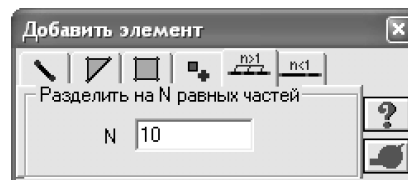


Рис.4.5. Диалоговое окно ПолиФильтр

- Для выделения стержневых элементов первого пролета рамы вызовите диалоговое окно **ПолиФильтр** из меню **Выбор** ⇒ **Полифильтр**.
- В этом окне активизируйте закладку **Фильтр по геометрии КЭ** (рис.4.5) и задайте параметры:
 - в раскрывающемся списке **Критерий** выберите **Длина стержня**;
 - активизируйте радио-кнопку **Дискретно**, в поле ввода задайте значение **5**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Вызовите диалоговое окно **Добавить элемент** с помощью меню **Схема** ⇒ **Корректировка** ⇒ **Добавить элемент** (кнопка  на панели инструментов).
- Активизируйте пятую закладку **Разделить на N равных частей** (рис.4.6) и задайте:
 - **N = 10**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.
- С помощью диалогового окна **ПолиФильтр**, закладки **Фильтр по геометрии КЭ** (рис.4.5), выделите второй пролет рамы.



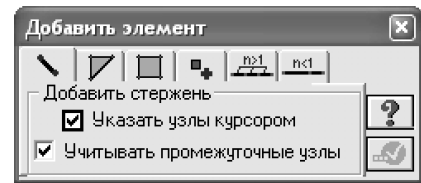
**Рис.4.6. Диалоговое окно
Добавить элемент**

- Для выделенных стержневых элементов второго пролета рамы задайте параметры:
 - в раскрывающемся списке **Критерий** выберите **Длина стержня**;
 - активизируйте радио-кнопку **Дискретно**, в поле ввода задайте значение **4**.

- Щелкните по кнопке  – **Применить**.
- С помощью диалогового окна **Добавить элемент** (рис.4.6) разделите выделенные стержни на 8 частей.
- В поле ввода задайте:
 - $N = 8$.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.



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



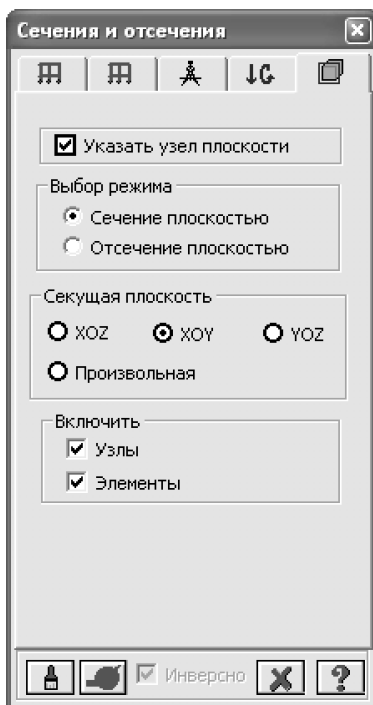
**Рис.4.7. Диалоговое окно
Добавить элемент**

- Активизируйте первую закладку **Добавить стержень** в диалоговом окне **Добавить элемент** (рис.4.7).
- Установите флажки в полях **Указать узлы курсором** и **Учитывать промежуточные узлы**.
- Добавьте стержни между узлами № 6 и 24, № 4 и 22, указав последовательно курсором на эти пары узлов (при этом между ними протягивается резиновая нить).

- Упакуйте схему при помощи пункта меню **Схема** ⇒ **Корректировка** ⇒ **Упаковка схемы** (кнопка  на панели инструментов).
- В диалоговом окне **Упаковка** все параметры остаются заданными по умолчанию
- Щелкните по кнопке **Упаковать**.

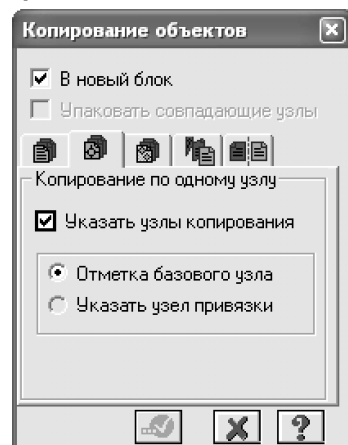


*Диалоговое окно **Упаковка схемы** предназначено для управления параметрами упаковки схемы после выполнения операций **Сборка**, **Копирование** и других операций с геометрией.*



**Рис.4.8. Диалоговое окно
ПолиФильтр**

- Активизируйте закладку **Сечения и отсечения** в диалоговом окне **ПолиФильтр** (рис.4.8).
- Установите флажок в поле **Указать узел плоскости**.
- В качестве текущей плоскости выберите плоскость **XOY**, активизировав для этого соответствующую радио-кнопку.
- Укажите курсором любой узел перекрытия первого этажа.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.



**Рис.4.9. Диалоговое окно
Копирование объектов**

- Вызовите диалоговое окно **Копирование объектов** (рис.4.9) из меню **Схема** ⇒ **Корректировка** ⇒ **Копировать выбранные объекты**.
- Откройте вторую закладку **Копирование по одному узлу**.
- Курсором укажите узел примыкания среднего стержня рамы к колонне (узел № 4).
- После этого укажите курсором тот узел, куда требуется скопировать фрагмент (узел привязки – крайний левый верхний узел рамы).

Задание балки-стенки

- Вызовите диалоговое окно **Создание плоских фрагментов и сетей** с помощью меню **Схема** ⇒ **Создание** ⇒ **Регулярные фрагменты и сети** (кнопка  на панели инструментов).
- Перейдите на закладку **Генерация балки-стенки**.
- В поле **Угол поворота относительно оси Z** введите значение **90** градусов.
- Установите флажок в поле **Указать курсором**. Укажите курсором узел № 2 (узел окрасился в малиновый цвет и в диалоговом окне отобразились его координаты).
- В таблице диалогового окна задайте:

Шаг вдоль первой оси:	Шаг вдоль второй оси:
L(м) N	L(м) N
0.50 24	0.50 12
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Снимите выделение с узлов и элементов с помощью пункта меню **Выбор** ⇒ **Отмена выделения** (кнопка  на панели инструментов).
- Перейдите в проекцию на плоскость XOZ с помощью пункта меню **Вид** ⇒ **Проекция на плоскость XOZ** (кнопка  на панели инструментов).
- После выполнения пункта меню **Выбор** ⇒ **Отметка вертикальных элементов** (кнопка  на панели инструментов) с помощью курсора выделите средний пролет рамы.
- Вызовите диалоговое окно **Добавить элемент** с помощью меню **Схема** ⇒ **Корректировка** ⇒ **Добавить элемент** (кнопка  на панели инструментов).
- Активизируйте закладку **Разделить на N равных частей** (рис.4.6).
- Введите в поле **N** значение **6**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Перейдите в изометрическую проекцию представления расчетной схемы с помощью меню **Вид** ⇒ **Изометрия** (кнопка  на панели инструментов).

Задание фундаментной плиты

- Вызовите диалоговое окно **Создание плоских фрагментов и сетей** с помощью меню **Схема** ⇒ **Создание** ⇒ **Регулярные фрагменты и сети** (кнопка  на панели инструментов).
- Перейдите на закладку **Генерация плиты**.
- Снимите флажок в поле **Указать курсором**.
- Введите в поле **Координаты первого узла**, значение координат **X = -0.5, Y = -0.5**.
- В таблице диалогового окна задайте:

Шаг вдоль первой оси:	Шаг вдоль второй оси:
L(м) N	L(м) N
0.50 20	0.50 26
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Снимите флажок с поля **Номера узлов** в диалоговом окне **Показать**.
- Щелкните по кнопке  – **Перерисовать**.
- Упакуйте схему при помощи пункта **Схема** ⇒ **Корректировка** ⇒ **Упаковка схемы** (кнопка  на панели инструментов).
- В диалоговом окне **Упаковка**, щелкните по кнопке **Упаковать**.

На рис.4.10 представлена полученная расчетная схема.

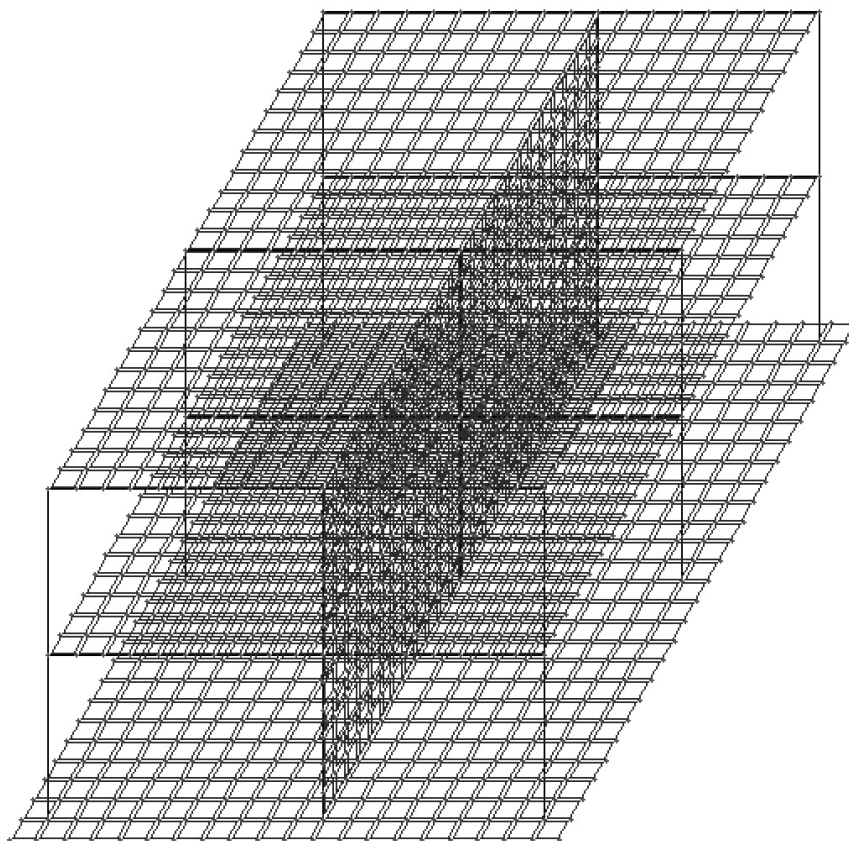


Рис.4.10. Расчетная схема каркаса

Сохранение информации о расчетной схеме:

- Для сохранения информации о расчетной схеме выполните пункт меню **Файл** ⇒ **Сохранить** (кнопка  на панели инструментов).
- В появившемся диалоговом окне **Сохранить как** задайте:
 - имя задачи – **Пример 4**;
 - папку, в которую будет сохранена эта задача (по умолчанию выбирается папка – **LDdata**).
- Щелкните по кнопке **Сохранить**.

Этап 3. Задание жесткостных параметров элементам схемы

Формирование типов жесткости

- С помощью меню **Жесткости** ⇒ **Жесткости элементов** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Жесткости элементов**.
- В этом окне щелкните по кнопке **Добавить** и в библиотеке жесткостных характеристик щелкните по второй закладке **База типовых сечений**. (рис.4.11).
- Выберите двойным щелчком мыши элемент графического списка - тип сечения **Двутавр**
- В диалоговом окне **Стальное сечение** задайте параметры сечения **Двутавр** (рис.4.12):
 - в раскрывающемся списке – **Сортамент** выберите позицию – **Двутавр с параллельными гранями полок типа Б(балочный)**;
 - в списке – **Профиль** – **30Б1**.
- Для ввода данных щелкните по кнопке **ОК**.
- Еще раз двойным щелчком мыши выберите тип сечения **Двутавр**.

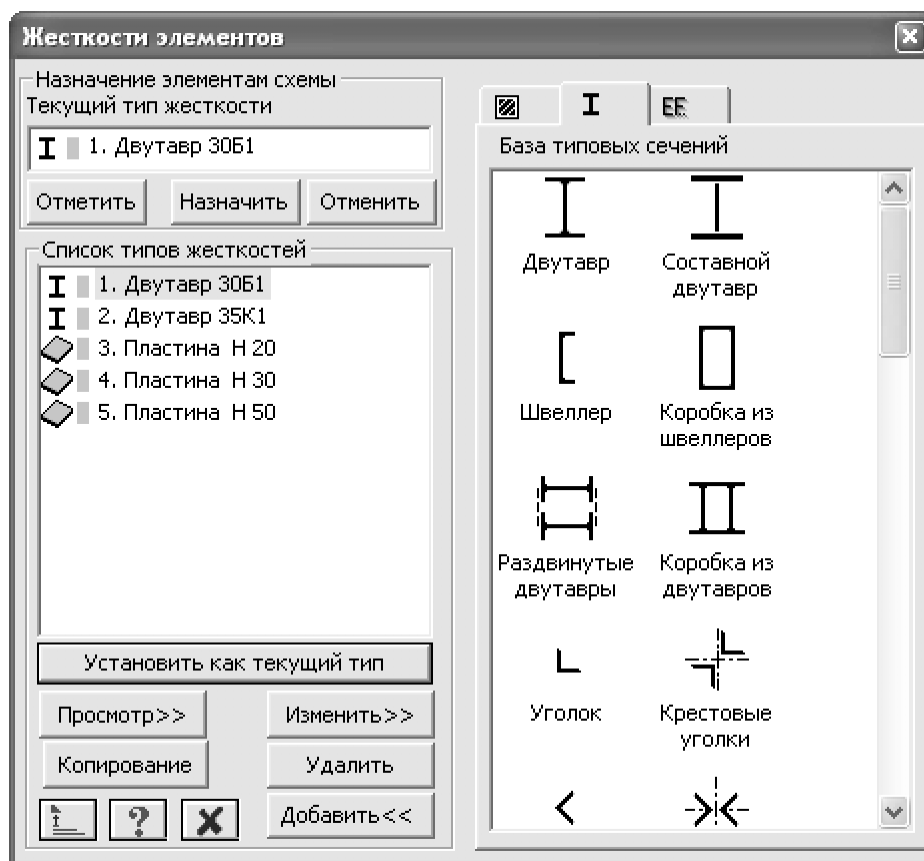


Рис.4.11. Диалоговое окно Жесткости элементов

- В диалоговом окне **Стальное сечение** задайте параметры сечения **Двутавр**:
 - в раскрывающемся списке – **Сортамент** выберите позицию – **Двутавр с параллельными гранями полок типа К(колонный)**;
 - в списке – **Профиль** – **35К1**.
- Для ввода данных щелкните по кнопке **ОК**.

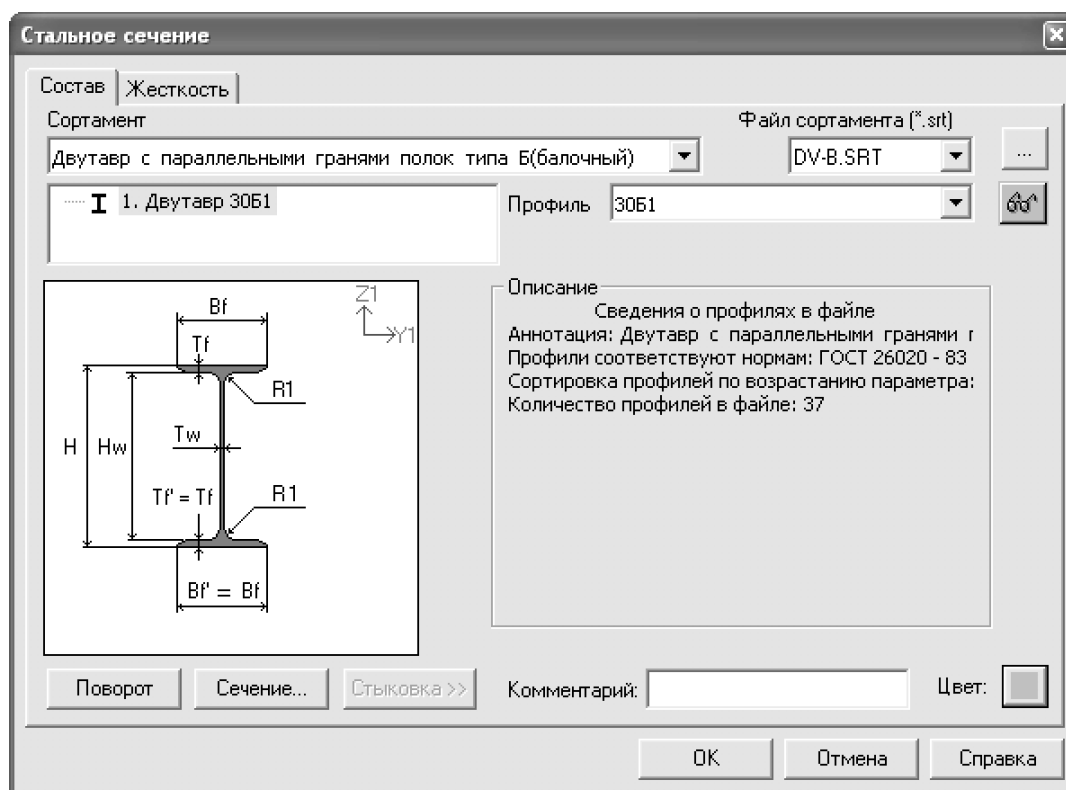
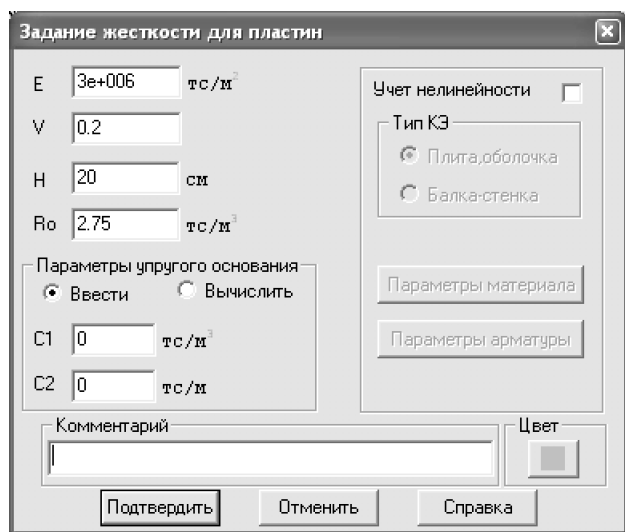


Рис.4.12. Диалоговое окно Стальное сечение

Рис.4.13. Диалоговое окно
Задание жесткостей для пластин

- Далее в диалоговом окне **Жесткости элементов** выберите третью закладку численного описания жесткости.
- Двойным щелчком мыши выберите тип сечения **Пластины**.
- В окне **Задание жесткости для пластин** (рис.4.13) задайте параметры сечения **Пластины** (для плиты перекрытия):
 - модуль упругости – $E = 3e6 \text{ т/м}^2$;
 - коэф. Пуассона – $V = 0.2$;
 - толщина плиты – $H = 20 \text{ см}$;
- Для ввода данных щелкните по кнопке **Подтвердить**.
- В списке типов жесткостей выделите курсором строку **Пластины**, и дважды щелкните по кнопке **Копирование**.
- В списке выделите четвертую строку **Пластины** и щелкните по кнопке **Изменить>>**

- В диалоговом окне **Задание жесткости для пластин** измените параметр толщины плиты:
 - $H = 30 \text{ см}$ (для диафрагмы жесткости).
- Щелкните по кнопке **Подтвердить**.
- В списке выделите следующую строку **Пластины** и щелкните по кнопке **Изменить>>**.
- В диалоговом окне **Задание жесткости для пластин** измените параметры плиты на:
 - $H = 50 \text{ см}$;

- введите в поле **Параметры упругого основания** значение коэффициента жесткости упругого основания на сжатие $C1 = 1000 \text{ тс/м}^3$ (для фундаментной плиты);
- Щелкните по кнопке **Подтвердить**.

Назначение жесткостей элементам схемы

- В диалоговом окне **Жесткости элементов** в списке типов жесткостей выделите курсором тип жесткости **1.Двуглав 30Б1**.
- Щелкните по кнопке **Установить как текущий тип** (при этом выбранный тип записывается в окне редактирования **Текущий тип жесткости**. Можно назначить текущий тип жесткости двойным щелчком на строке списка).
- Выполните пункт меню **Выбор ⇒ Отметка горизонтальных элементов** (кнопка  на панели инструментов).
- 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 элементов** щелкните по кнопке **Назначить** (с элементов снимается выделение. Это свидетельство того, что выделенным элементам присвоена текущая жесткость).
- Выполните пункт меню **Выбор ⇒ Отметка горизонтальных элементов** (кнопка  на панели инструментов), чтобы снять активность с операции выделения горизонтальных стержневых элементов.
- В списке типов жесткостей выделите курсором тип жесткости **2.Двуглав 35К1**.
- Щелкните по кнопке **Установить как текущий тип**.
- Выполните пункт меню **Выбор ⇒ Отметка вертикальных элементов** (кнопка  на панели инструментов).
- С помощью курсора выделите все вертикальные элементы схемы (выделенные элементы окрашиваются в красный цвет).
- В диалоговом окне **Жесткости элементов** щелкните по кнопке **Назначить**.
- В списке типов жесткостей выделите курсором тип жесткости **3.Пластина Н20**.
- Щелкните по кнопке **Установить как текущий тип**.
- Выполните пункт меню **Выбор ⇒ Отметка блока** (кнопка  на панели инструментов).
- Укажите курсором на любой узел или элемент плиты перекрытия первого этажа, а затем второго этажа.
- В диалоговом окне **Жесткости элементов** щелкните по кнопке **Назначить**.
- Назначьте текущим тип жесткости **4. Пластина Н30**.
- Для выделения диафрагмы из меню **Выбор ⇒ ПолиФильтр** вызовите диалоговое окно **Полифильтр**.
- Активизируйте закладку **Фильтр для элементов** (рис.4.14).
- Установите флажок в поле **По виду КЭ**.
- В раскрывающемся списке выберите **Четырехузловые КЭ (пластины)**.
- Установите флажок в поле **По ориентации КЭ** и активизируйте радио-кнопку **YOZ**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.

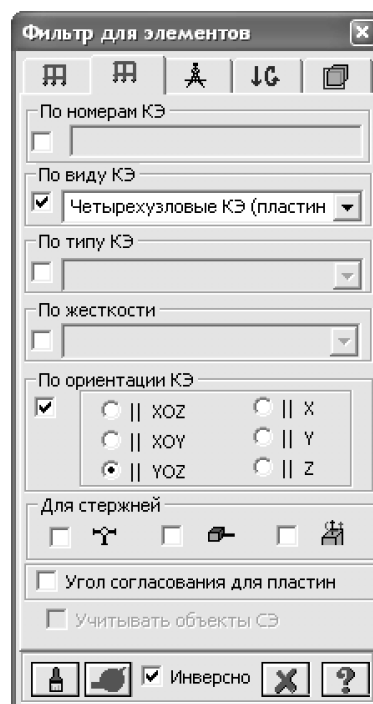


Рис.4.14. Диалоговое окно Полифильтр

- В диалоговом окне **Жесткости элементов** щелкните по кнопке **Назначить**.
- Назначьте текущим тип жесткости **5. Пластина Н50**.
- При активном пункте меню **Выбор** ⇒ **Отметка блока** щелкните курсором на любом узле или элементе фундаментной плиты.
- В диалоговом окне **Жесткости элементов** щелкните по кнопке **Назначить**.
- Снимите выделение с узлов при помощи пункта меню **Выбор** ⇒ **Отмена выделения** (кнопка  на панели инструментов).

Этап 4. Задание граничных условий



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

Отметка узлов

- Активируйте в диалоговом окне **ПолиФильтр** последнюю закладку **Сечения и отсечения**.
- В качестве секущей плоскости с помощью соответствующей радио-кнопки выберите **YOZ**.
- Щелкните курсором в узел стыковки диафрагмы с фундаментной плитой (узел окрашивается в черный цвет).
- Щелкните по кнопке  – **Применить** (узлы и элементы окрашиваются в красный цвет).
- Выполните фрагментацию для отображения на экране только отмеченных узлов и элементов схемы с помощью пункта меню **Вид** ⇒ **Фрагментация**.
- Перейдите в проекцию на плоскость YOZ с помощью пункта меню **Вид** ⇒ **Проекция на плоскость YOZ** (кнопка  на панели инструментов).
- После выполнения пункта меню **Выбор** ⇒ **Отметка узлов** (кнопка  на панели инструментов), выделите узлы стыковки диафрагмы с фундаментной плитой.

Задание граничных условий

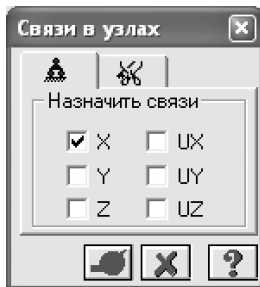


Рис.4.15. Диалоговое окно **Связи в узлах**

- С помощью пункта меню **Схема** ⇒ **Связи** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Связи в узлах** (рис.4.15).
- В этом окне, с помощью установки флажков, отметьте направления, по которым запрещены перемещения узлов (**X**).
- После этого щелкните по кнопке  – **Применить** (узлы окрашиваются в синий цвет).
- Выделите узел стыковки средней колонны с фундаментной плитой
- В диалоговом окне **Связи в узлах** отметьте направления, по которым запрещено перемещение узла (**Y, UZ**).
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Выполните пункт меню **Выбор** ⇒ **Отметка узлов** (кнопка  на панели инструментов), чтобы снять активность с операции отметки узлов.

Этап 5. Задание нагрузок

Формирование загрузки № 1

- С помощью меню **Нагрузки** ⇒ **Добавить собственный вес** вызовите диалоговое окно **Добавить собственный вес** (рис. 4.16).
- В этом окне, при активной радио-кнопке **все элементы**, щелкните по кнопке  - **Применить** (элементы автоматически загружаются нагрузкой собственного веса)

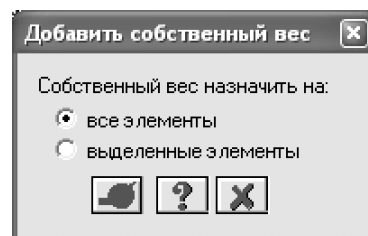


Рис.4.16. Диалоговое окно **Добавить собственный вес**

Формирование загрузки № 2

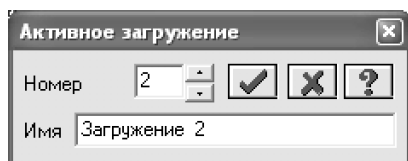


Рис.4.17. Диалоговое окно **Активное нагружение**.

- Смените номер текущего нагружения, вызвав диалоговое окно **Активное нагружение** (рис 4.17) с помощью меню **Нагрузки** ⇒ **Выбор нагружения** (кнопка  на панели инструментов).
- В этом диалоговом окне задайте номер нагружения **2**.

- Щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Выделите плиты перекрытия 1-го и 2-го этажа с помощью операции отметки блока (описание см. выше).
- Вызовите диалоговое окно **Задание нагрузок** (рис.4.18) с помощью меню **Нагрузки** ⇒ **Нагрузка на узлы и элементы** (кнопка  на панели инструментов).
- В этом окне активизируйте закладку **Нагрузки на пластины**.
- Затем радио-кнопками укажите систему координат **Глобальная**, направление – вдоль оси **Z**.
- Щелчком по кнопке равномерно распределенной нагрузки вызовите диалоговое окно **Параметры местной нагрузки**.
- В этом окне задайте интенсивность нагрузки $P = 1.5 \text{ тс/м}^2$ (рис.4.19).
- Щелкните по кнопке **Подтвердить**.



Рис.4.18. Диалоговое окно **Задание нагрузок**

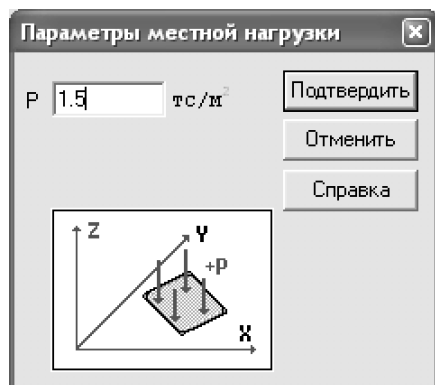


Рис.4.19. Диалоговое окно **Параметры местной нагрузки**

- После этого в диалоговом окне **Задание нагрузок** щелкните по кнопке  – **Применить**.
- На экране появляется окно **Предупреждение** (рис. 4.20) в котором нажмите кнопку **ОК**.

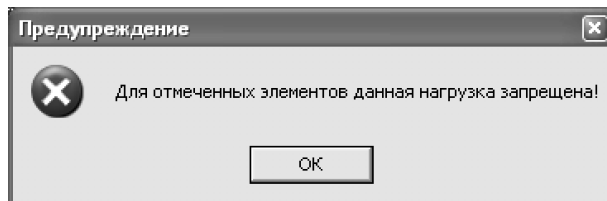


Рис.4.20. Диалоговое окно **Предупреждение**



Предупреждение связано с тем, что при выделении плит перекрытия выделяются одновременно стержни и пластины. Задаваемая нагрузка на пластины запрещена для выделенных стержневых элементов.

- Выделите все элементы фундаментной плиты с помощью операции отметки блока.
- В диалоговом окне **Задание нагрузок** щелчком по кнопке равномерно распределенной нагрузки вызовите диалоговое окно **Параметры местной нагрузки**.
- В этом окне задайте интенсивность $P = 2 \text{ тс/м}^2$.
- Щелкните по кнопке **Подтвердить**.
- После этого в диалоговом окне **Задание нагрузок** щелкните по кнопке **Применить**.

Формирование загрузки № 3

- Смените номер текущего загрузки, вызвав диалоговое окно **Активное загрузке** с помощью меню **Нагрузки** ⇒ **Выбор загрузки** (кнопка  на панели инструментов).
- В этом диалоговом окне переключите номер загрузки на 3.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Выделите плиту перекрытия 2-го этажа с помощью операции отметки блока.
- Щелчком по кнопке равномерно распределенной нагрузки вызовите диалоговое окно **Параметры местной нагрузки**.
- В этом окне задайте интенсивность нагрузки $P = 0.08 \text{ тс/м}^2$ (рис.4.19).
- Щелкните по кнопке **Подтвердить**.
- После этого в диалоговом окне **Задание нагрузок** щелкните по кнопке **Применить**.

Задание характеристик для расчета рамы на сейсмику

Этап 6. Формирование таблицы учета статических загрузений

- Вызовите диалоговое окно **Формирование динамических загрузений из статических** из меню **Нагрузки** ⇒ **Динамика** ⇒ **Учет статических загрузений** (рис.4.21).
- Для формирования первой строки сводной таблицы в диалоговом окне задайте следующие параметры:
 - № динамического загрузения – 4;
 - № соответствующего статического загрузения – 1;
 - Коэф. преобразования – 0.9.
- Щелкните по кнопке **Подтвердить**.
- Для формирования второй строки таблицы в диалоговом окне задайте следующие параметры:
 - № динамического загрузения – 4;
 - № соответствующего статического загрузения – 2;
 - Коэф. преобразования – 0.9.
- Щелкните по кнопке **Подтвердить**.
- Для формирования третьей строки таблицы в диалоговом окне задайте следующие параметры:
 - № динамического загрузения – 4;
 - № соответствующего статического загрузения – 3;
 - Коэф. преобразования – 0.5.
- Щелкните по кнопкам **Подтвердить** и **Заккрыть**.

Этап 7. Формирование таблицы динамических нагрузений



Наиболее опасным направлением сейсмического воздействия считается направление вдоль меньшей стороны здания. Поскольку размеры здания в плане 9 x 12 м, наиболее опасным считается направление X.

Формирование динамических нагрузений из статических

№ динамического нагружения: 4

№ соответствующего статического нагружения: 3

Козф. преобразования: 0.5

Подтвердить

Удалить

Сводная таблица:

№ дин.з.	№ ст.з.	Козф.
4	1	0.9
4	2	0.9
4	3	0.5

Закреть

Отменить

Справка

Рис.4.21. Диалоговое окно **Формирование динамических нагрузений из статических**

- Для задания основных характеристик четвертого нагружения вызовите диалоговое окно **Задание характеристик для расчета на динамические воздействия** (рис.4.22) из меню **Нагрузки** ⇒ **Динамика** ⇒ **Таблица динамических нагрузений** (кнопка на панели инструментов).
- В диалоговом окне задайте следующие параметры:
 - № нагружения – 4;
 - наименование воздействия – **Сейсмическое 01.01.2000 (35)**;
 - количество учитываемых форм колебаний – 10.
- Затем щелкните по кнопке **Параметры**.

Задание характеристик для расчета на динамические воздействия

№ нагружения: 4

№ строки характеристик: 1

Наименование воздействия: Сейсмическое 01.01.2000 (35)

Количество учитываемых форм колебаний: 10

№ соответствующего статического нагружения:

Подтвердить

Удалить

Справка

Параметры

Сводная таблица для расчета на динамические воздействия

1	<	35	10	0	1	3	>	1.00	3	0.00	1	7	0.120	1.00	1.0000	0.0000	0.0000	>
2																		

Рис.4.22. Диалоговое окно **Задание характеристик для расчета на динамические воздействия**

- В диалоговом окне **Параметры расчета на сейсмические воздействия** (рис.4.23) задайте следующие необходимые параметры:

- направляющие косинусы равнодействующей сейсм. воздейств. в ОСК (основной системе координат)– $CX = 1$.
- остальные параметры примите заданными по умолчанию.
- Подтвердите ввод данных, щелчком по кнопке **Подтвердить**.
- Щелкните по кнопке **Заккрыть** в диалоговом окне **Задание характеристик для расчета на динамические воздействия**.

Параметры расчета на сейсмические воздействия

Поправочный коэф. для сейсмических сил: 1.00

Признак ориентации высоты сооружения: ☐ вдоль X ☐ вдоль Y ☒ вдоль Z

Расстояние между поверхностью земли и минимальной аппликацией расчетной схемы: 0.00 м

Тип сооружения: 1 - жилые, общественные и производственные

Категория грунта (в соотв. со СНиП II-7-81): G = 1

Сейсмичность площадки в баллах: S = 7

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

Таблица 3: K1 = 0.12

Таблица 6: Kpsi = 1.00

Направляющие косинусы равнодействующей сейсм. воздейств. в ОСК

CX: 1.0000 CY: 0.0000 CZ: 0.0000 $CX^2 + CY^2 + CZ^2 = 1$

Подтвердить Отменить Справка

Рис.4.23. Диалоговое окно **Параметры расчета на сейсмические воздействия**

Этап 8. Статический расчет схемы

- Запустите задачу на расчет с помощью меню **Режим** ⇒ **Выполнить расчет** (кнопка  на панели инструментов).

Этап 9. Просмотр и анализ результатов расчета

- После расчета задачи, переход в режим результатов расчета осуществляется с помощью меню **Режим** ⇒ **Результаты расчета** (кнопка  на панели инструментов).
- В режиме просмотра результатов расчета по умолчанию расчетная схема отображается с учетом перемещений узлов (рис. 4.24).

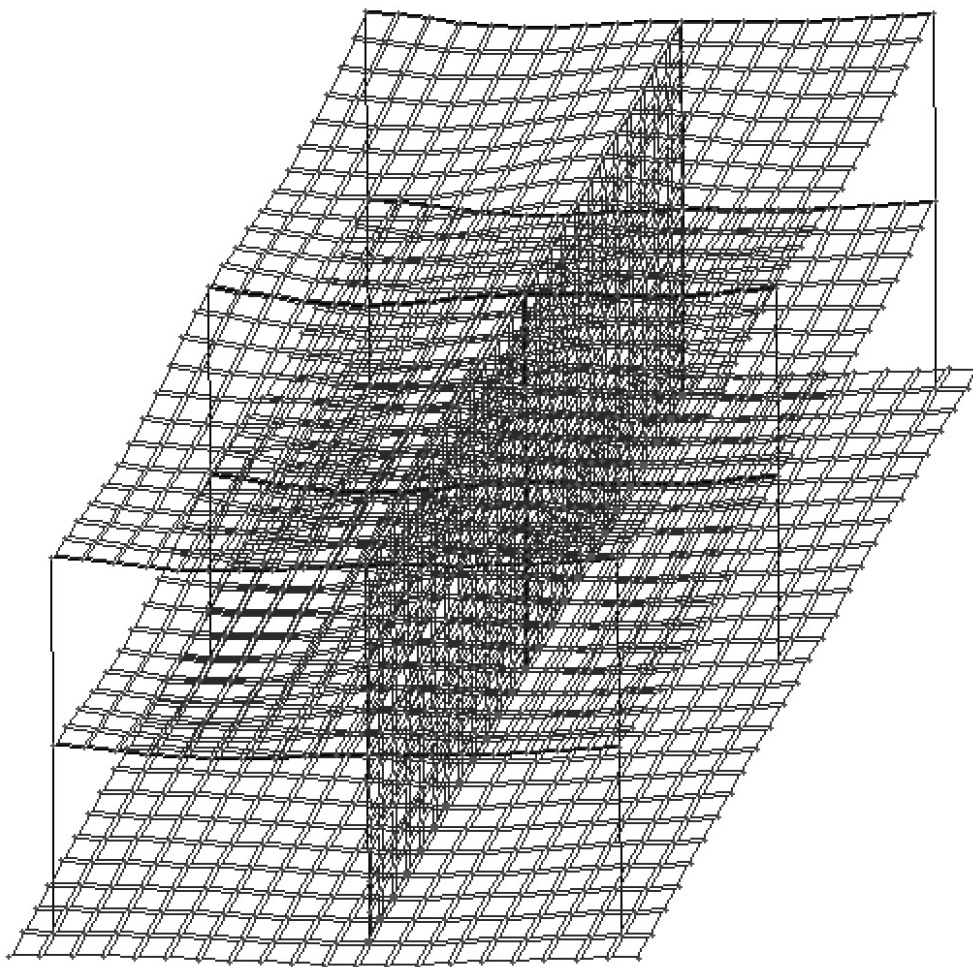


Рис.4.24. Расчетная схема с учетом перемещений узлов

Вывод на экран эпюр внутренних усилий

- Выделите стержневые элементы с помощью диалогового окна **ПолиФильтр** (см. описание выше).
- Активизируйте закладку **Фильтр для элементов** (рис.4.14).
- Установите флажок в поле **По виду КЭ**.
- В раскрывающемся списке выберите **Двухузловые КЭ (стержни)**.
- Щелкните по кнопке  - **Применить**.
- Выполните фрагментацию как было описано выше.
- Выведите на экран эпюру M_y (рис. 4.25) с помощью меню **Усилия** ⇒ **Эпюры** ⇒ **Эпюры изгибающих моментов (M_y)** (кнопки , а затем  на панели инструментов).

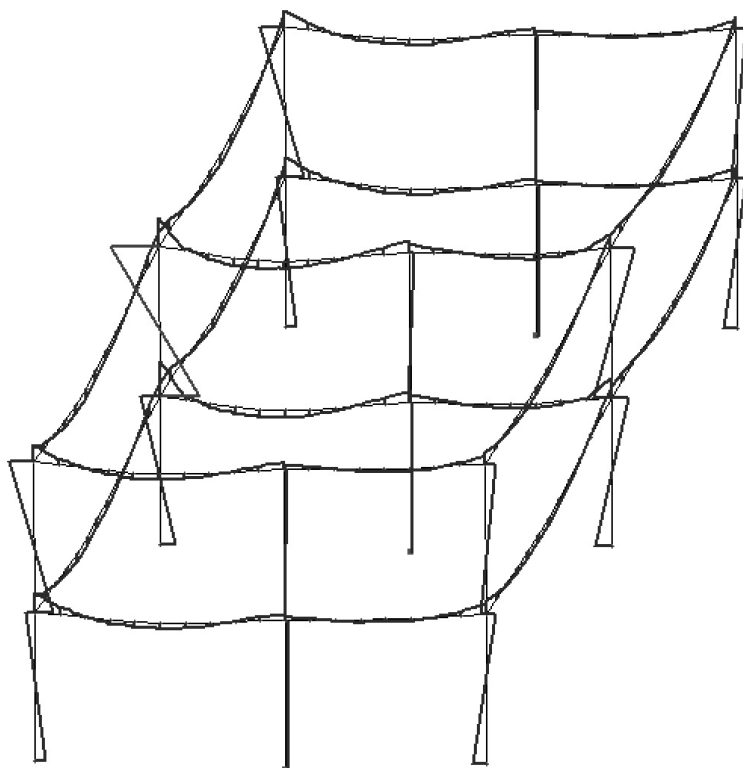


Рис.4.25. Эпюры изгибающих моментов M_y

- Для вывода эпюры Q_z (рис. 4.26), выполните пункт меню **Усилия** ⇒ **Эпюры** ⇒ **Эпюры поперечных сил** (Q_z) (кнопка  на панели инструментов).
- Для вывода эпюры N (рис. 4.27), выполните пункт меню **Усилия** ⇒ **Эпюры** ⇒ **Эпюры продольных сил** (N) (кнопка  на панели инструментов).

Смена номера текущего нагружения

- На панели инструментов **Загружения**



смените номер нагружения на **2** и щелкните по кнопке



– Подтвердить выбор.

Вывод на экран изополей перемещений по направлению Z

- Выделите плиту перекрытия 2-го этажа с помощью операции отметки блока.
- Выполните фрагментацию как было описано выше.
- Выведите изополя перемещений с помощью пункта меню **Деформации** ⇒ **В глобальной системе** ⇒ **Изополя перемещений** ⇒ **Изополя перемещений по Z** (кнопка , затем кнопка  на панели инструментов).

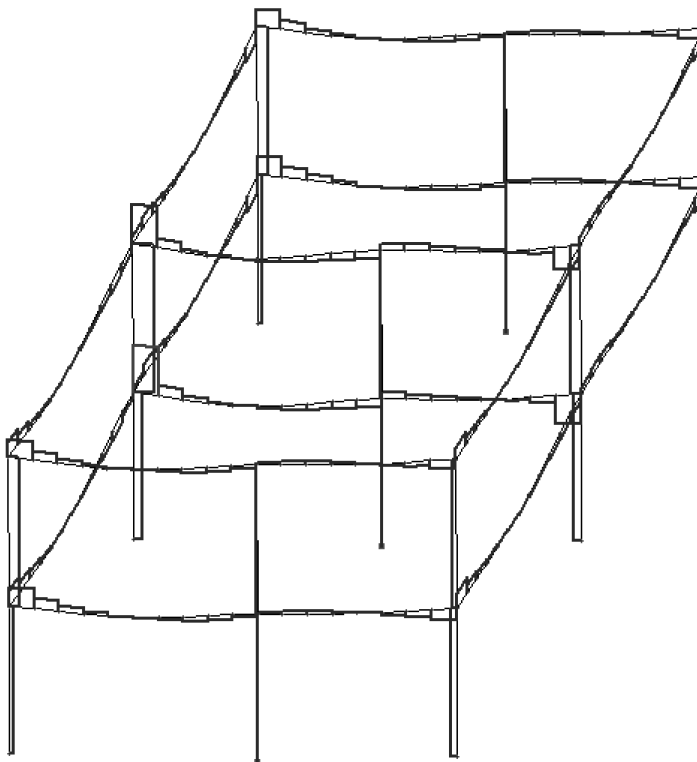


Рис.4.26. Эпюры поперечных сил Q_z

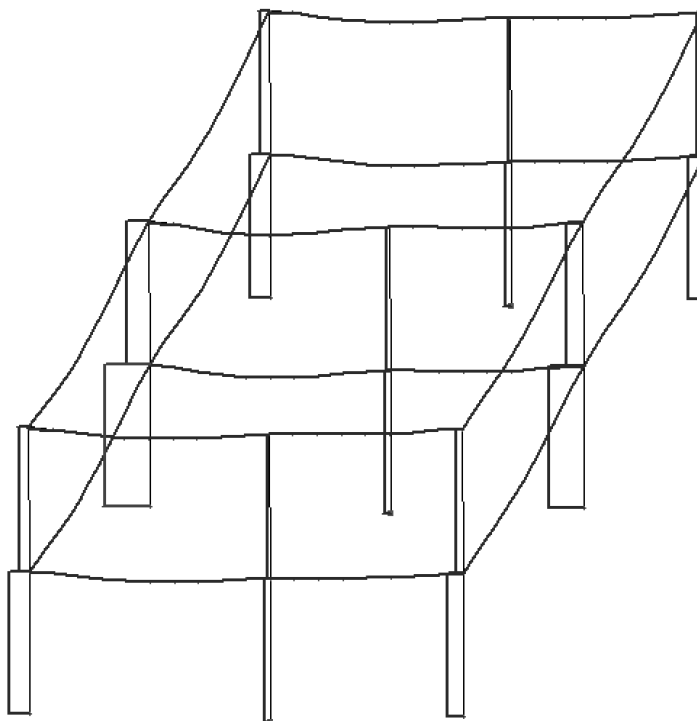


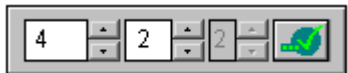
Рис.4.27. Эпюры продольных сил N

Вывод на экран мозаик напряжений

- Выведите мозаику напряжений M_x , с помощью пункта меню **Усилия** ⇒ **Изополя** ⇒ **Изополя напряжений** ⇒ M_x (кнопка , затем кнопка  на панели инструментов).

Вывод форм колебаний конструкции

- На панели инструментов **Загрузки**  смените номер загрузки на **4** и щелкните по кнопке  – **Подтвердить выбор**.
- С помощью меню **Схема** ⇒ **Форма колебаний** выведите первую форму колебаний (кнопка  на панели инструментов).

- Для вывода второй формы колебаний на панели **Загрузки**  задайте номер формы колебаний **2** и щелкните по кнопке  – **Применить**.

Просмотр анимации второй формы колебаний

- С помощью пункта меню **Вид** ⇒ **Пространственная модель (3D-графика)** перейдите в режим пространственной модели.
- Для просмотра анимации второй формы колебаний четвертого нагружения выполните пункт меню **Опции** ⇒ **Флаги рисования** ⇒ **Показать анимацию колебаний** (кнопка  на панели инструментов).
- Для возврата в режим визуализации результатов расчета, закройте окно пространственной модели либо выполните команду **Вид** ⇒ **Конечноэлементная модель**.

Формирование и просмотр таблиц результатов расчета

- Для вывода на экран таблицы со значениями усилий в элементах схемы выполните пункт меню **Окно** ⇒ **Стандартные таблицы**.
- После этого в диалоговом окне **Стандартные таблицы** (рис. 4.28) выделите строку **Усилия**.
- Щелкните по кнопке **Создать** (для создания таблиц в формате HTML нужно установить флажок **HTML-формат**).
- В диалоговом окне **Выбор загрузений** по умолчанию установлен флажок в поле **Все загрузения**.
- Щелкните по кнопке **Подтвердить**.

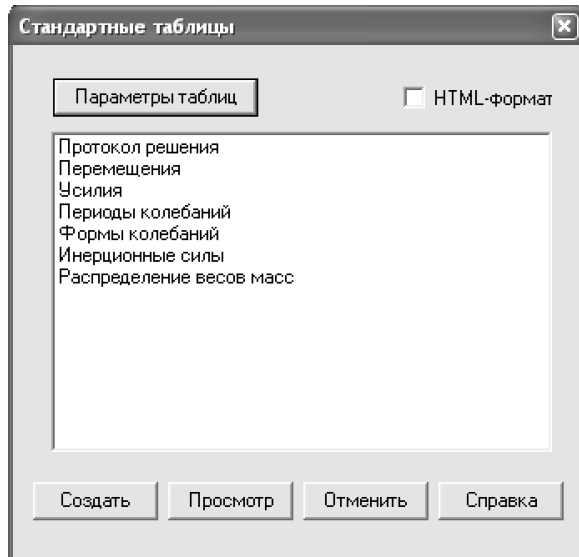


Рис.4.28. Диалоговое окно **Стандартные таблицы**

- колебаний. В диалоговом окне **Стандартные таблицы** выделите строку **Формы колебаний** и щелкните по кнопке **Создать**. В окне **Выбор загрузений** оставьте активным пункт **Все загрузения**.
- Щелкните по кнопке **Подтвердить**.

- Для того чтобы закрыть таблицу, выполните пункт меню **Файл** ⇒ **Заккрыть**.
- Для создания таблицы периодов колебаний, вызовите диалоговое окно **Стандартные таблицы** (рис. 4.28), выделите строку **Периоды колебаний** и щелкните по кнопке **Создать**.
- Созданную таблицу можно сохранить в формате *.txt выполнив команду из меню **Файл** ⇒ **Сохранить как**.
- В появившемся диалоговом окне **Сохранить как** задайте:
 - имя таблицы – **Пример4**;
 - папку, в которую будет сохранена эта таблица (по умолчанию выбирается папка – **LDdata**).
- Щелкните по кнопке **Сохранить**.
- Аналогично создайте таблицу форм

Пример 5. Расчет металлической башни

Цели и задачи:

- продемонстрировать процедуру построения расчетной схемы металлической башни;
- показать технику задания ветрового пульсационного воздействия.

Исходные данные:

Схема башни показана на рис. 5.1.

Металлическая башня высотой 16 м

Сечения элементов башни:

- стойки – труба бесшовная горячекатанная, профиль 45х3.5;
- раскосы – труба бесшовная горячекатанная, профиль 25х3.5;

Нагрузки:

- загрузка 1 – собственный вес; постоянная равномерно распределенная $g_1 = 0.25 \text{ тс/м}^2$, приложенная на верхние стержни;
- загрузка 2 – гололед;
- загрузка 3 – ветровая статическая нагрузка;
- загрузка 4 – ветровая нагрузка с учетом пульсации.

Для того чтобы начать работу с ПК **ЛИРА**, выполните команду Windows:

Пуск ⇒ **Программы** ⇒ **ЛИРА 9.2** ⇒ **ЛИРА 9.2**.

Этап 1. Создание новой задачи

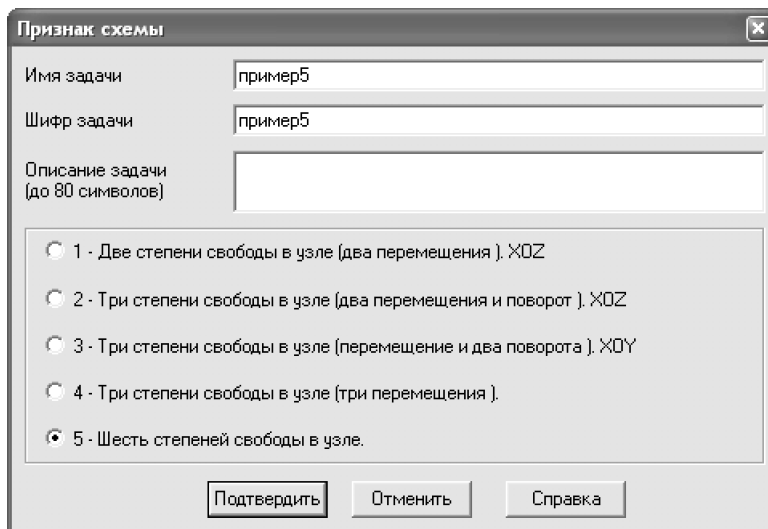


Рис.5.2. Диалоговое окно Признак схемы

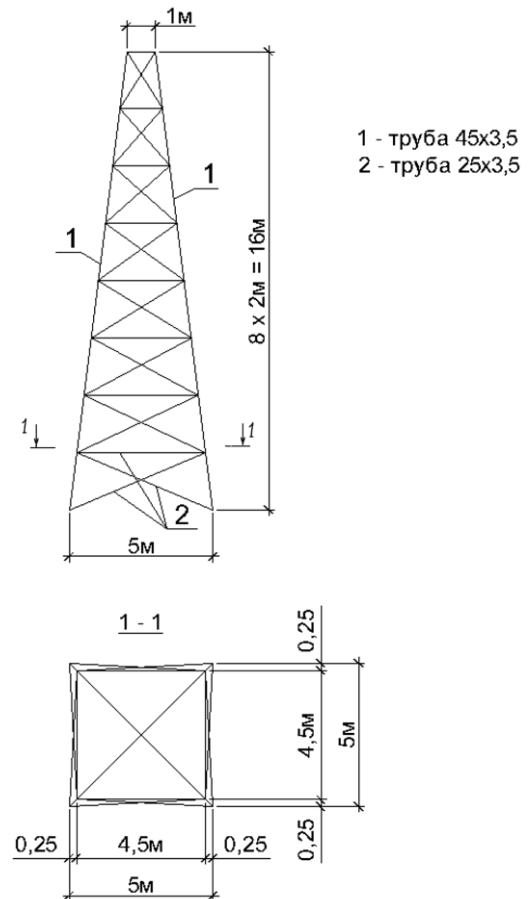


Рис. 5.1. Схема башни

- Для создания новой задачи выполните пункт меню

Файл ⇒ **Новый** (кнопка  на панели инструментов).

- В появившемся диалоговом окне **Признак схемы** (рис 5.2) задайте следующие параметры:

- имя создаваемой задачи – **Пример5** (шифр задачи по умолчанию совпадает с именем задачи);
- признак схемы – **5 – Шесть степеней свободы в узле**.

- После этого щелкните по кнопке **Подтвердить**.

Этап 2.Создание геометрической схемыЗадание узлов

- Вызовите диалоговое окно **Добавить узел** с помощью меню **Схема** ⇒ **Корректировка** ⇒

Добавить узел (кнопка  на панели инструментов) (рис.5.3).

- В этом диалоговом окне задайте координаты базового узла:

▪ X	Y	Z
0	0	0

- Щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Затем введите координаты нижнего левого узла башни:

▪ X	Y	Z
-2.5	-2.5	0

- Щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Затем введите координаты верхнего левого узла башни:

▪ X	Y	Z
-0.5	-0.5	16

- Щелкните по кнопке  – **Применить**.

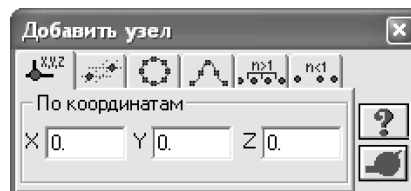


Рис.5.3. Диалоговое окно **Добавить узел**

Вывод на экран номеров узлов

- Выполните пункт меню **Опции** ⇒ **Флаги рисования** (кнопка  на панели инструментов).
- В диалоговом окне **Показать** активизируйте закладку **Узлы** и установите флажок **Номера узлов**.
- Щелкните по кнопке  – **Перерисовать**.

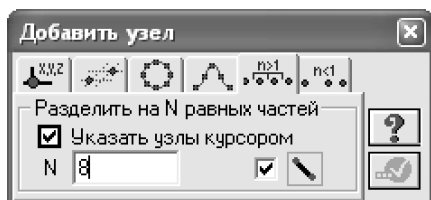
Добавление стержневых элементов

Рис.5.4. Диалоговое окно **Добавить узел**

- В диалоговом окне **Добавить узел** перейдите на закладку **Разделить на N равных частей** (рис. 5.4).
- В поле ввода введите значение **N = 8**.
- Укажите последовательно курсором узлы № 2 и № 3 (при этом между ними протягивается резиновая нить).

Копирование элементов схемы

- Выполните пункт меню **Выбор** ⇒ **Отметка узлов** (кнопка  на панели инструментов).
- Выполните пункт меню **Выбор** ⇒ **Отметка элементов** (кнопка  на панели инструментов).
- С помощью курсора выделите все узлы и элементы схемы, кроме базового узла (№1).
- Вызовите диалоговое окно **Копирование объектов** (рис.5.5) из меню **Схема** ⇒ **Корректировка** ⇒ **Копировать выбранные объекты** (кнопка  на панели инструментов).
- Активизируйте закладку **Копирование симметрично**.
- При установленном флажке **Указать базовый узел** с помощью радио-кнопки укажите плоскость, относительно которой будет произведено копирование - **YOZ**.
- Укажите курсором на схеме базовый узел № 1 (узел окрасится в малиновый цвет).

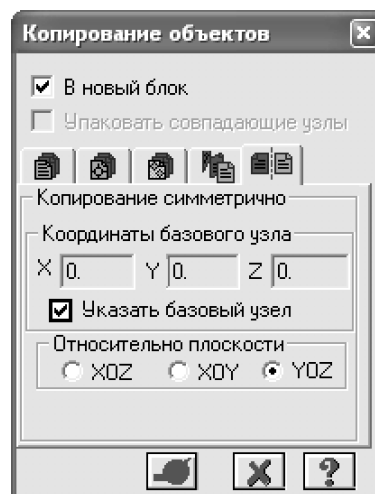


Рис.5.5. Диалоговое окно **Копирование объектов**

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

Добавление стержневых элементов

- Вызовите диалоговое окно **Добавить элемент** (рис.5.6) с помощью меню **Схема** ⇒ **Корректировка** ⇒ **Добавить элемент** (кнопка  на панели инструментов).
- Укажите последовательно курсором на следующие пары узлов № 2 и № 13; № 4 и № 11; № 4 и № 13; № 4 и № 14; № 5 и № 13; № 5 и № 14; и аналогично до вершины башни (при этом между ними протягивается резиновая нить).

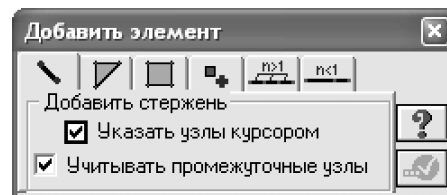


Рис.5.6. Диалоговое окно **Добавить элемент**

На рис.5.7 представлена полученная схема.

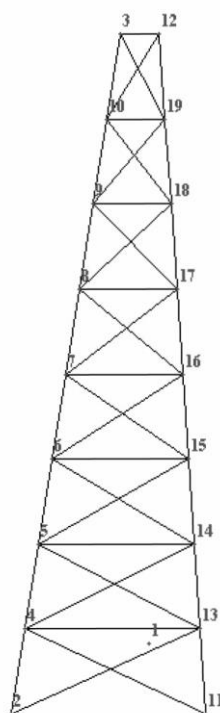


Рис.5.7. Схема части башни

Этап 3. Задание граничных условий

Отметка узлов опирания

- Выполните пункт меню **Выбор** ⇒ **Отметка узлов** (кнопка  на панели инструментов).
- С помощью курсора выделите узлы № 2 и 11 (узлы окрашиваются в красный цвет).

Задание граничных условий в узлах опирания

- С помощью пункта меню **Схема** ⇒ **Связи** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Связи в узлах** (рис.5.8).
- В этом окне, с помощью установки флажков, отметьте направления, по которым запрещены перемещения узлов (X, Y, Z).
- После этого щелкните по кнопке  – **Применить** (узлы окрашиваются в синий цвет).

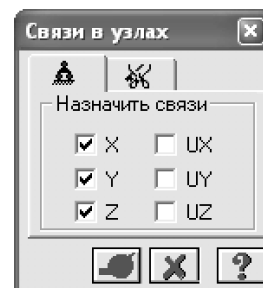


Рис.5.8. Диалоговое окно **Связи в узлах**

- Выполните пункт меню **Выбор** ⇒ **Отметка узлов** (кнопка  на панели инструментов), чтобы снять активность с операции отметки узлов.

Этап 4. Задание жесткостных параметров

Формирование типов жесткости

- С помощью меню **Жесткости** ⇒ **Жесткости элементов** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Жесткости элементов** (рис.5.9).
- В этом окне щелкните по кнопке **Добавить** и в библиотеке жесткостных характеристик щелкните по второй закладке **База типовых сечений**.

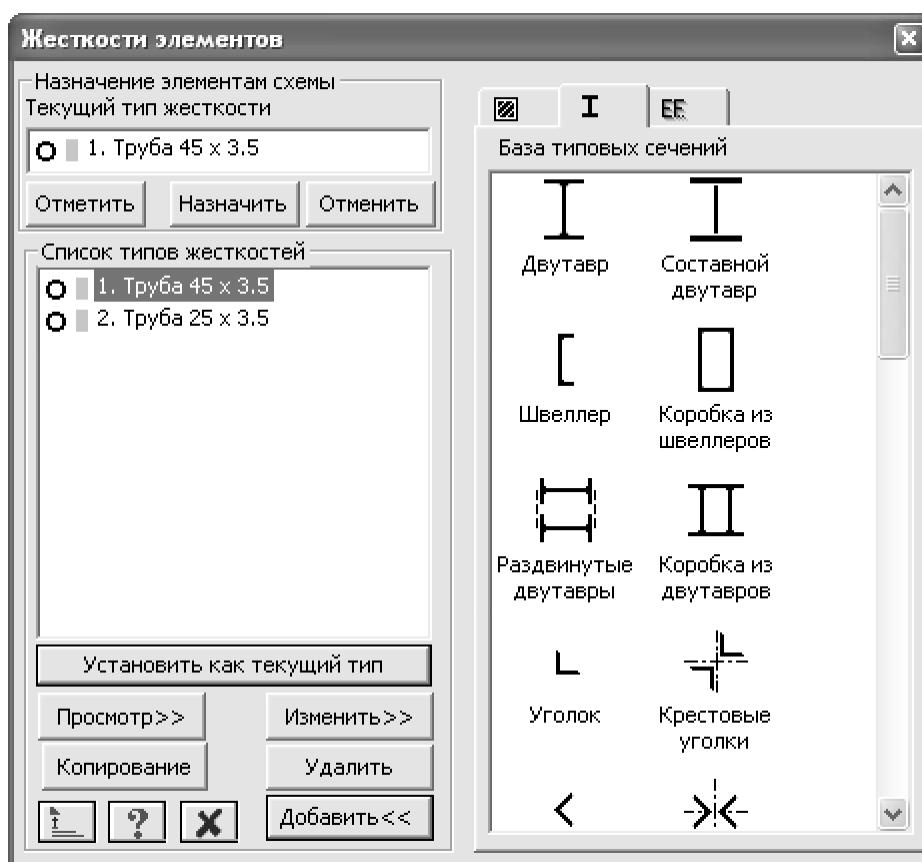


Рис.5.9. Диалоговое окно Жесткости элементов

- Выберите двойным щелчком мыши элемент графического списка - тип сечения **Труба**.
- В диалоговом окне **Стальное сечение** задайте параметры сечения **Труба** (рис.5.10):
 - в раскрывающемся списке – **Сортамент** выберите позицию – **Труба бесшовная горячекатанная**;
 - в списке – **Профиль** – **45 x 3.5**.
- Для ввода данных щелкните по кнопке **ОК**.
- Еще раз двойным щелчком мыши выберите тип сечения **Труба**.
- В диалоговом окне **Стальное сечение** задайте параметры сечения **Труба**:
 - в раскрывающемся списке – **Сортамент** выберите позицию – **Труба бесшовная горячекатанная**;
 - в списке – **Профиль** – **25 x 3.5**.
- Для ввода данных щелкните по кнопке **ОК**.

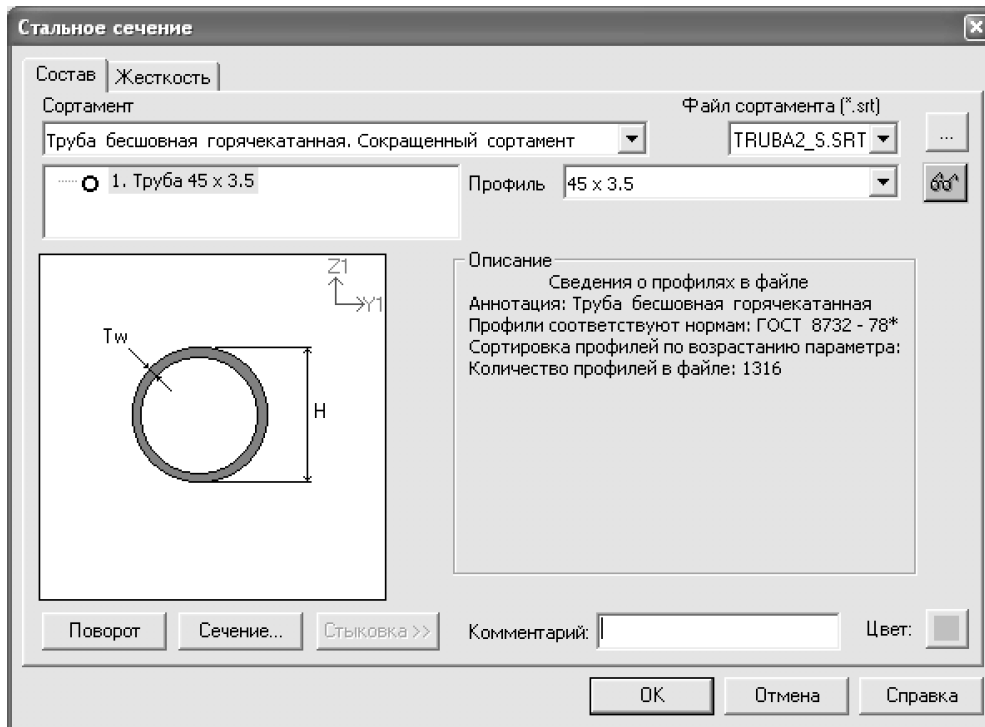


Рис.5.10. Диалоговое окно Стальное сечение

Вывод на экран номеров элементов

- В диалоговом окне **Показать** активизируйте закладку **Элементы** и установите флажок **Номера элементов**.
- После этого активизируйте закладку **Узлы** и снимите флажок **Номера узлов**.
- Щелкните по кнопке – **Перерисовать**.

Назначение жесткостей элементам рамы

- В диалоговом окне **Задание стандартного сечения** в списке типов жесткостей выделите курсором тип жесткости **1.Труба 45 x 3.5**.
- Щелкните по кнопке **Установить как текущий тип** (при этом выбранный тип записывается в окне редактирования **Текущий тип жесткости**. Можно назначить текущий тип жесткости двойным щелчком на строке списка).
- С помощью меню **Выбор** ⇒ **ПолиФильтр** (кнопка на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **ПолиФильтр** (рис.5.11), для того чтобы выделить элементы стоек башни.
- В этом окне активизируйте вторую закладку **Фильтр для элементов**.
- Далее установите флажок **По номерам КЭ** и в активизированном поле введите номера элементов **1 – 16**.
- После этого щелкните по кнопке – **Применить**.
- В диалоговом окне **Жесткости элементов** щелкните по кнопке **Назначить** (с элементов снимается выделение. Это свидетельство того, что выделенным элементам присвоена текущая жесткость).
- В списке типов жесткостей выделите курсором тип жесткости **2.Труба 25 x 3.5**.
- Щелкните по кнопке **Установить как текущий тип**.

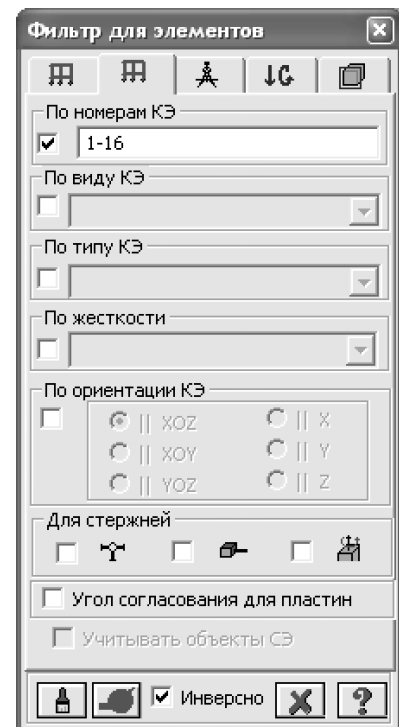


Рис.5.11. Диалоговое окно Фильтр для элементов

- С помощью **ПолиФильтра** выделите элементы № 17 – 40.
- В диалоговом окне **Жесткости элементов** щелкните по кнопке **Назначить**.

Этап 5. Корректировка схемы

Копирование существующего фрагмента схемы

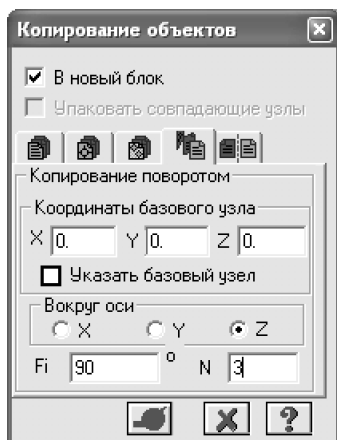


Рис.5.12. Диалоговое окно Копирование объектов

- Выполните пункт меню **Выбор ⇒ Отметка узлов** (кнопка  на панели инструментов).
- Выполните пункт меню **Выбор ⇒ Отметка элементов** (кнопка  на панели инструментов).
- С помощью курсора выделите все узлы и элементы схемы.
- Вызовите диалоговое окно **Копирование объектов** из меню **Схема ⇒ Корректировка ⇒ Копировать выбранные объекты** (кнопка  на панели инструментов).
- Откройте четвертую закладку **Копирование поворотом** (рис.5.12).
- Снимите флажок в поле **Указать базовый узел**.
- При помощи радио-кнопки укажите ось, вокруг которой будет произведено копирование – **Z**.
- Введите значение угла поворота в поле **Fi 90°**.
- В поле **N** укажите количество копий – **3**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.

Упаковка схемы

- Упакуйте схему при помощи пункта меню **Схема ⇒ Корректировка ⇒ Упаковка схемы** (кнопка  на панели инструментов).
- В этом окне щелкните по кнопке **Упаковать** (упаковка схемы производится для сшивки совпадающих узлов и элементов, а также для безвозвратного исключения из расчетной схемы удаленных узлов и элементов).

Вывод на экран номеров узлов

- В диалоговом окне **Показать** активизируйте закладку **Элементы** и снимите флажок с команды **Номера элементов**.
- После этого активизируйте закладку **Узлы** и установите флажок **Номера узлов**.
- Щелкните по кнопке  – **Перерисовать**.
- Активизируйте пятую закладку **Сечения и отсечения** в диалоговом окне **ПолиФильтр** (рис.5.11).
- При установленном флажке **Указать узлы плоскости** и радио-кнопке, указывающей на выбор режима **Сечение плоскостью**, в качестве секущей плоскости радио-кнопкой выберите **Произвольную** плоскость.
- Укажите курсором три узла, определяющие диагональ башни (узлы № 1, 2, 11)
- Щелкните по кнопке  – **Применить** в диалоговом окне **ПолиФильтр**.

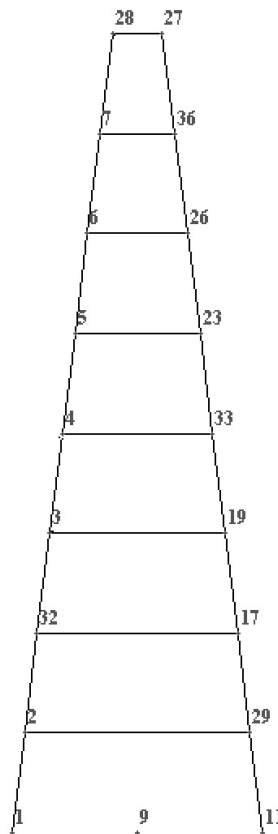


Рис.5.13. Схема башни в проекции XOZ

- Выполните фрагментацию для отображения на экране только отмеченных узлов и элементов схемы с помощью пункта меню **Вид ⇒ Фрагментация**.
- Перейдите в проекцию на плоскость XOZ с помощью пункта меню **Вид ⇒ Проекция на плоскость XOZ** (кнопка  на панели инструментов).
- Вызовите диалоговое окно **Добавить элемент** (рис.5.6). с помощью меню **Схема ⇒ Корректировка ⇒ Добавить элемент** (кнопка  на панели инструментов).
- Укажите последовательно курсором на следующие пары узлов № 2 и № 29; № 32 и № 17; и аналогично до вершины башни (рис.5.13).
- Перейдите в изометрическую проекцию представления расчетной схемы с помощью меню **Вид ⇒ Изометрия** (кнопка  на панели инструментов).
- Выполните пункт меню **Вид ⇒ Восстановление конструкции**.
- С помощью диалогового окна **ПолиФильтр** выделите другую диагональ башни установив флажок **Указать узлы плоскости**.
- Укажите курсором три узла, определяющие диагональ башни (узлы № 10, 12, 15).
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Выполните фрагментацию для отображения на экране только отмеченных узлов и элементов схемы с помощью пункта меню **Вид ⇒ Фрагментация**.
- Перейдите в проекцию на плоскость XOZ с помощью пункта меню **Вид ⇒ Проекция на плоскость XOZ** (кнопка  на панели инструментов).
- В диалоговом окне **Добавить элемент** установите флажок **Указать узлы курсором** и укажите аналогично описанным ранее действиям пары узлов: № 15 и №30, №16 и №31 и аналогично до вершины башни.
- Перейдите в изометрическую проекцию представления расчетной схемы с помощью меню **Вид ⇒ Изометрия** (кнопка  на панели инструментов).
- Выполните пункт меню **Вид ⇒ Восстановление конструкции**.
- В диалоговом окне **Показать** при активной закладке **Узлы** снимите флажок **Номера узлов**.
- Щелкните по кнопке  – **Перерисовать**.

На рис.5.14 представлена полученная расчетная схема башни.

Сохранение информации о расчетной схеме

- Для сохранения информации о расчетной схеме выполните пункт меню **Файл ⇒ Сохранить** (кнопка  на панели инструментов).
- В появившемся диалоговом окне **Сохранить как** задайте:
 - имя задачи – **Пример5**;
 - папку, в которую будет сохранена эта задача (по умолчанию выбирается папка – **LDdata**).
- Щелкните по кнопке **Сохранить**.

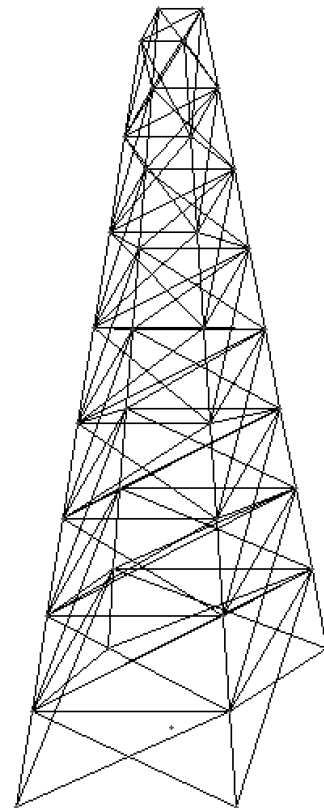


Рис.5.14. Расчетная схема башни

Этап 6. Задание нагрузок

Формирование загрузки № 1

- С помощью меню **Нагрузки** ⇒ **Добавить собственный вес** вызовите диалоговое окно **Добавить собственный вес** (рис. 5.15).

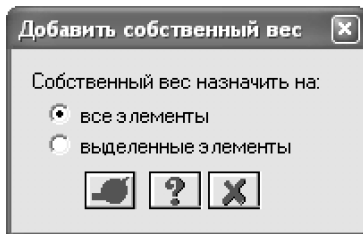


Рис.5.15. Диалоговое окно **Добавить собственный вес**

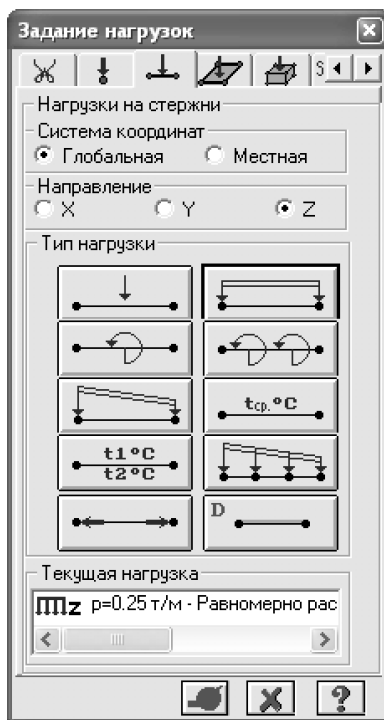


Рис.5.16. Диалоговое окно **Задание нагрузок**

- При активной радио-кнопке **все элементы** щелкните по кнопке - **Применить** (элементы автоматически загружаются нагрузкой собственного веса).
- Выполните пункт меню **Выбор** ⇒ **Отметка горизонтальных элементов** (кнопка на панели инструментов).
- С помощью курсора выделите горизонтальные элементы верхней площадки башни.
- Вызовите диалоговое окно **Задание нагрузок** с помощью меню **Нагрузки** ⇒ **Нагрузка на узлы и элементы** (кнопка на панели инструментов).
- В этом окне активизируйте закладку **Нагрузки на стержни** (рис.5.16).
- Затем радио-кнопками укажите систему координат **Глобальная**, направление – вдоль оси **Z**.
- Щелчком по кнопке **равномерно распределенной нагрузки** вызовите диалоговое окно **Параметры местной нагрузки**.
- В этом окне задайте интенсивность нагрузки $P = 0.25$ тс/м (рис.5.17).
- Щелкните по кнопке **Подтвердить**.

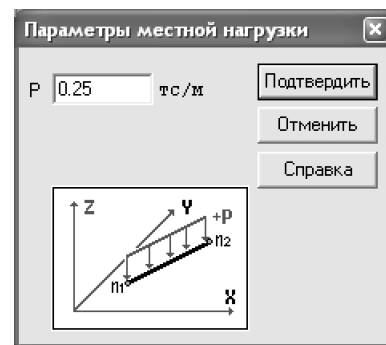


Рис.5.17. Диалоговое окно **Параметры местной нагрузки**

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

Формирование загрузки № 2

- Смените номер текущего загрузки, вызвав диалоговое окно **Активное загрузке** (рис 5.18) с помощью меню **Нагрузки** ⇒ **Выбор загрузки** (кнопка на панели инструментов).
- В этом диалоговом окне задайте номер загрузки **2**.
- Щелкните по кнопке – **Применить**.

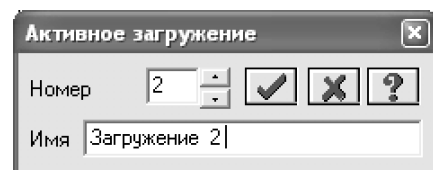


Рис.5.18. Диалоговое окно **Активное загрузке**

- Выделите все стержневые элементы башни с помощью пункта меню **Выбор** ⇒ **Отметка элементов** (кнопка  на панели инструментов).
- В диалоговом окне **Задание нагрузок** щелчком по кнопке равномерно распределенной нагрузки вызовите диалоговое окно **Параметры местной нагрузки**.
- В этом окне задайте интенсивность нагрузки $P = 0.25$ тс/м (рис.5.17).
- В диалоговом окне **Задание нагрузок** щелкните по кнопке **Применить**.

Формирование загрузки № 3

- Смените номер текущего нагружения, вызвав диалоговое окно **Активное нагружение** (рис 5.18) с помощью меню **Нагрузки** ⇒ **Выбор нагружения** (кнопка  на панели инструментов).
- В этом диалоговом окне задайте номер нагружения 3.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.



Ввиду того, что в каждом уровне башни имеется жесткий диск, статическое давление ветра можно задать, как сумму скоростного напора ветра и отсоса.

- Перейдите в проекцию на плоскость XOZ с помощью пункта меню **Вид** ⇒ **Проекция на плоскость XOZ** (кнопка  на панели инструментов).
- С помощью меню **Выбор** ⇒ **ПолиФильтр** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **ПолиФильтр** (рис.5.11).
- В этом окне активизируйте вторую закладку **Фильтр для элементов**.
- Далее установите флажок **По жесткости** и в раскрывающемся списке выберите тип жесткости **1. Труба 45 x 3.5**.
- Выделите пять нижних элементов правой грани башни растягиванием резинового окна, как показано на рис.5.19.



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

- В диалоговом окне **Задание нагрузок** радио-кнопками укажите систему координат **Глобальная**, направление – вдоль оси **X**.
- Щелчком по кнопке равномерно распределенной нагрузки вызовите диалоговое окно **Параметры местной нагрузки**.
- В этом окне задайте интенсивность $P = 0.1$ тс/м.
- Щелкните по кнопке **Подтвердить**.
- После этого в диалоговом окне **Задание нагрузок** щелкните по кнопке **Применить**.
- Выделите три верхних элемента правой грани башни аналогично рис.5.19 растягиванием резинового окна.
- В диалоговом окне **Задание нагрузок** щелчком по кнопке трапецевидной нагрузки на группу узлов вызовите диалоговое окно **Неравномерная нагрузка** (рис.5.20).

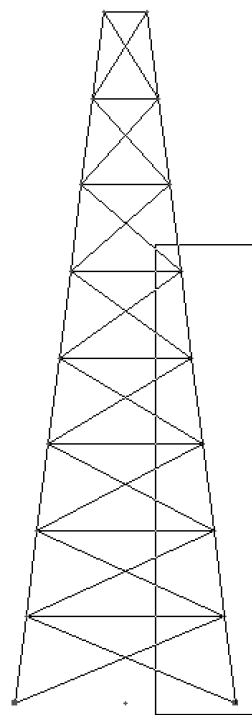


Рис.5.19. Выделение элементов растягиванием "резинового окна".

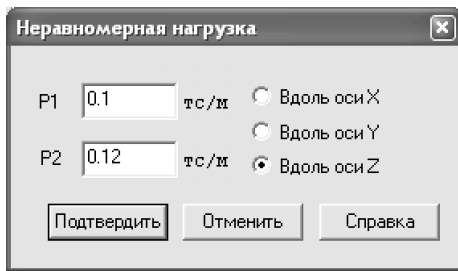


Рис.5.20. Диалоговое окно Неравномерная нагрузка

- В этом окне задайте интенсивность **P1 = 0.1 тс/м**, **P2 = 0.12 тс/м**.
- Радио-кнопкой укажите направление изменения величины нагрузки – **Вдоль оси Z**.
- Щелкните по кнопке **Подтвердить**.
- После этого в диалоговом окне **Задание нагрузок** щелкните по кнопке **Применить**.

Задание характеристик для расчета башни на пульсацию ветра

Этап 7. Формирование таблицы учета статических загрузений

- Вызовите диалоговое окно **Формирование динамических загрузений из статических** из меню **Нагрузки ⇒ Динамика ⇒ Учет статических загрузений** (рис.5.21).
- Для формирования первой строки сводной таблицы в диалоговом окне задайте следующие параметры:
 - № динамического загрузения – **4**;
 - № соответствующего статического загрузения – **1**;
 - Коэф. преобразования – **0.9**.
- Щелкните по кнопке **Подтвердить**.
- Для формирования второй строки таблицы в этом же окне задайте следующие параметры:
 - № динамического загрузения – **4**;
 - № соответствующего статического загрузения – **2**;
 - Коэф. преобразования – **0.85**.
- Щелкните по кнопкам **Подтвердить** и **Закреть**.

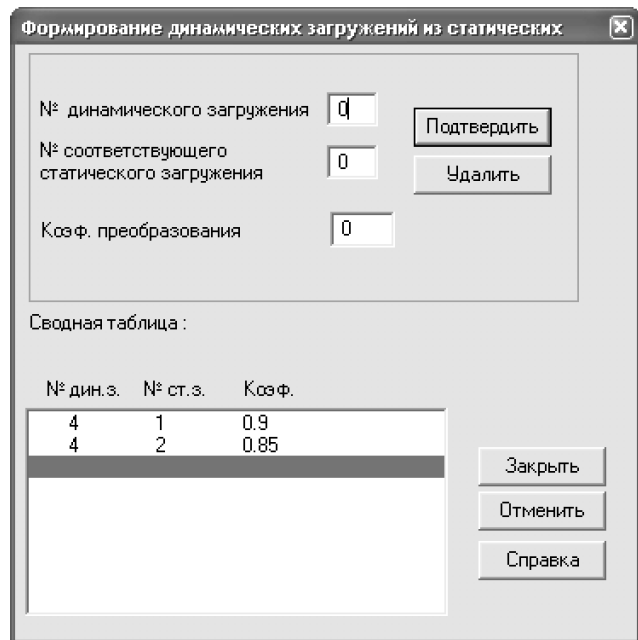


Рис.5.21. Диалоговое окно Формирование динамических загрузений из статических

Этап 8. Формирование таблицы динамических загрузений

- Для задания основных характеристик четвертого загрузения вызовите диалоговое окно **Задание характеристик для расчета на динамические воздействия** (рис.5.22) из меню **Нагрузки ⇒ Динамика ⇒ Таблица динамических загрузений** (кнопка  на панели инструментов)
- В диалоговом окне задайте следующие параметры:
 - № загрузения – **4**;
 - наименование воздействия – **Пульсационное (21)**;
 - количество учитываемых форм колебаний – **8**;
 - № соответствующего статического загрузения – **3**.

- Затем щелкните по кнопке **Параметры**.
- В диалоговом окне **Параметры расчета на ветровое воздействие с учетом пульсации** (рис.5.23) задайте следующие необходимые параметры:

- ширина здания по фронту обдуваемой поверхности – **5 м**;
- длина здания вдоль действия ветра – **5 м**;
- логарифмический декремент колебаний - **DCR=0.15** (стальные конструкции);
- остальные параметры примите заданными по умолчанию.

- Подтвердите ввод данных, щелкнув по кнопке **Подтвердить**.
- Щелкните по кнопке **Заккрыть** в диалоговом окне **Задание характеристик для расчета на динамические воздействия**.

Задание характеристик для расчета на динамические воздействия

N загрузки: 4

N строки характеристик: 1

Наименование воздействия: Пульсационное (21)

Количество учитываемых форм колебаний: 8

N соответствующего статического нагружения: 3

Сводная таблица для расчета на динамические воздействия

1	<	21	8	3	1	3	>	<	1.00	3	0.00	0.00	0	5.00	5.00	1	0	0.15	1	>
2																				

Рис.5.22. Диалоговое окно **Задание характеристик для расчета на динамические воздействия**

Параметры расчета на ветровое воздействие с учетом пульсации

Поправочный коэффициент: 1.00

Признак ориентации высоты сооружения: ☐ вдоль X ☐ вдоль Y ☒ вдоль Z

Расстояние между поверхностью земли и минимальной аппликатой расчетной схемы: 0.00 м

Расстояние между нулем глобальной СК и минимальной аппликатой расчетной схемы: 0.00 м

Ветровой район строительства (табл. 5 СНиП 2.01.07 - 85): Район 1-з

Ширина здания по фронту обдуваемости поверхности: 5.00 м

Длина здания вдоль действия ветра: 5.00 м

Тип местности (в соотв. со СНиП 2.01.07 - 85): Тип А

Тип здания: TZ = 0

Логарифмический декремент колебаний: DCR = 0.15 (стальные конструкции)

Признак ориентации обдуваемой поверхности сооружения в расчетной схеме: COR = 1 (Ветер вдоль оси X)

Подтвердить Отменить Справка

Рис.5.23. Диалоговое окно **Параметры расчета на ветровое воздействие с учетом пульсации**

Этап 9. Генерация таблицы РСУ

- С помощью пункта меню **Нагрузки** ⇒ **PCY** ⇒ **Генерация таблицы РСУ** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Расчетные сочетания усилий** (рис.5.24).
- В этом окне задайте следующие данные:

- для Загружения 1 выберите в списке Вид загрузки – **Постоянное (0)** и щелкните по кнопке **Подтвердить** (в строке **Номер загрузки** номер автоматически изменился на 2);
 - для Загружения 2 выберите в списке Вид загрузки – **Кратковременное (2)** и щелкните по кнопке **Подтвердить** (в строке **Номер загрузки** номер автоматически изменился на 3);
 - для Загружения 3 выберите в списке Вид загрузки – **Стат.ветер для пульсации (9)** и щелкните по кнопке **Подтвердить** (в строке **Номер загрузки** номер автоматически изменился на 4);
 - для Загружения 4 выберите в списке Вид загрузки – **Мгновенное (7)**, в текстовом поле **Учитывать знакопеременность** установите флажок и после этого щелкните по кнопке **Подтвердить**.
- Закройте диалоговое окно щелчком по кнопке **Заккрыть**.

Расчетные сочетания усилий

Номер загрузки: 4 Подтвердить Заккрыть

Название загрузки: Загружение 4 По умолчанию Отменить

Вид загрузки: Мгновенное (7) Справка

N группы объединяемых временных загрузок: 0

Учитывать знакопеременность: ☒

N группы взаимоисключающих загрузок: 0

NN сопутствующих загрузок: 0 0

Коэффициент надежности: 1.40

Доля длительности: 0.00

Ограничения для кранов и тормозов: Кран ☐ Тормоз ☐

Коэффициенты для РСЧ

1	2	3	NN столбцов коэф. РСЧ
N загрузки	1-е основное сочетание	2-е основное сочетание	Особое сочетание
1	1.00	1.00	0.90
2	1.00	0.95	0.80
3	0.00	0.00	0.00
4 ->	1.00	0.90	0.50

Сводная таблица для вычисления РСЧ:

N назв.	Параметры РСЧ	Коэффициенты РСЧ
1 Загружение 1 постоянное	< 0 0 0 0 0 0 0	1.10 1.00 > < 1.00 > < 1.00 > < 0.90 >
2 Загружение 2 гололед	< 1 0 0 0 0 0 0	1.20 1.00 > < 1.00 > < 0.95 > < 0.80 >
3 Загружение 3 ветровое	< 9 0 0 0 0 0 0	0.00 0.00 > < 0.00 > < 0.00 > < 0.00 >
4 Загружение 4	< 7 0 0 0 0 0 0	1.40 0.00 > < 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >

Рис.5.24. Диалоговое окно Расчетные сочетания усилий

Этап 10. Статический расчет башни

- Запустите задачу на расчет с помощью меню **Режим** ⇒ **Выполнить расчет** (кнопка  на панели инструментов).

Этап 11. Просмотр и анализ результатов расчета

- После расчета задачи, переход в режим результатов расчета осуществляется с помощью меню **Режим** ⇒ **Результаты расчета** (кнопка  на панели инструментов).
- В режиме просмотра результатов расчета по умолчанию расчетная схема отображается с учетом перемещений узлов. Для отображения схемы без учета перемещений узлов выполните пункт меню **Схема** ⇒ **Исходная схема** (кнопка  на панели инструментов).
- Выполните пункт меню **Опции** ⇒ **Флаги рисования** (кнопка  на панели инструментов).

- В диалоговом окне **Показать** при активной закладке **Общие** снимите флажок **Нагрузки**.
- Щелкните по кнопке  – **Перерисовать**.

Вывод на экран эпюр внутренних усилий

- Для вывода эпюры **N** (рис. 5.25), выполните пункт меню **Усилия** ⇒ **Эпюры** ⇒ **Эпюры продольных сил (N)** (кнопка , затем кнопка  на панели инструментов).
- Для вывода мозаики продольных сил **N** выполните пункт меню **Усилия** ⇒ **Эпюры** ⇒ **Мозаика N** (кнопка  на панели инструментов).

Смена номера текущего нагружения

- На панели инструментов **Загружения**  смените номер нагружения на **2** и щелкните по кнопке  – **Подтвердить выбор** (на экране отобразится мозаика продольных сил для 2-го нагружения).
- Аналогично переключитесь на 3 нагружение, затем на 4 нагружение.
- Снимите активность с пункта меню **Усилия** ⇒ **Эпюры** ⇒ **Мозаика N** (кнопка  на панели инструментов).

Загружение 4
Составляющая 1

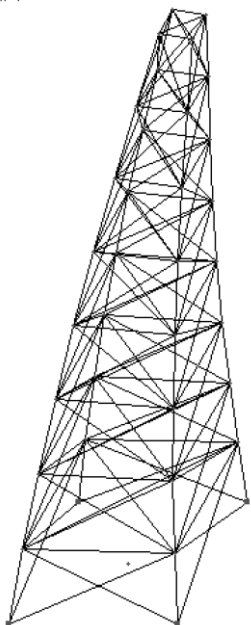
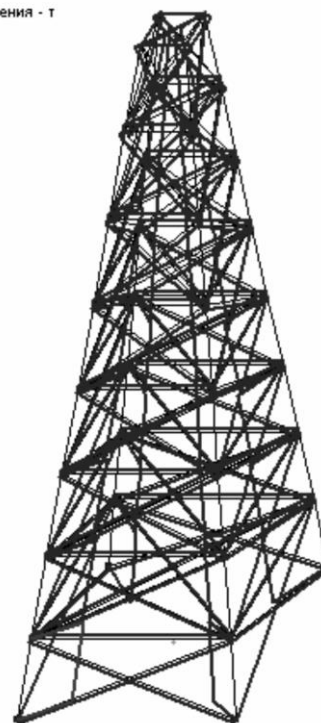


Рис.5.26. Расчетная схема с учетом первой составляющей динамического воздействия

Загружение 1 постоянное
Эпюра N
Единицы измерения - т

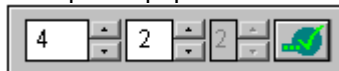


Минимальное усилие -0.637125
Максимальное усилие 0.0718243

Рис.5.25. Эпюры продольных сил **N**

Вывод форм колебаний конструкции

- Для отображения схемы с учетом перемещений узлов выполните пункт меню **Схема** ⇒ **Исходная схема** (кнопка  на панели инструментов).
- В режиме просмотра результатов расчета при переходе на нагружение № 4 по умолчанию отображается первая составляющая динамического воздействия (рис.5.26).
- С помощью меню **Схема** ⇒ **Форма колебаний** (кнопка  на панели инструментов) выведите первую форму колебаний.
- Для вывода второй формы колебаний на панели



Загружения задайте номер формы колебаний **2** и щелкните по кнопке  – **Подтвердить выбор**.

Просмотр анимации второй формы колебаний

- С помощью пункта меню **Вид** ⇒ **Пространственная модель (3D-графика)** перейдите в режим пространственной модели.
- Для просмотра анимации второй формы колебаний четвертого нагружения выполните пункт меню **Опции** ⇒ **Флаги рисования** ⇒ **Показать анимацию колебаний**

- (кнопка  на панели инструментов).
- Для возврата в режим визуализации результатов расчета, закройте окно пространственной модели или выполните пункт меню **Вид** ⇒ **Конечноэлементная модель**.

Формирование и просмотр таблиц результатов расчета

- При активном пункте меню **Выбор** ⇒ **Отметка элементов** (кнопка  на панели инструментов) выделите курсором опорный элемент башни (элемент №1).
- Для вывода на экран таблицы со значениями усилий в выделенном элементе схемы выполните пункт меню **Окно** ⇒ **Стандартные таблицы**.
- После этого в диалоговом окне **Стандартные таблицы** (рис. 5.27) выделите строку **Расчетные сочетания усилий**.
- Установите флажок **HTML-формат** для создания таблиц в соответствующем формате.
- Щелкните по кнопке **Создать**.
- В окне Microsoft Internet Explorer открывается таблица 5.1.

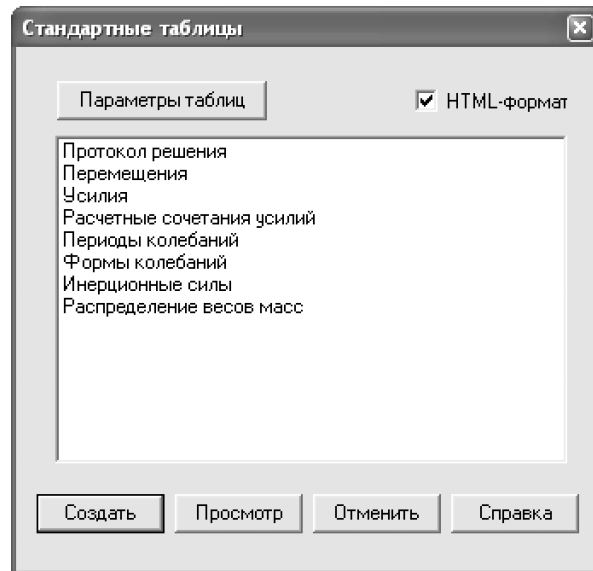


Рис.5.27. Диалоговое окно **Стандартные таблицы**

Таблица 5.1. РАСЧЕТНЫЕ СОЧЕТАНИЯ

ЭЛМ	НС	КРТ	СТ	КС		N	МК	МУ	QZ	MZ	QY	ЗАГРУЖЕНИЯ
1	1	1	1		A	-32.089	0	.93509	-1.1192	0	0	1,2,
		1	1		B	-32.089	0	.93509	-1.1192	0	0	1,2,
		2	2		B	-5.9550	-.00001	.00563	-.00671	.00011	.00016	1,4,
		10	2		B	-34.261	-.00001	.84203	-1.0080	.00011	.00016	1,2,4,
1	2	2	1		A	-31.482	0	-1.4470	-1.2265	0	0	1,2,
		2	1		B	-31.482	0	-1.4470	-1.2265	0	0	1,2,
		6	2		B	-5.9478	-.00001	-.00927	-.00797	.00032	.00016	1,4,
		10	2		B	-33.714	-.00001	-1.3034	-1.1047	.00032	.00016	1,2,4,



В приведенной таблице приняты следующие обозначения:

- 1 колонка – **ЭЛМ** – номер элемента на расчетной схеме;
- 2 колонка – **НС** – номер сечения стержневого элемента;
- 3 колонка – **КРТ** – критерий выбора расчетного сочетания усилий;
- 4 колонка – **СТ** – номер столбца коэффициентов расчетных сочетаний усилий в таблице РСУ;
- 5 колонка – **КС** – отметка о крановых и сейсмических воздействиях в случае, если эти воздействия участвуют в РСУ;

6 колонка – индексы **A** и **B** обозначают группы РСУ, различаемые по длительности действия нагрузок, входящих в сочетание. Индексом **A** обозначаются РСУ, которые состоят из загрузжений продолжительной длительности. Индексом **B** обозначаются РСУ, которые состоят из всех загрузжений.

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

Этап 12. Расчет башни на устойчивость

Расчет устойчивости



- На панели инструментов **Загрузки** смените номер загрузки на **1** и щелкните по кнопке – **Подтвердить выбор**.
- Для определения устойчивости рамы выполните пункт меню **Усилия** ⇒ **Устойчивость** ⇒ **Рассчитать** (кнопка на панели инструментов).
- В диалоговом окне **Параметры расчетного процессора** (рис.5.28) снимите активность со строки **Все загрузки** (остальные параметры принимаются заданными по умолчанию).
- Подтвердите ввод данных, щелкнув по кнопке **Подтвердить**.

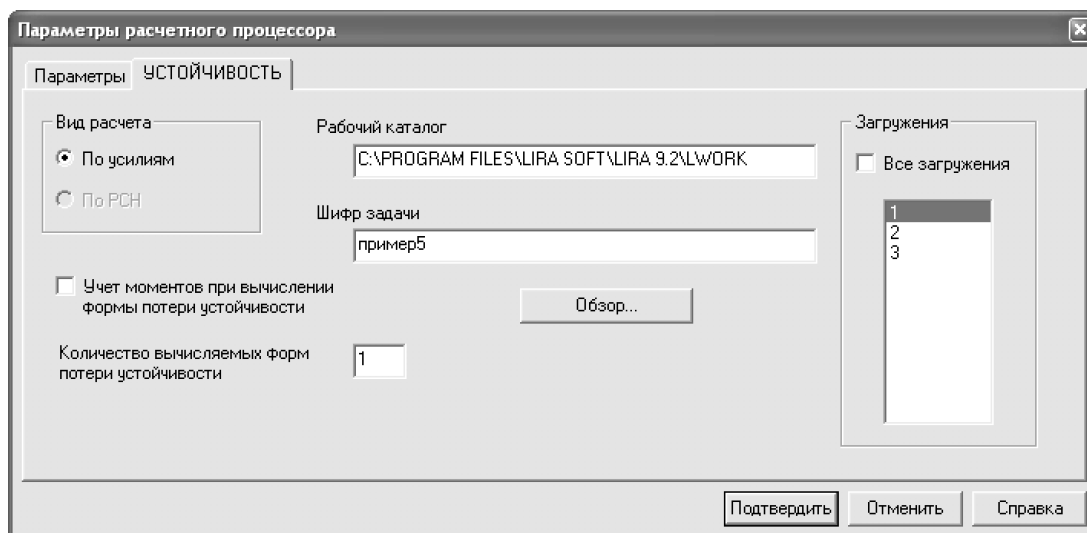


Рис.5.28. Диалоговое окно **Параметры расчетного процессора**

Вывод формы потери устойчивости

- Уменьшите в три раза масштаб вывода на экран перемещений деформированной схемы с помощью пункта меню **Схема** ⇒ **Масштаб перемещений** (кнопка на панели инструментов).
- В диалоговом окне **Масштаб перемещений** (рис.5.29) при активной радио-кнопке **Уменьшить** введите в поле **Изменить в** значение **3** и щелкните по кнопке **Подтвердить**.



Автоматически указывается коэффициент искажения, принимаемый по умолчанию и равный 1/20 максимального габарита схемы.

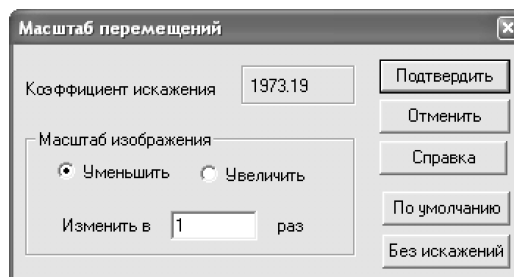


Рис.5.29. Диалоговое окно **Масштаб перемещений**

- Выведите на экран форму потери устойчивости с помощью меню **Схема** ⇒ **Форма потери устойчивости** (кнопка  на панели инструментов).

Расчетная схема башни с учетом формы потери устойчивости отображена на рис. 5.30.

Загружение 1
Форма потери устойчивости в гл. с. 1
Коэффициент 11.1342

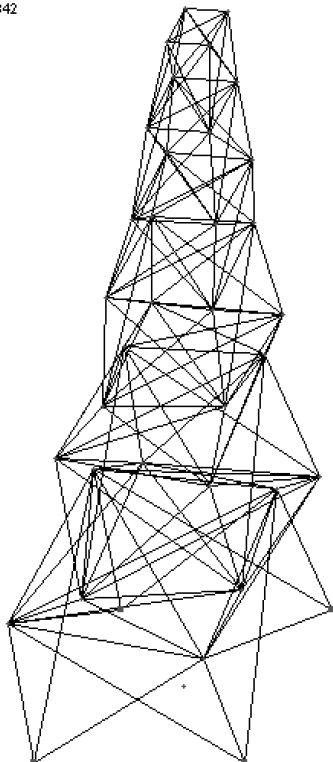


Рис.5.30. Расчетная схема башни с учетом формы потери устойчивости

Вывод на экран значений коэффициентов свободных длин

- Затем выведите на экран графическое представление коэффициентов свободных длин по **Ly** из меню **Усилия** ⇒ **Устойчивость** ⇒ **Коэффициенты по Ly** (кнопка , затем кнопка  на панели инструментов).

Создание таблицы коэффициентов запаса устойчивости

- Для создания таблицы коэффициентов запаса устойчивости вызовите пункт меню **Окно** ⇒ **Стандартные таблицы**.
- После этого в диалоговом окне **Стандартные таблицы** выделите строку **Коэффициенты запаса устойчивости**.
- Щелкните по кнопке **Создать**.
- Для того чтобы закрыть таблицу, выполните пункт меню **Файл** ⇒ **Заккрыть**.

Пример 6. Расчет цилиндрического резервуара

Цели и задачи:

- составить расчетную схему цилиндрического резервуара с днищем;
- задать нагрузку на стенку и днище от веса жидкости;
- применить для расчетной схемы локальную систему координат узлов.

Исходные данные:

Железобетонный резервуар радиусом $R = 2$ м и высотой $H = 3$ м.

Материал резервуара – железобетон В25.

Толщина стенки $d = 15$ см и толщина днища $h = 20$ см.

Нагрузка – внутреннее давление воды.

Для того чтобы начать работу с ПК **ЛИРА**, выполните следующую команду Windows:

Пуск ⇒ **Программы** ⇒ **ЛИРА 9.2** ⇒ **ЛИРА 9.2**.

Этап 1. Создание новой задачи

- Для создания новой задачи выполните пункт меню **Файл** ⇒ **Новый** (кнопка  на панели инструментов).
- В появившемся диалоговом окне **Признак схемы** (рис.6.1) задайте следующие параметры:
 - имя создаваемой задачи – **Пример6** (шифр задачи по умолчанию совпадает с именем задачи);
 - признак схемы – **5 – Шесть степеней свободы в узле**.
- После этого щелкните по кнопке **Подтвердить**.

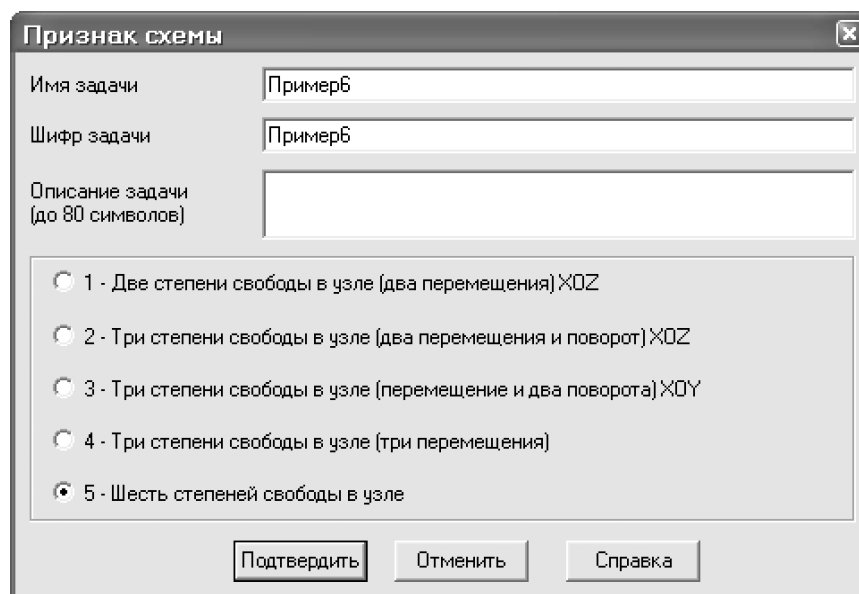


Рис.6.1. Диалоговое окно **Признак схемы**

Этап 2. Создание геометрической схемы резервуара



Поскольку данная расчетная схема и нагрузка являются центрально симметричными, мы можем рассчитывать четверть резервуара, назначая при этом связи симметрии на плоскости отсечения.

Создание стенок резервуара

➤ С помощью пункта меню **Схема** ⇒ **Создание** ⇒

Поверхности вращения (кнопка на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Поверхности вращения** (рис.6.2).

➤ В этом окне задайте параметры, необходимые для генерации цилиндра:

- радиус цилиндра – $R = 2$ м;
- высота цилиндра – $H = 3$ м;
- разбивка стенки резервуара на конечные элементы по вертикали $n1 = 20$, по окружности $n2 = 9$;
- угол сектора $fi = 90^\circ$.
- остальные параметры принимаются по умолчанию.

➤ Для ввода данных щелкните по кнопке – **Применить**.

Создание дна резервуара

➤ В диалоговом окне **Поверхности вращения** (рис.6.3) щелкните по второй закладке генерации конуса и задайте следующие параметры:

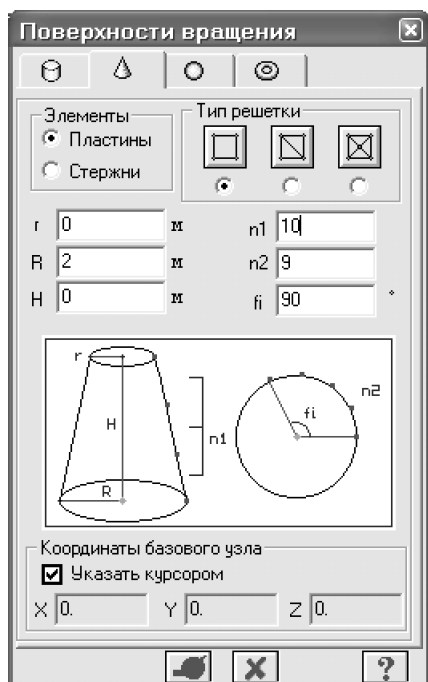


Рис.6.3. Диалоговое окно Поверхности вращения

- верхний радиус конуса – $r = 0$ м;
- нижний радиус конуса – $R = 2$ м;
- высота конуса – $H = 0$ м;
- разбивка стенки резервуара на конечные элементы $n1 = 10$, $n2 = 9$;
- угол сектора – $fi = 90^\circ$.
- остальные параметры принимаются по умолчанию.

➤ Для ввода данных щелкните по кнопке – **Применить**.

Упаковка схемы

➤ Выполните пункт меню **Схема** ⇒ **Корректировка** ⇒

Упаковка схемы (кнопка на панели инструментов).

➤ В диалоговом окне **Упаковка** (рис.6.4) щелкните по кнопке **Упаковать** (упаковка схемы производится для сшивки совпадающих узлов и элементов, а также для безвозвратного исключения из расчетной схемы удаленных узлов и элементов).

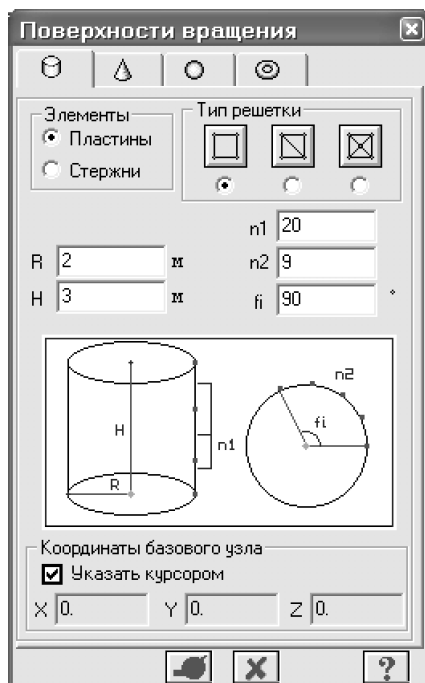


Рис.6.2. Диалоговое окно Поверхности вращения

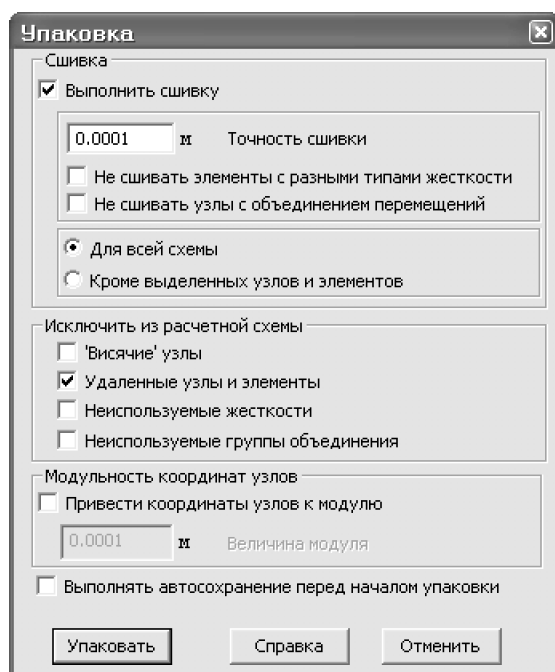


Рис.6.4. Диалоговое окно Упаковка схемы

Сохранение информации о расчетной схеме

- Для сохранения информации о расчетной схеме выполните пункт меню **Файл** ⇒ **Сохранить** (кнопка  на панели инструментов).
- В появившемся диалоговом окне **Сохранить как** задайте:
 - имя задачи – **Пример6**;
 - папку, в которую будет сохранена эта задача (по умолчанию выбирается папка – **LDdata**).
- Щелкните по кнопке **Сохранить**.

Этап 3. Назначение локальной системы координат узлам расчетной схемы

Выделение узлов



Для назначения локальной системы координат, нужно отметить все узлы расчетной схемы, за исключением центрального узла днища с номером 301 (0;0;0).

- Выполните пункт меню **Выбор** ⇒ **ПолиФильтр** (кнопка  на панели инструментов).
- В появившемся диалоговом окне **Фильтр для узлов** (рис.6.5) установите флажок **По номерам узлов** и в соответствующем поле введите номера узлов **1 – 300**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.

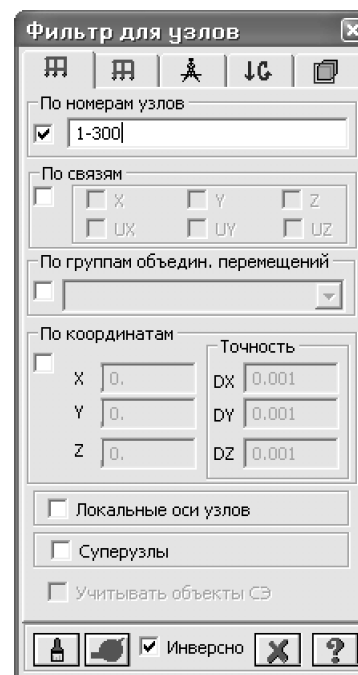


Рис.6.5. Диалоговое окно Фильтр для узлов

Назначение локальной системы координат

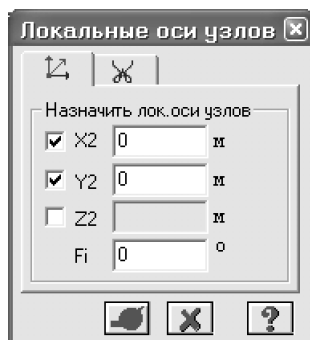
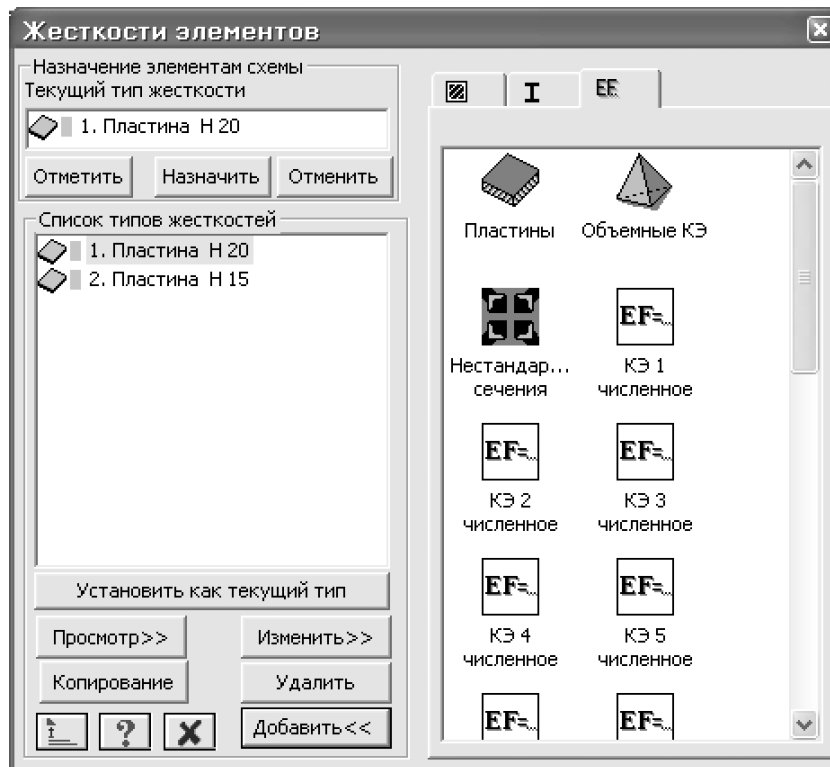


Рис.6.6. Диалоговое окно Локальные оси узлов

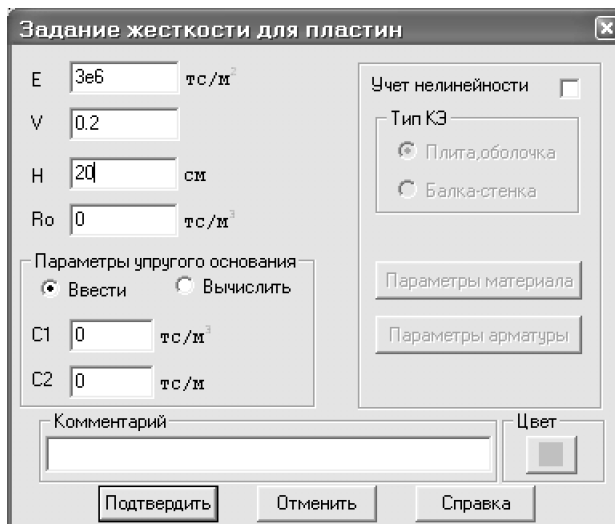
- С помощью пункта меню **Схема** ⇒ **Корректировка** ⇒ **Локальные оси узлов** вызовите диалоговое окно **Локальные оси узлов** (рис.6.6).
- В этом окне снимите флажок с координаты **Z2** (таким образом, мы задаем координату точки, от которой будут стремиться местные оси **X**. Так как координата **Z** переменна по высоте, мы отключаем соответствующий флажок).
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.

Этап 4. Задание жесткостных параметров элементам резервуараФормирование типов жесткости

- С помощью меню **Жесткости** ⇒ **Жесткости элементов** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Жесткости элементов** (рис.6.7).
- В этом окне щелкните по кнопке **Добавить** и в библиотеке жесткостных характеристик щелкните по третьей закладке численного описания жесткости.
- Выберите двойным щелчком мыши элемент графического списка - тип сечения **Пластины**.

**Рис.6.7. Диалоговое окно Жесткости элементов**

- В диалоговом окне **Задание жесткости для пластин** (рис.6.8) задайте параметры сечения:

**Рис.6.8. Диалоговое окно
Задание жесткости для пластин**

- модуль упругости – $E = 3e6 \text{ тс/м}^2$;
- коэф. Пуассона – $V = 0.2$;
- толщина – $H = 20 \text{ см}$.

- Затем щелкните по кнопке **Подтвердить**.
- Далее в диалоговом окне **Жесткости элементов** в списке типов жесткостей выделите строку **1.Пластина Н 20** и щелкните по кнопке **Копирование**.
- После этого в списке типов жесткостей выделите строку **2.Пластина Н 20** и щелкните по кнопке **Изменить**.
- В новом окне **Задание жесткости для пластин** задайте новые параметры сечения:
 - толщина плиты – $H = 15 \text{ см}$.
- Щелкните по кнопке **Подтвердить**.

Назначение жесткостей элементам днища

- В списке типов жесткостей выделить строку **1.Пластина Н 20**.
- Щелкните по кнопке **Установить как текущий тип** (при этом выбранный тип записывается в окне редактирования **Текущий тип жесткости**. Можно назначить текущий тип жесткости двойным щелчком по строке списка).
- Выполните пункт меню **Выбор ⇒ Отметка блока** (кнопка  на панели инструментов).
- Укажите курсором в любой узел или элемент днища (узлы и элементы днища окрасились в красный цвет).
- В диалоговом окне **Жесткости элементов** щелкните по кнопке **Назначить** (с элементов снимается выделение. Это свидетельство того, что выделенным элементам присвоена текущая жесткость).

Назначение жесткостей элементам стенки

- В списке типов жесткостей выделите строку **2.Пластина Н 15**.
- Щелкните по кнопке **Установить как текущий тип**.
- Укажите курсором в любой узел или элемент стенки (узлы и элементы стенки окрасились в красный цвет).
- В диалоговом окне **Жесткости элементов** щелкните по кнопке **Назначить**.

Этап 5. Задание граничных условий

Поскольку узлам расчетной схемы назначена локальная система координат, то налагаемые граничные условия будут соответствовать этой системе координат.

- Выполните пункт меню **Схема ⇒ Связи** (кнопка  на панели инструментов).
- В диалоговом окне **Связи в узлах** (рис.6.9), с помощью установки флажков, укажите направления, по которым запрещены перемещения узлов: **Y**, **UX** и **UZ** (эти направления соответствуют связям симметрии на плоскости отсечения).
- После этого щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Выполните пункт меню **Вид ⇒ Поворот ⇒ Положительный поворот вокруг Z** (кнопки , а затем  на панели инструментов). Поворачивайте схему до тех пор, пока не будут отчетливо видны узлы стыковки днища со стенкой.
- Выполните пункты меню **Выбор ⇒ Отметка узлов** (кнопка  на панели инструментов) и **Выбор ⇒ Полигональная отметка** (кнопка  на панели инструментов).
- С помощью левой клавиши мыши задайте замкнутый контур вокруг узлов стыковки днища со стенкой (также узлы стыковки днища со стенкой можно просто указать на схеме с помощью курсора).
- В диалоговом окне **Связи в узлах** установите флажок по направлению **Z**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Для возврата схемы в начальное положение, выполните пункт меню **Вид ⇒ Поворот ⇒ Начальное положение** (кнопка  на панели инструментов).

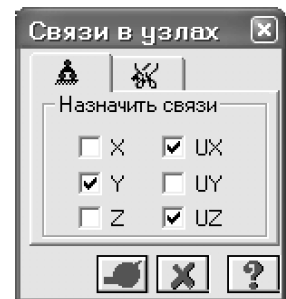


Рис.6.9. Диалоговое окно **Связи в узлах**

Этап 6. Задание нагрузокЗадание давления на днище резервуара

- После выполнения пункта меню **Выбор** ⇒ **Отметка блока** (кнопка  на панели инструментов), укажите курсором на любой элемент или узел дна.
- С помощью пункта меню **Нагрузки** ⇒ **Нагрузка на узлы и элементы** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Задание нагрузок** (рис.6.10).
- В этом окне активизируйте четвертую закладку **Нагрузки на пластины**.
- Затем с помощью радио-кнопок задайте систему координат **Глобальная**, направление вдоль оси **Z**.
- Щелчком по кнопке равномерно распределенной нагрузки вызовите диалоговое окно **Параметры местной нагрузки** (рис.6.11).
- В этом окне введите интенсивность нагрузки $p = 3 \text{ тс/м}^2$.
- Щелкните по кнопке **Подтвердить**.
- После этого в диалоговом окне **Задание нагрузок** щелкните по кнопке  – **Применить**.

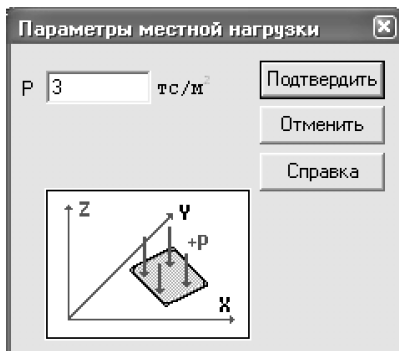


Рис.6.11. Диалоговое окно
Параметры местной нагрузки

Задание нагрузки на стенки резервуара

- Выделите элементы стенки путем указания на любой узел или элемент стенки резервуара.
- В диалоговом окне **Задание нагрузок** с помощью радио-кнопки задайте систему координат **Местная**.
- Щелчком по кнопке трапециевидной нагрузки на группу пластин вызовите диалоговое окно **Неравномерная нагрузка** (рис.6.12).
- В этом окне введите интенсивность нагрузки $p_1 = -3 \text{ тс/м}^2$ и щелкните по радио-кнопке **Вдоль оси Z**.
- После этого щелкните по кнопке **Подтвердить**.
- После этого в диалоговом окне **Задание нагрузок** щелкните по кнопке  – **Применить**.



Рис.6.10. Диалоговое окно
Задание нагрузок

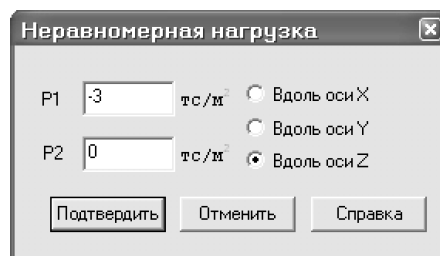


Рис.6.12. Диалоговое окно
Неравномерная нагрузка

Этап 7. Статический расчет резервуара

- Запустите задачу на расчет с помощью меню **Режим** ⇒ **Выполнить расчет** (кнопка  на панели инструментов).

Этап 8. Просмотр и анализ результатов расчета

- После расчета задачи, переход в режим результатов расчета осуществляется с помощью меню **Режим** ⇒ **Результаты расчета** (кнопка  на панели инструментов).
- В режиме просмотра результатов расчета по умолчанию расчетная схема отображается с учетом перемещений узлов.

Вывод изополей деформаций по направлению локальной оси X на деформированной стенке резервуара

- Выполнив пункт меню **Выбор** ⇒ **Отметка блока** (кнопка  на панели инструментов), укажите на любой узел или элемент дна.
- Выполните пункт меню **Вид** ⇒ **Инверсная фрагментация** (на экране остаются только невыделенные узлы и элементы).
- С помощью меню **Деформации** ⇒ **В локальной системе** ⇒ **Изополя перемещений** ⇒ **Изополя перемещений по X** (кнопки  , а затем  на панели инструментов) выведите на экран изополя перемещений по направлению локальной оси X.
- Переключите схему в проекцию на плоскость YOZ (рис.6.13) с помощью меню **Вид** ⇒ **Проекция на плоскость YOZ** (кнопка  на панели инструментов).

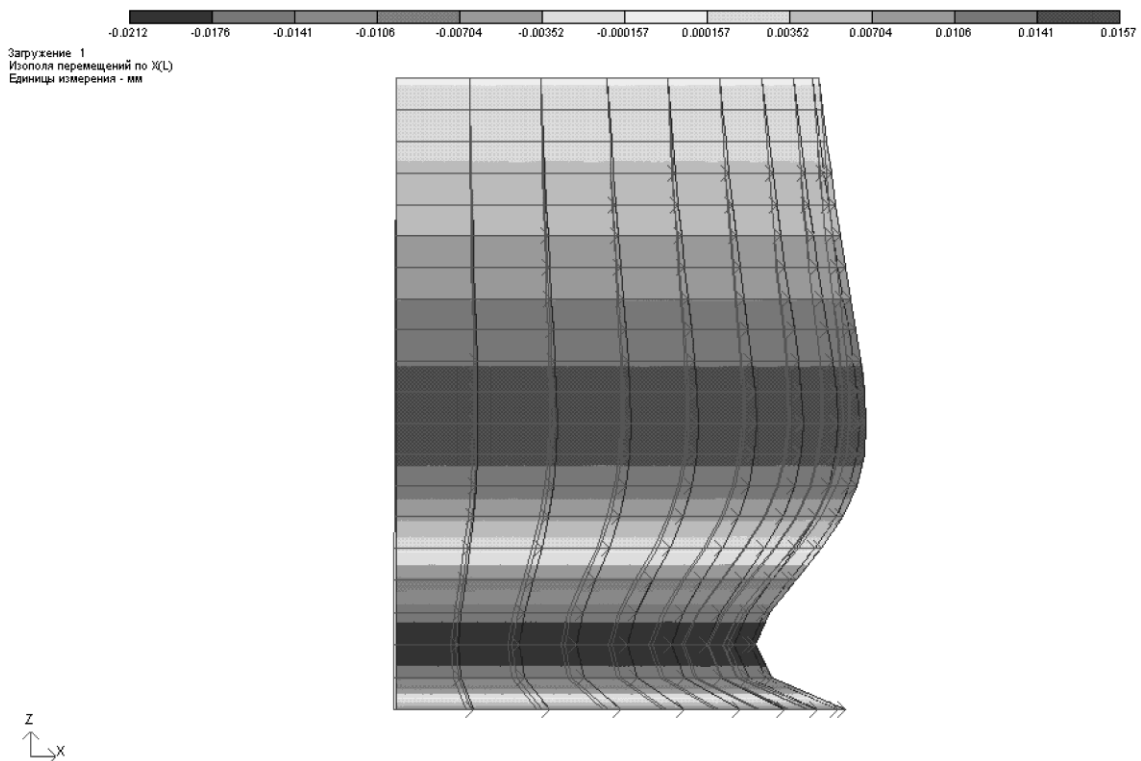


Рис.6.13. Изополя перемещений по направлению локальной оси X в элементах стенки резервуара

- Для восстановления первоначального вида схемы, выполните пункт меню **Вид** ⇒ **Восстановление конструкции**.

Вывод изополей вертикальных перемещений дна на деформированной схеме

- Выделите все узлы и элементы дна путем указания курсором на любой узел или элемент дна.
- Для вывода на экран фрагмента расчетной схемы, выполните пункт меню **Вид** ⇒ **Фрагментация**.

- С помощью меню **Деформации** ⇒ **В глобальной системе** ⇒ **Изополя перемещений** ⇒ **Изополя перемещений по Z** (кнопка  на панели инструментов), выведите на экран изополя перемещений по направлению глобальной оси Z.
- Переключите схему в изометрическую проекцию (рис.6.14) с помощью меню **Вид** ⇒ **Изометрия** (кнопка  на панели инструментов).

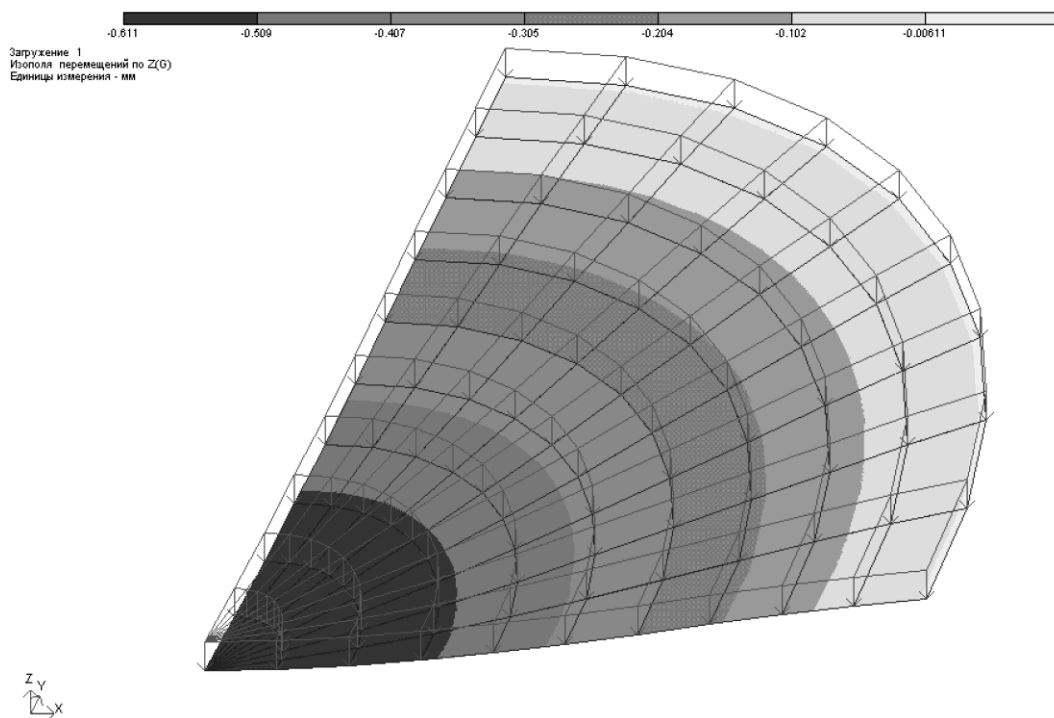


Рис.6.14. Изополя перемещений по направлению глобальной оси Z в элементах дна резервуара

- Для восстановления первоначального вида схемы, выполните пункт меню **Вид** ⇒ **Восстановление конструкции**.
- Для отображения схемы без учета перемещений узлов, выполните пункт меню **Схема** ⇒ **Исходная схема** (кнопка  на панели инструментов).
- Для отображения схемы без изополей перемещений, выполните пункт меню **Деформации** ⇒ **В глобальной системе** ⇒ **Изополя перемещений** ⇒ **Изополя перемещений по Z** (кнопка  на панели инструментов).
- Чтобы вывести напряжения в любом из элементов нижней части стенки резервуара, выполните пункт меню **Выбор** ⇒ **Информация об узле или элементе** (кнопка  на панели инструментов) и после этого укажите курсором на один из элементов нижней части стенки резервуара.

В появившемся диалоговом окне (рис.6.15) приведены значения напряжений.

Элемент 9

Номера узлов: 210, 4, 13, 14

№: 9 ☐ Отметить

Тип жесткости: 2. Пластина H 15

Тип КЭ: 41 Угол согласов.: 0 Блок N: 1

Площадь, координаты центра тяжести: S=0.0522934м2, Xc=0.173648м, Yc=1.9848

☒ Загрузка № загр.: 1

☐ РСН

Nx	-5.42845	т/м2
Ny	-0.001010	т/м2
Txy	0.002660E	т/м2
Mx	0.191683	(т*м)/м
My	0.958417	(т*м)/м
Mxy	-6.53979e	(т*м)/м
Qx	0.0003067	т/м
Qy	-3.07372	т/м

☐ Эпюры

Экспорт усилий

Рис.6.15. Диалоговое окно Информация об элементе №

Пример 7. Нелинейный расчет двухпролетной балки

Цели и задачи:

- составить расчетную схему двухпролётной балки;
- сформировать таблицу моделирования нелинейных загрузжений.

Исходные данные:

Схема балки и ее закрепление показаны на рис.7.1.

Сечения элементов балки показаны на рис.7.2.

Материал рамы – железобетон В25, арматура А-III.

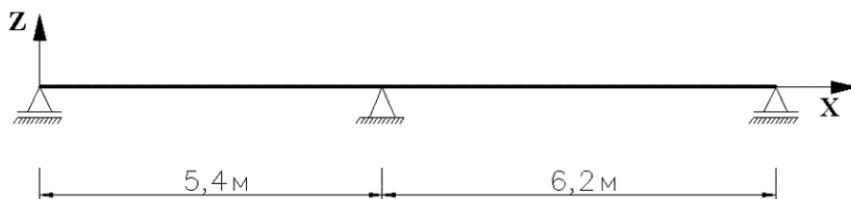


Рис.7.1. Схема балки

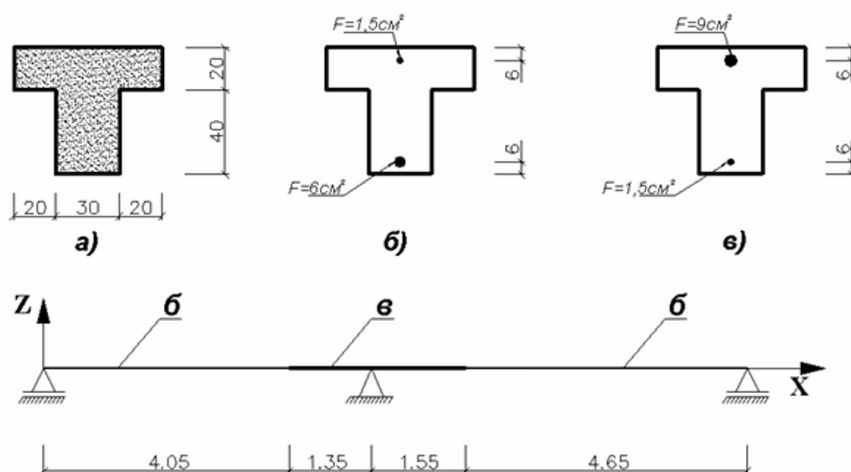


Рис.7.2. Сечения элементов балки:

а) размеры сечения; б) пролётное сечение; в) опорное сечение.

Нагрузки:

- загрузка 1 – собственный вес (рис.7.3);

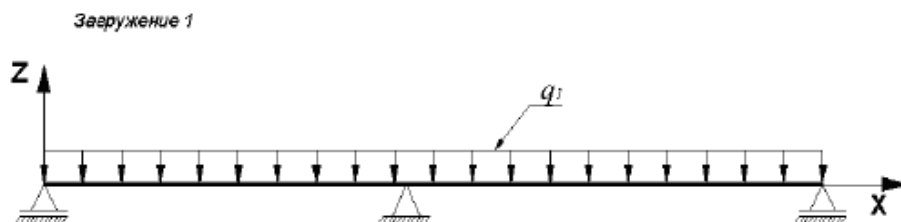


Рис.7.3. Схема загрузжения 1 балки

- загрузка 2 – равномерно распределенная $q_2 = 0.3$ тс/м (рис.7.4);

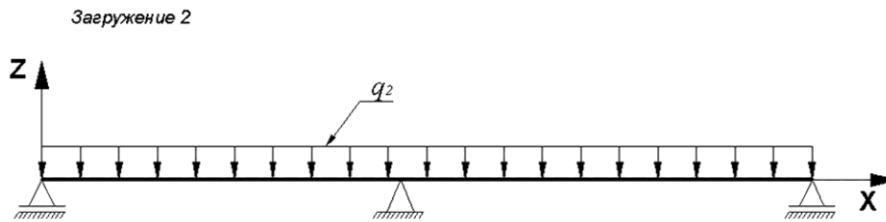


Рис.7.4. Схема загрузки 2 балки

- загрузка 3 – равномерно распределенная в первом пролете $q_3 = 0.87$ тс/м (рис.7.5);

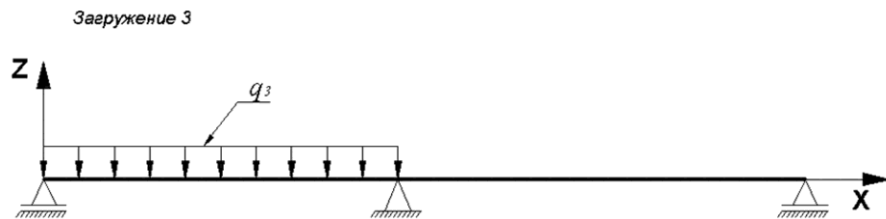


Рис.7.5. Схема загрузки 3 балки

- загрузка 4 – равномерно распределенная во втором пролете $q_4 = 0.87$ тс/м (рис.7.6);

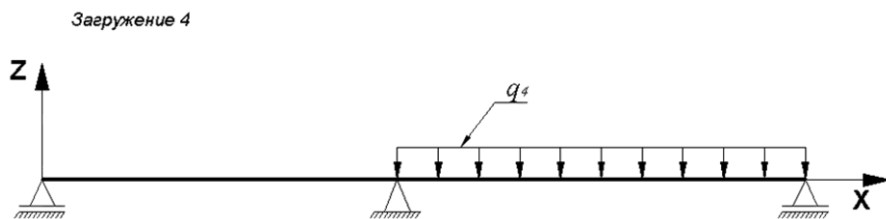


Рис.7.6 Схема загрузки 4 балки

Для того чтобы начать работу с ПК [ЛИРА](#), выполните команду Windows:

Пуск ⇒ Программы ⇒ ЛИРА 9.2 ⇒ ЛИРА 9.2.

Этап 1. Создание новой задачи

- Для создания новой задачи выполните пункт меню **Файл** ⇒ **Новый** (кнопка  на панели инструментов).

- В появившемся диалоговом окне **Признак схемы** (рис.7.7) задайте следующие параметры:

- имя создаваемой задачи – **Пример7** (шифр задачи по умолчанию совпадает с именем задачи);
- признак схемы – **2 – Три степени свободы в узле (два перемещения и поворот) X0Z**.

- После этого щелкните по кнопке **Подтвердить**.

Рис.7.7. Диалоговое окно **Признак схемы**

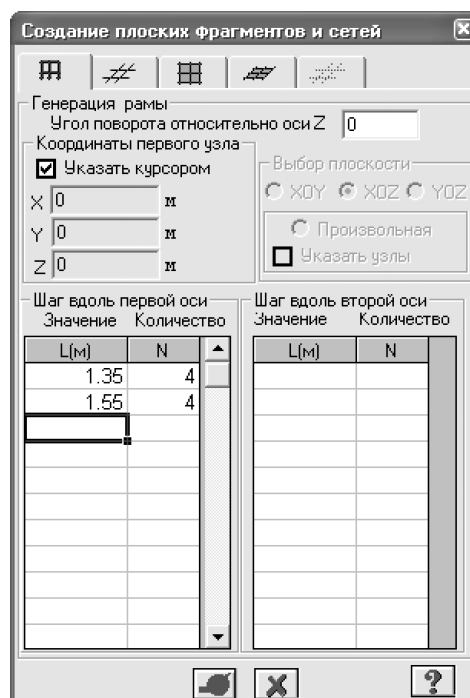
Этап 2. Создание геометрической схемы балки

- Вызовите диалоговое окно **Создание плоских фрагментов и сетей** с помощью меню **Схема** ⇒ **Создание** ⇒ **Регулярные фрагменты и сети** (кнопка  на панели инструментов).
- Принимаем деление пролетов балки на 4 части. Поэтому в этом диалоговом окне задайте:
 - Шаг вдоль первой оси:

L(м)	N
1.35	4
1.55	4
 - Остальные параметры принимаются по умолчанию (рис.7.8).
- После этого щелкните по кнопке  – **Применить**.

Сохранение информации о расчетной схеме

- Для сохранения информации о расчетной схеме выполните пункт меню **Файл** ⇒ **Сохранить** (кнопка  на панели инструментов).
- В появившемся диалоговом окне **Сохранить как** задайте:
 - имя задачи – **Пример 7**;
 - папку, в которую будет сохранена эта задача (по умолчанию выбирается папка – **LDdata**).
- Щелкните по кнопке **Сохранить**.

**Рис.7.8. Диалоговое окно Создание плоских фрагментов и сетей****Этап 3. Задание граничных условий****Вывод на экран номеров узлов и элементов**

- Выполните пункт меню **Опции** ⇒ **Флаги рисования** (кнопка  на панели инструментов).
- В диалоговом окне **Показать** при активной закладке **Элементы** установите флажок **Номера элементов**.
- После этого активизируйте закладку **Узлы** и установите флажок **Номера узлов**.
- Щелкните по кнопке  – **Перерисовать**.

На рис.7.9 представлена полученная схема.

**Рис.7.9. Нумерация узлов и элементов расчетной схемы****Отметка узлов № 1 и 9**

- Выполните пункт меню **Выбор** ⇒ **Отметка узлов** (кнопка  на панели инструментов).
- С помощью курсора выделите узлы № 1 и 9 (узлы окрашиваются в красный цвет).

Задание граничных условий в узлах № 1 и 9

- С помощью пункта меню **Схема** ⇒ **Связи** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Связи в узлах** (рис.7.10).
- 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).

Задание граничных условий в узле № 5

- Выделите узел № 5 с помощью курсора.
- В диалоговом окне **Связи в узлах** отметьте направления, по которым запрещено перемещение узла (**X**, **Z**). Для этого необходимо установить флажок по направлению **X**.
- Щелкните по кнопке **Применить**.
- Выполните пункт меню **Выбор** ⇒ **Отметка узлов** (кнопка  на панели инструментов), чтобы снять активность с операции отметки узлов.

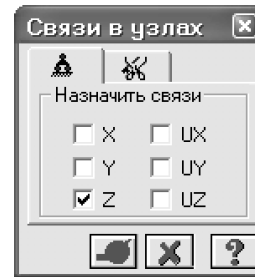


Рис.7.10. Диалоговое окно **Связи в узлах**

Этап 4. Задание жесткостных параметров элементам балки

Формирование типов жесткости

- С помощью меню **Жесткости** ⇒ **Жесткости элементов** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Жесткости элементов** (рис.7.11).
- В этом окне щелкните по кнопке **Добавить** для того, чтобы вывести список стандартных типов сечений.

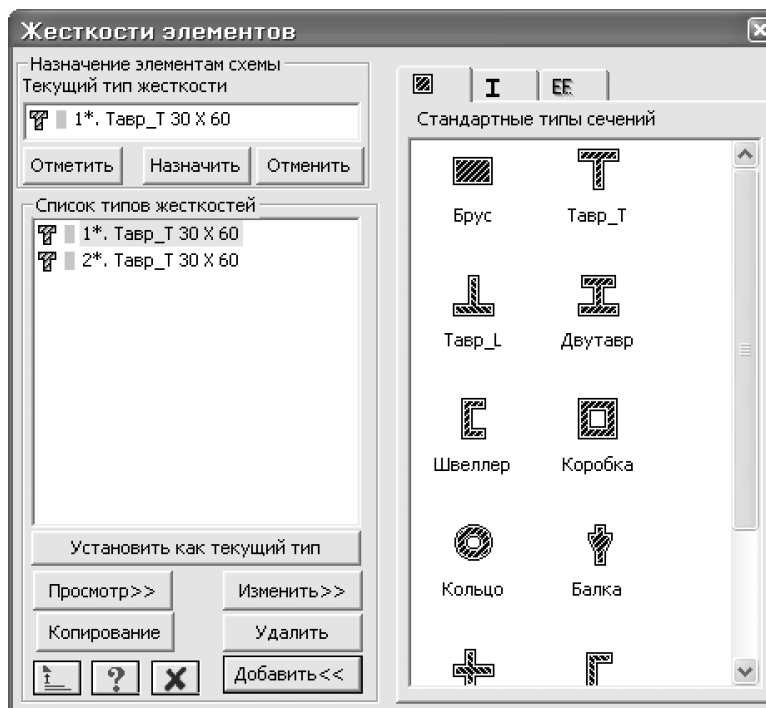


Рис.7.11. Диалоговое окно **Жесткости элементов**

- Выберите двойным щелчком мыши элемент графического списка - тип сечения **Тавр_Т**.
- В диалоговом окне **Задание стандартного сечения** (рис.7.12) задайте параметры сечения **Тавр_Т**:
 - геометрические размеры – **B** = 30 см; **H** = 60 см; **B1** = 70 см; **H1** = 20 см;
 - плотность – **R₀** = 2.75 тс/м³.

Рис.7.12. Диалоговое окно Задание стандартного сечения

- Далее установите флажок **Учет нелинейности**.
- Для задания материала щелкните по кнопке **Параметры материала**. Вызывается диалоговое окно **Характеристики физической нелинейности основного и армирующего материалов** (рис.7.13).
- В этом окне, для основного материала, в раскрывающемся списке **Закон нелинейного деформирования** выберите **25 – экспоненциальная зависимость (расчетная прочность)**.
- В поле ввода **Характеристики материала**, задайте параметры основного материала (бетона):
 - класс бетона – **B25**;
 - тип бетона – **ТБ**.

Рис.7.13. Диалоговое окно Характеристики физической нелинейности основного и армирующего материалов для основного материала

- Далее в этом же окне щелкните по радио-кнопке **армирующий** (рис.7.14).
- В поле ввода **Характеристики материала** задайте параметры:
 - модуль упругости – $E^- = 2e7$ тс/м²;
 - модуль упругости – $E^+ = 2e7$ тс/м²;
 - предельное напряжение $\sigma^- = -36000$ тс/м²;
 - предельное напряжение $\sigma^+ = 36000$ тс/м².
- Для ввода данных щелкните по кнопке **Подтвердить**.

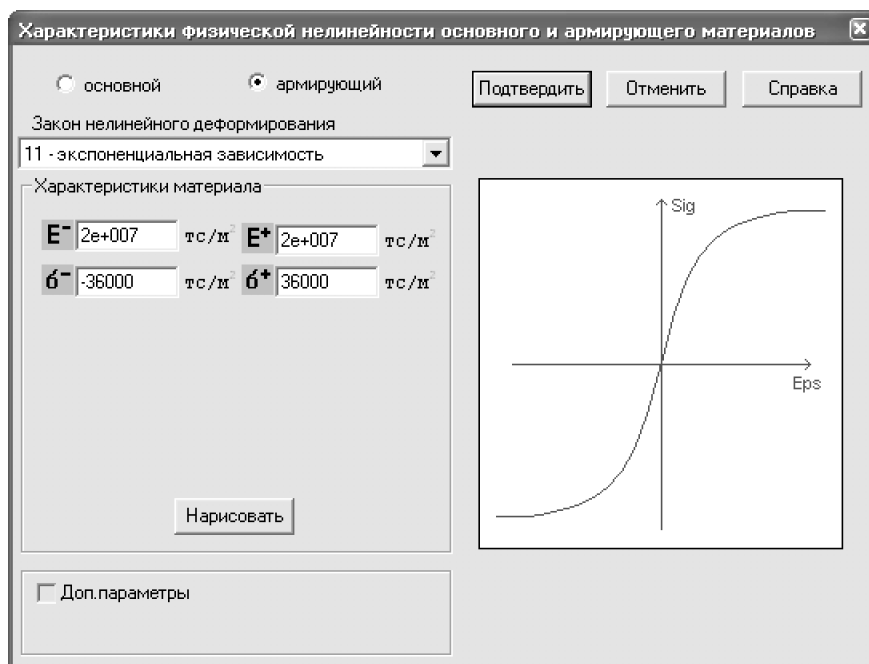


Рис.7.14. Диалоговое окно Характеристики физической нелинейности основного и армирующего материалов для армирующего материала

- Для задания расположения и площади арматуры, в диалоговом окне **Задание стандартного сечения** (рис.7.12) щелкните по кнопке **Параметры арматуры**. Вызывается диалоговое окно **Характеристики физической нелинейности стержней** (рис.7.15).
- В этом окне, для выбора арматурных включений, щелкните по кнопке **Точечная арматура**.
- Задайте параметры арматуры для первого слоя арматуры:
 - площадь арматуры – $F_a = 6$ см²;
 - координаты привязки – $y = 0$ см; $z = 6$ см.
- В раскрываемом списке **Номер слоя арматуры** выберите номер **2**.
- Задайте параметры арматуры для второго слоя арматуры:
 - площадь арматуры – $F_a = 1.5$ см²;
 - координаты привязки – $y = 0$ см; $z = 54$ см.
- Для выбора типа дробления поперечного сечения, щелкните по кнопке **Дробление на элементарные полосы**.
- Щелкните по кнопке **Подтвердить**.



Рис.7.15. Диалоговое окно Характеристики физической нелинейности стержней

- В диалоговом окне **Жесткости элементов** (рис.7.11) в списке типов жесткостей с помощью курсора выделите строку **1*.Тавр_Т 30х60** и щелкните по кнопке **Копирование**.
- После этого в списке типов жесткостей выделите строку **2*.Тавр_Т 30х60** и щелкните по кнопке **Изменить**.
- В диалоговом окне **Задание стандартного сечения** щелкните по кнопке **Параметры арматуры**. Вызывается диалоговое окно **Характеристики физической нелинейности стержней** (рис.7.16).
- В закладке **Тип арматурных включений** выберите тип **Точечная арматура**.
- Задайте параметры арматуры для первого слоя арматуры:
 - площадь арматуры – **Fa** = 1.5 см²;
 - координаты привязки – **y** = 0 см; **z** = 6 см.
- В раскрывающемся списке **Номер слоя арматуры** выберите номер **2**.
- Задайте параметры арматуры для второго слоя арматуры:
 - площадь арматуры – **Fa** = 9 см²;
 - координаты привязки – **y** = 0 см; **z** = 54 см.
- Для ввода данных щелкните по кнопке **Подтвердить**.
- После этого в диалоговом окне **Задание стандартного сечения** щелкните по кнопке **Подтвердить**.

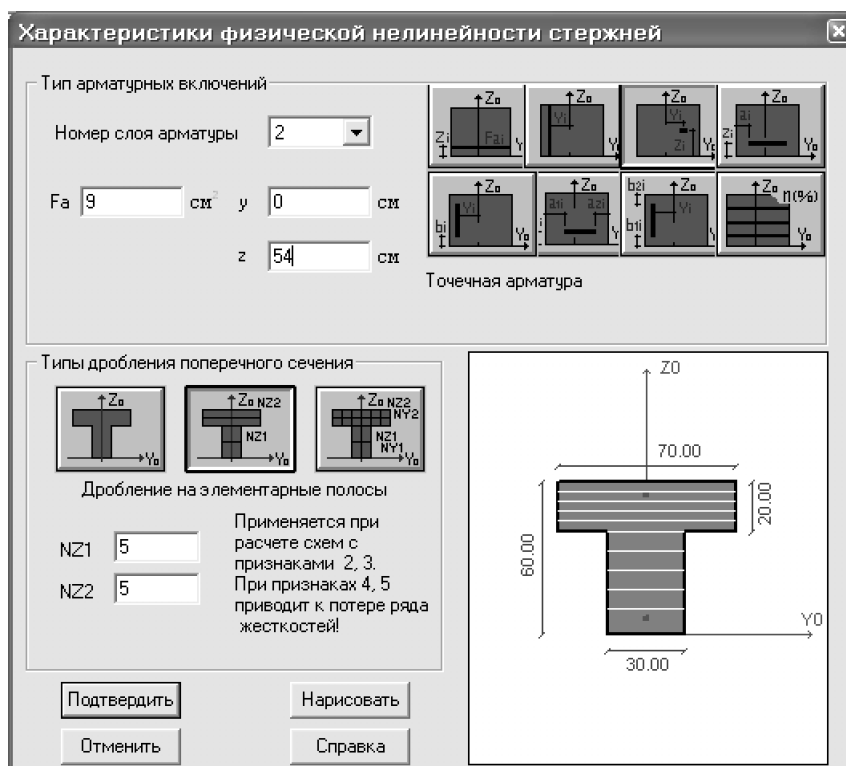


Рис.7.16. Диалоговое окно Характеристики физической нелинейности стержней

Смена типа конечных элементов

- Выполните пункт меню **Выбор** ⇒ **Отметка горизонтальных элементов** (кнопка  на панели инструментов).

- С помощью курсора выделите все элементы балки.

- Выполните пункт меню **Схема** ⇒ **Корректировка** ⇒

Смена типа конечного элемента (кнопка  на панели инструментов).

- В диалоговом окне **Смена типа конечного элемента** (рис.7.17) с помощью курсора выделите строку **Тип 210 – физически нелинейный универсальный пространственный стержневой КЭ**.

- Щелкните по кнопке  – **Применить**.

Назначение жесткостей элементам балки

- В диалоговом окне **Жесткости элементов** в списке типов жесткостей выделите курсором тип жесткости **1*.Тавр_Т 30х60**.

- Щелкните по кнопке **Установить как текущий тип** (при этом выбранный тип записывается в окне редактирования **Текущий тип жесткости**. Можно назначить текущий тип жесткости двойным щелчком на строке списка).

- С помощью курсора выделите элементы № 1, 2, 3, 6, 7 и 8.

- В диалоговом окне **Жесткости элементов** щелкните по кнопке **Назначить**.

- В диалоговом окне **Жесткости элементов** в списке типов жесткостей выделите курсором тип жесткости **2.Тавр_Т 30х60**.

- Щелкните по кнопке **Установить как текущий тип**.

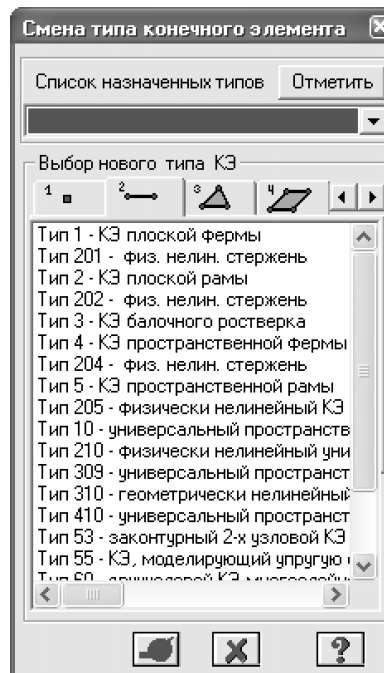


Рис.7.17. Диалоговое окно Смена типа конечного элемента

- С помощью курсора выделите элементы № 4 и 5.
- В диалоговом окне **Жесткости элементов** щелкните по кнопке **Назначить**.

Этап 5. Задание нагрузок

Формирование загрузки № 1

- Выполните пункт меню **Нагрузки** ⇒ **Добавить собственный вес**.
- В диалоговом окне **Добавить собственный вес** (рис.7.18) щелкните по кнопке **Применить**.

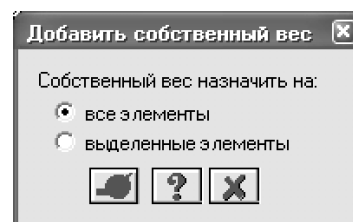


Рис.7.18. Диалоговое окно **Добавить собственный вес**

Формирование загрузки № 2

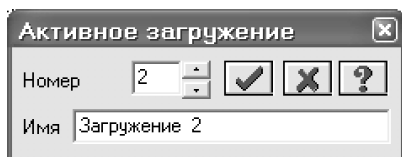


Рис.7.19. Диалоговое окно **Активное загрузке**

- Смените номер текущего загрузке, вызвав диалоговое окно **Активное загрузке** (рис.7.19) с помощью меню **Нагрузки** ⇒ **Выбор загрузке** (кнопка  на панели инструментов).
- В этом диалоговом окне задайте номер загрузке 2.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.

- Выделите все элементы.
- Вызовите диалоговое окно **Задание нагрузок** (рис.7.20) с помощью меню **Нагрузки** ⇒ **Нагрузка на узлы и элементы** (кнопка  на панели инструментов).
- В этом окне активизируйте закладку **Нагрузки на стержни**.
- Затем радио-кнопками укажите систему координат **Глобальная**, направление – вдоль оси **Z**.
- Щелчком по кнопке равномерно распределенной нагрузки вызовите диалоговое окно **Параметры местной нагрузки**.
- В этом окне задайте интенсивность нагрузки $p = 0.3$ тс/м (рис.7.21).
- Щелкните по кнопке **Подтвердить**.



Рис.7.20. Диалоговое окно **Задание нагрузок**



Рис.7.21. Диалоговое окно **Параметры местной нагрузки**

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

Формирование загрузки № 3

- Смените номер текущего загрузки, вызвав диалоговое окно **Активное загрузке** с помощью меню **Нагрузки** ⇒ **Выбор загрузки** (кнопка  на панели инструментов).
- В этом диалоговом окне смените номер загрузки на **3**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.
- С помощью курсора выделите элементы № 1, 2, 3 и 4.
- В диалоговом окне **Задание нагрузок** щелчком по кнопке распределенной нагрузки вызовите диалоговое окно **Параметры местной нагрузки**.
- В этом окне задайте интенсивность нагрузки $p = 0.87$ тс/м.
- Щелкните по кнопке **Подтвердить**.
- После этого в диалоговом окне **Задание нагрузок** щелкните по кнопке **Применить**.

Формирование загрузки № 4

- Смените номер текущего загрузки, вызвав диалоговое окно **Активное загрузке** с помощью меню **Нагрузки** ⇒ **Выбор загрузки** (кнопка  на панели инструментов).
- В этом диалоговом окне смените номер загрузки на **4**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.
- С помощью курсора выделите элементы № 5, 6, 7 и 8.
- В диалоговом окне **Задание нагрузок** щелчком по кнопке распределенной нагрузки вызовите диалоговое окно **Параметры местной нагрузки**.
- В этом окне задайте интенсивность нагрузки $p = 0.87$ тс/м.
- Щелкните по кнопке **Подтвердить**.
- После этого в диалоговом окне **Задание нагрузок** щелкните по кнопке **Применить**.

Этап 6. Моделирование нелинейных загрузок



Для того чтобы получить расчет балки с полезной нагрузкой в разных пролетах необходимо выполнить две последовательности приложения нагрузок.

Формирование первой последовательности

- Чтобы получить первую последовательность 1; 2 и 3 загрузки (полезная нагрузка в первом пролете), с помощью пункта меню **Нагрузки** ⇒ **Моделирование нелинейных загрузок конструкции** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Моделирование нелинейных загрузок конструкции** (рис.7.22).
- В этом окне для формирования первого загрузки задайте следующие параметры:
 - № загрузки – **1**;
 - в раскрывающемся списке выберите метод расчета – **Простой шаговый (1)**;
 - в раскрывающемся списке **Печать** выберите **Перемещения и усилия после каждого шага**;
 - активизируйте радио-кнопку **Равномерные шаги** и задайте количество шагов **5**;
- Щелкните по кнопке **Подтвердить** (происходит автоматическое переключение на вторую строку).

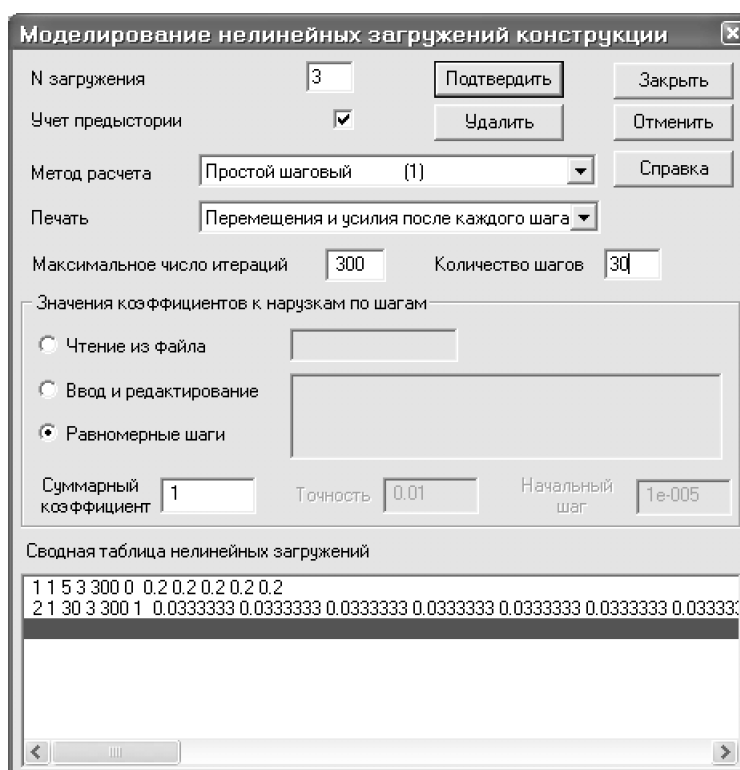


Рис.7.22. Диалоговое окно Моделирование нелинейных загрузжений конструкции

- Для формирования второго загрузки задайте следующие параметры:
 - № загрузки – **2**;
 - установите флажок **Учет предыстории**;
 - в раскрывающемся списке выберите метод расчета – **Простой шаговый (1)**;
 - в раскрывающемся списке **Печать** выберите **Перемещения и усилия после каждого шага**;
 - активизируйте радио-кнопку **Равномерные шаги** и задайте количество шагов **30**;
- Щелкните по кнопке **Подтвердить** (происходит автоматическое переключение на третью строку).
- Для формирования третьего загрузки задайте следующие параметры:
 - № загрузки – **3**;
 - установите флажок **Учет предыстории**;
 - в раскрывающемся списке выберите метод расчета – **Простой шаговый (1)**;
 - в раскрывающемся списке **Печать** выберите **Перемещения и усилия после каждого шага**;
 - активизируйте радио-кнопку **Равномерные шаги** и задайте количество шагов **30**;
- Щелкните по кнопке **Подтвердить** (происходит автоматическое переключение на четвертую строку).

Формирование второй последовательности

- Чтобы получить вторую последовательность 1; 2 и 4 загрузки (полезная нагрузка во втором пролете), в диалоговом окне **Моделирование нелинейных нагружений конструкции** (рис.7.23) для формирования первого нагружения задайте следующие параметры:
 - № загрузки – **1**;
 - в раскрывающемся списке выберите метод расчета – **Простой шаговый (1)**;
 - в раскрывающемся списке **Печать** выберите **Перемещения и усилия после каждого шага**;

- активизируйте радио-кнопку **Равномерные шаги** и задайте количество шагов **5**;
- Щелкните по кнопке **Подтвердить** (происходит автоматическое переключение на пятую строку).

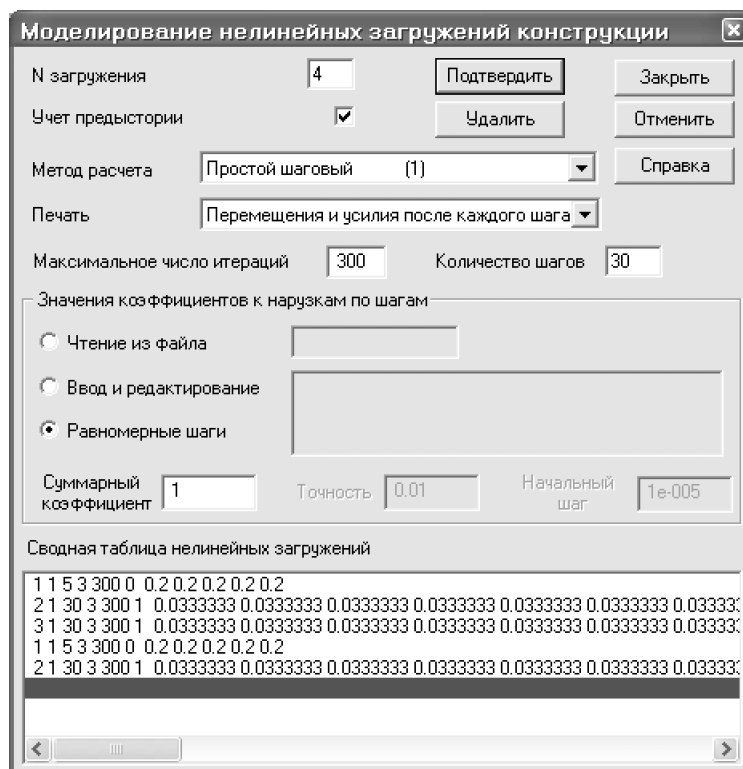


Рис.7.23. Диалоговое окно **Моделирование нелинейных нагрузок конструкции**

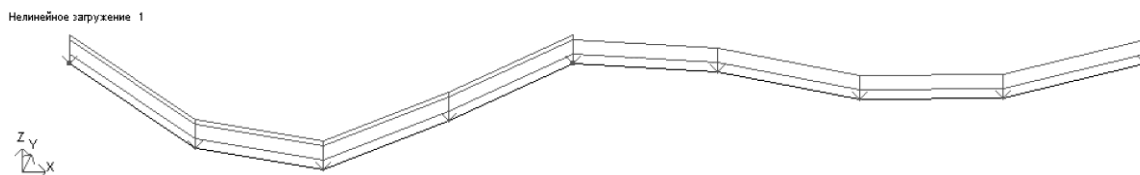
- Для формирования второго нагружения задайте следующие параметры:
 - № нагружения – **2**;
 - установите флажок **Учет предыстории**;
 - в раскрывающемся списке выберите метод расчета – **Простой шаговый (1)**;
 - в раскрывающемся списке **Печать** выберите **Перемещения и усилия после каждого шага**;
 - активизируйте радио-кнопку **Равномерные шаги** и задайте количество шагов **30**;
- Щелкните по кнопке **Подтвердить** (происходит автоматическое переключение на шестую строку).
- Для формирования четвертого нагружения задайте следующие параметры:
 - № нагружения – **4**;
 - установите флажок **Учет предыстории**;
 - в раскрывающемся списке выберите метод расчета – **Простой шаговый (1)**;
 - в раскрывающемся списке **Печать** выберите **Перемещения и усилия после каждого шага**;
 - активизируйте радио-кнопку **Равномерные шаги** и задайте количество шагов **30**;
- Щелкните по кнопке **Подтвердить**.
- Для окончания моделирования нелинейных нагружений, щелкните по кнопке **Заккрыть**.

Этап 7. Физически нелинейный расчет балки

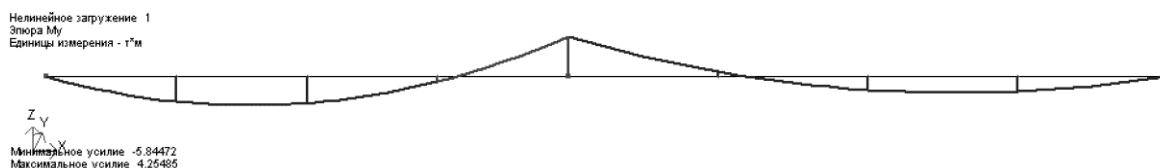
- Запустите задачу на расчет с помощью меню **Режим** ⇒ **Выполнить расчет** (кнопка  на панели инструментов).

Этап 8. Просмотр и анализ результатов расчета

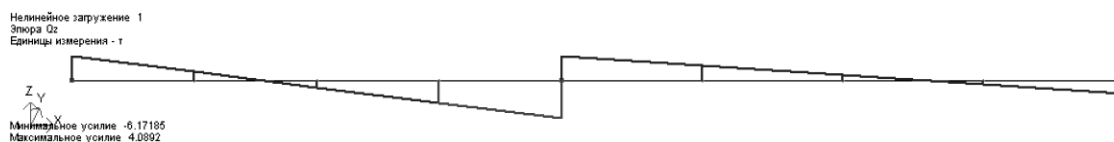
- После расчета задачи, переход в режим результатов расчета осуществляется с помощью меню **Режим** ⇒ **Результаты расчета** (кнопка  на панели инструментов).
- В режиме просмотра результатов расчета по умолчанию расчетная схема отображается с учетом перемещений узлов (рис.7.24). Для отображения схемы без учета перемещений, узлов выполните пункт меню **Схема** ⇒ **Исходная схема** (кнопка  на панели инструментов).

**Рис.7.24.** Расчетная схема балки с учетом перемещений узловВывод на экран эпюр внутренних усилий

- Выведите на экран эпюру M_y (рис.7.25) с помощью меню **Усилия** ⇒ **Эпюры** ⇒ **Эпюры изгибающих моментов (M_y)** (кнопки , а затем  на панели инструментов).

**Рис.7.25.** Эпюры изгибающих моментов M_y

- Для вывода эпюры Q_z (рис.7.26), выполните пункт меню **Усилия** ⇒ **Эпюры** ⇒ **Эпюры поперечных сил (Q_z)** (кнопка  на панели инструментов).

**Рис.7.26.** Эпюры поперечных сил Q_z Смена номера текущего нагружения

- На панели инструментов **Загружения**  смените номер нагружения на **2** и щелкните по кнопке  – **Подтвердить выбор**.

Формирование и просмотр таблицы сведений о состоянии материала

- Для того чтобы вызвать расчетный процессор, закройте все рабочие окна в системе **ЛИР-ВИЗОР**.
- Выполните пункт меню **Расчет** ⇒ **Расчетный процессор** (кнопка  на панели инструментов).
- В диалоговом окне **Параметры расчетного процессора** (рис.7.27) щелкните по кнопке **Таблицы результатов**.

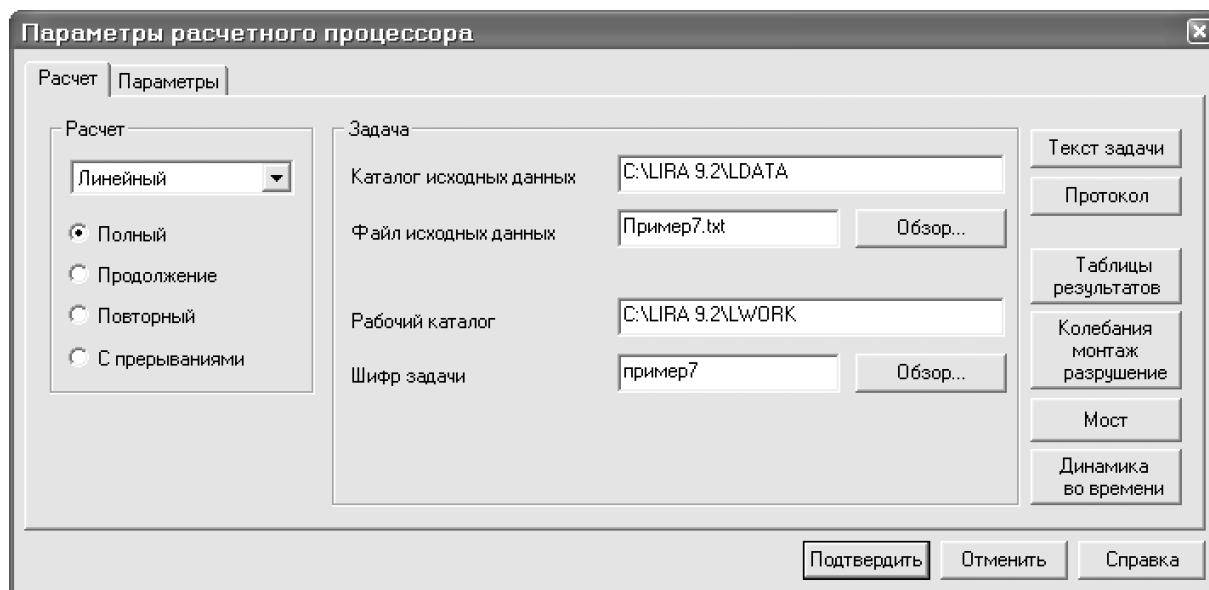


Рис.7.27. Диалоговое окно Параметры расчетного процессора

- В диалоговом окне **Открыть** (рис.7.28) в раскрывающемся списке выберите тип файлов **Состояние материалов (*_13.*)**.
- Выделите файл **Пример7_13.пример7**.
- Щелкните по кнопке **Открыть**.

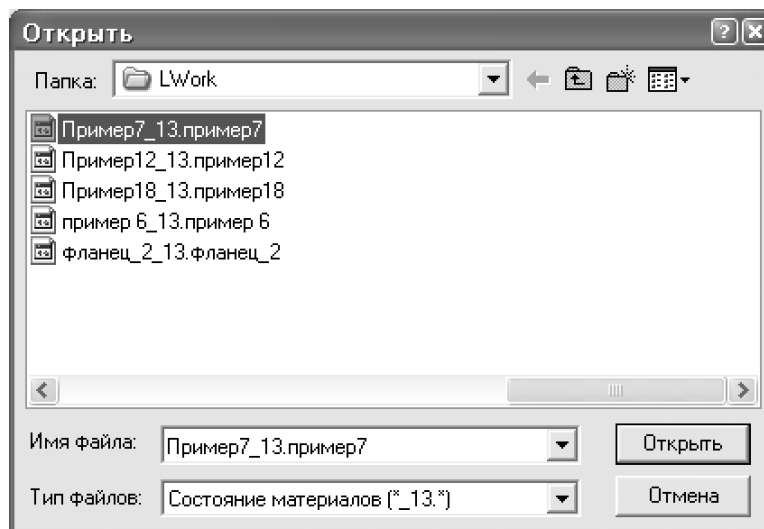


Рис.7.28. Диалоговое окно Открыть

- Для того чтобы закрыть таблицу, выполните пункт меню **Файл ⇒ Выход**.
- В шапке таблицы **Состояние материалов** (рис.7.29) имеются такие позиции:
 - 1 - Номер цепочки.
 - 2 - Номер загрузки, при котором произошло разрушение конструкции.
 - 3 - Шаг на котором произошло разрушение конструкции.
 - 4 - Суммарный коэффициент нагрузки.
 - 5 - Сведения о состоянии материалов.

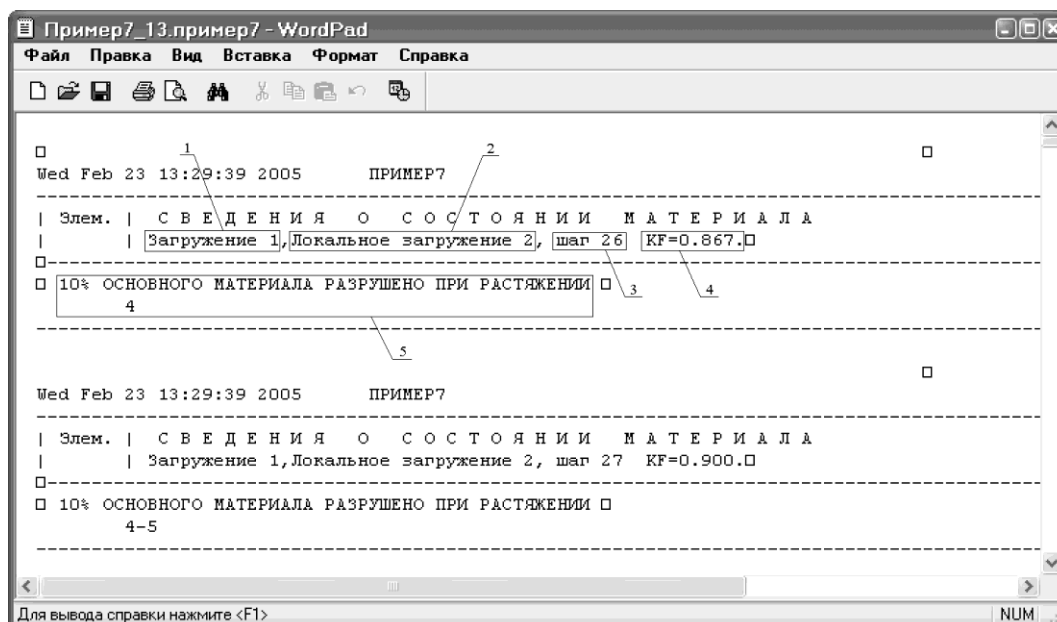


Рис.7.29. Таблица Состояние материалов

Формирование и просмотр таблицы перемещений по шагам

- В диалоговом окне **Параметры расчетного процессора** (рис.7.27) щелкните по кнопке **Таблицы результатов**.
- В диалоговом окне **Открыть** (рис.7.28) в раскрывающемся списке выберите тип файлов **Перемещения по шагам (*_35.*)**.
- Выделите файл **Пример7_35.пример 7**.
- Щелкните по кнопке **Открыть**.
- В шапке таблицы **Перемещения по шагам** (рис. 7.30) имеются такие позиции:
 - 1 - Номер загрузки.
 - 2 - Номер шага.
 - 3 - Суммарный коэффициент приложенной нагрузки.
 - 4 - Направления перемещения узлов.
 - 5 - Нумерация узлов.

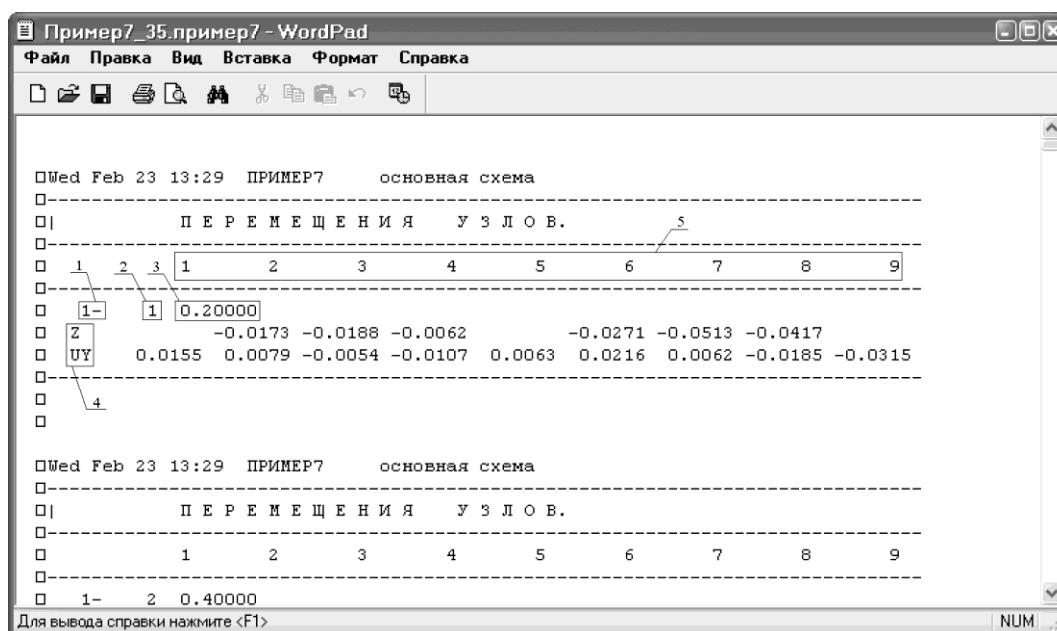


Рис.7.30. Таблица Перемещения по шагам

Формирование и просмотр таблицы усилий по шагам

- В диалоговом окне **Параметры расчетного процессора** (рис.7.27) щелкните по кнопке **Таблицы результатов**.
- В диалоговом окне **Открыть** (рис.7.28) в раскрывающемся списке выберите тип файлов **Усилия (напр.) по шагам (*.36.*)**.
- Выделите файл **Пример7_36.пример7**.
- Щелкните по кнопке **Открыть**.
- В шапке таблицы **Усилия (напряжения) по шагам** (рис.7.31) имеются такие позиции:
 - 1 - Тип конечного элемента.
 - 2 - Номер элемента.
 - 3 - Номер сечения.
 - 4 - Номер загрузки.
 - 5 - Номер шага.
 - 6 - Суммарный коэффициент приложенной нагрузки.
 - 7 - Наименования усилий в стержневых элементах.

Пример7_36.пример7 - WordPad

Файл Правка Вид Вставка Формат Справка

Wed Feb 23 13:29 ПРИМЕР7 основная схема

УСИЛИЯ /НАПРЯЖЕНИЯ/ В ЭЛЕМЕНТАХ.

210	1-1	1-2	2-1	2-2	3-1	3-2	4-1	4-2
2	1	1	2	2	3	3	4	4
1	2	2	3	3	4	4	5	5

1	1	0.20000							
M			0.23900	0.23900	0.21738	0.21738	-0.06485	-0.06485	-0.60770
Q			0.27356	0.08051	0.08051	-0.11253	-0.11253	-0.30558	-0.49863

210	5-1	5-2	6-1	6-2	7-1	7-2	8-1	8-2
	5	5	6	6	7	7	8	8
	6	6	7	7	8	8	9	9

1	1	0.20000								
M			-0.60770	0.05956	0.05956	0.38326	0.38326	0.36341	0.36341	
Q			0.54131	0.31966	0.31966	0.09801	0.09801	-0.12363	-0.12363	-0.34528

Для вывода справки нажмите <F1>

NUM

Рис.7.31. Таблица Усилия (напряжения) по шагам

Пример 8. Расчет мачты в геометрически нелинейной постановке

Цели и задачи:

- составить расчетную схему мачты;
- показать моделирование геометрической нелинейности.

Исходные данные:

Схема рамы и ее закрепление показаны на рис. 8.1.

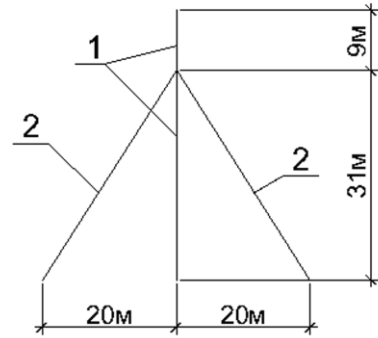
Металлическая мачта высотой 40 м

Сечения элементов мачты:

- стойка - три трубы 133 x 5;
- растяжки - канат, профиль – 20.

Нагрузки:

- загрузка 1 – собственный вес;
сосредоточенная сила $g_1 = 0.15$ тс/м²,
приложенная на два верхних узла;
- загрузка 2 – ветровая нагрузка, II ветровой район, тип местности А.



1 - три трубы 133x5
2 - канат Ø 20

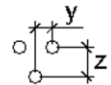


Рис. 8.1. Схема мачты

Для того чтобы начать работу с ПК **ЛИРА**, выполните команду Windows:

Пуск ⇒ **Программы** ⇒ **ЛИРА 9.2** ⇒ **ЛИРА 9.2**.

Этап 1. Создание новой задачи

- Для создания новой задачи выполните пункт меню **Файл** ⇒ **Новый** (кнопка  на панели инструментов).
- В появившемся диалоговом окне **Признак схемы** (рис.8.2) задайте следующие параметры:
 - имя создаваемой задачи – **Пример8** (шифр задачи по умолчанию совпадает с именем задачи);
 - признак схемы – **2 – Три степени свободы в узле (два перемещения и поворот) X0Z**.
- После этого щелкните по кнопке **Подтвердить**.

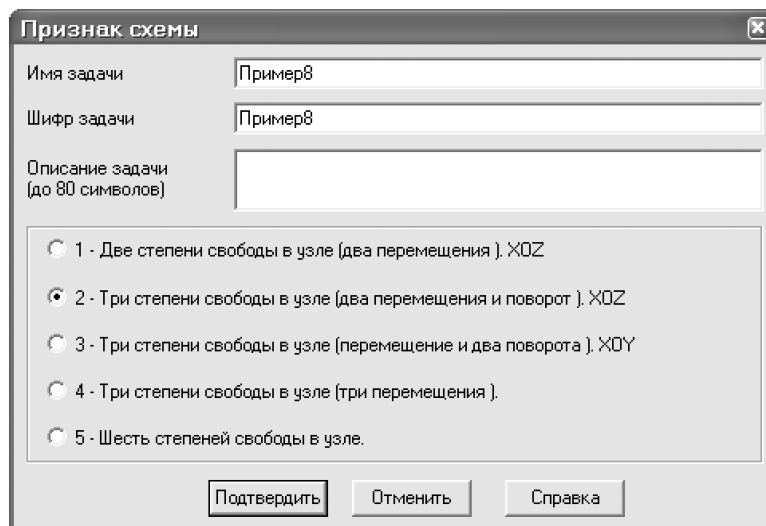
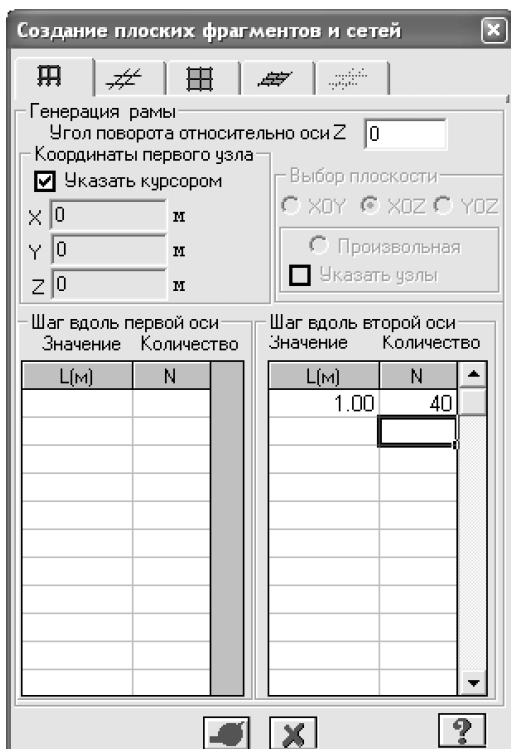


Рис.8.2. Диалоговое окно **Признак схемы**

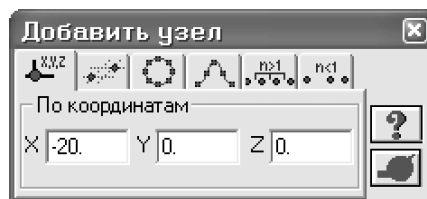
Этап 2.Создание геометрической схемы мачты**Рис.8.3. Диалоговое окно Создание плоских фрагментов и сетей**

- Вызовите диалоговое окно **Создание плоских фрагментов и сетей** с помощью меню **Схема** ⇒ **Создание** ⇒ **Регулярные фрагменты и сети** (кнопка  на панели инструментов).
- В этом диалоговом окне задайте:
 - Шаг вдоль второй оси:

L(м)	N
1	40
 - Остальные параметры принимаются по умолчанию (рис.8.3).
- После этого щелкните по кнопке  – **Применить**.

Задание узлов

- Вызовите диалоговое окно **Добавить узел** (рис.8.4) с помощью меню **Схема** ⇒ **Корректировка** ⇒ **Добавить узел** (кнопка  на панели инструментов).

**Рис.8.4. Диалоговое окно Добавить узел**

- В этом диалоговом окне задайте координаты левого нижнего узла:

X	Y	Z
-20	0	0

- Щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Затем введите координаты правого нижнего узла:

X	Y	Z
20	0	0

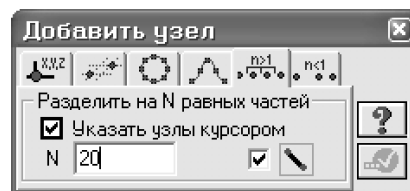
Щелкните по кнопке  – **Применить**.

Вывод на экран номеров узлов

- Выполните пункт меню **Опции** ⇒ **Флаги рисования** (кнопка  на панели инструментов).
- В диалоговом окне **Показать** активизируйте закладку **Узлы** и установите флажок **Номера узлов**.
- Щелкните по кнопке  – **Перерисовать**.

Добавление стержневых элементов

- В диалоговом окне **Добавить узел** перейдите на закладку **Разделить на N равных частей** (рис. 8.5).
- В поле ввода введите значение **N = 20**.
- Укажите последовательно курсором узлы № 42 и № 31, затем узлы № 43 и № 31 (при этом между ними протягивается резиновая нить).

**Рис.8.5. Диалоговое окно Добавить узел**

На рис.8.6 представлена полученная схема.

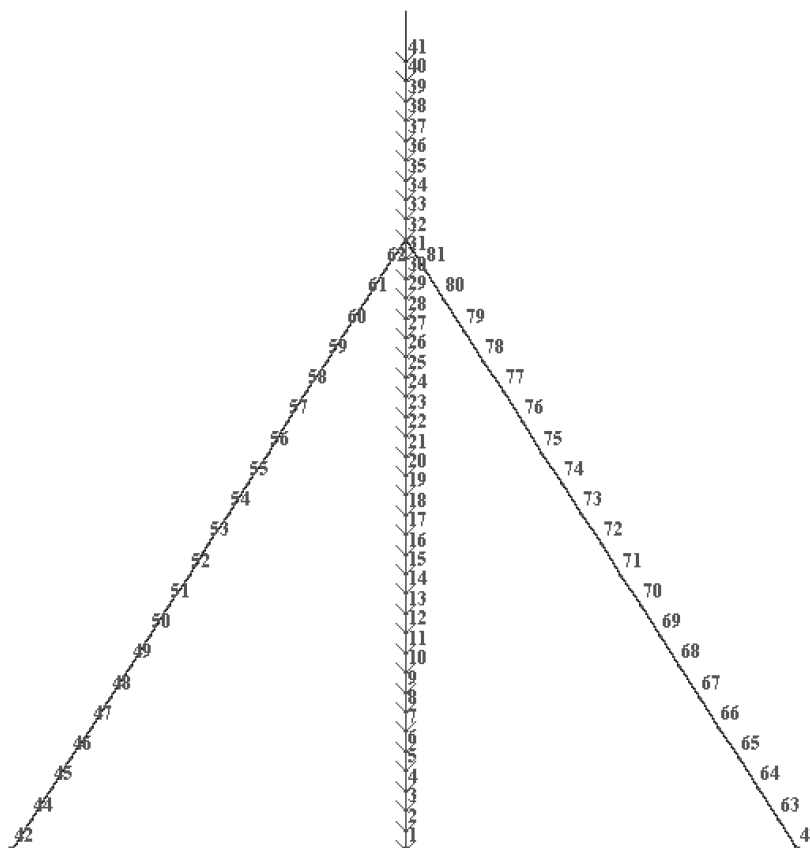


Рис.8.6. Расчетная схема с нумерацией узлов

Сохранение информации о расчетной схеме

- Для сохранения информации о расчетной схеме выполните пункт меню **Файл** ⇒ **Сохранить** (кнопка  на панели инструментов).
- В появившемся диалоговом окне **Сохранить как** задайте:
 - имя задачи – **Пример8**;
 - папку, в которую будет сохранена эта задача (по умолчанию выбирается папка – **LDdata**).
- Щелкните по кнопке **Сохранить**.

Этап 3. Задание граничных условий

Отметка узлов № 42 и 43

- Выполните пункт меню **Выбор** ⇒ **Отметка узлов** (кнопка  на панели инструментов).
- С помощью курсора выделите узлы № 42 (нижний левый) и №43 (нижний правый) (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 № 42 и 43

- С помощью пункта меню **Схема** ⇒ **Связи** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Связи в узлах** (рис.8.7).
- В этом окне, с помощью установки флажков, отметьте направления, по которым запрещены перемещения узлов (**X, Z**).
- После этого щелкните по кнопке  – **Применить** (узлы окрашиваются в синий цвет).

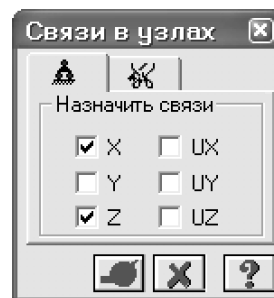


Рис.8.7. Диалоговое окно Связи в узлах

Задание граничных условий в узле № 1

- Выделите узел № 1 с помощью курсора.
- В диалоговом окне **Связи в узлах** отметьте направления, по которым запрещено перемещение узла (**X, Z, UY**).
- Щелкните по кнопке **Применить**.
- Выполните пункт меню **Выбор** ⇒ **Отметка узлов** (кнопка  на панели инструментов), чтобы снять активность с операции отметки узлов.

Этап 4. Смена типа конечного элемента

- Выполните пункт меню **Выбор** ⇒ **Отметка элементов** (кнопка  на панели инструментов).
- С помощью курсора выделите все элементы схемы.
- С помощью меню **Схема** ⇒ **Корректировка** ⇒ **Смена типа конечного элемента** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Смена типа конечного элемента** (рис.8.8).
- Выберите курсором строку **Тип 310 - геометрически нелинейный универсальный пространственный стержневой КЭ (нить)**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.

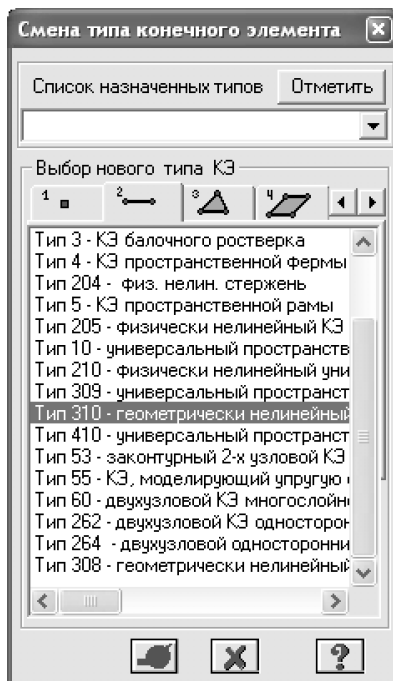


Рис.8.8. Диалоговое окно Смена типа конечного элемента

Этап 5. Задание жесткостных параметров элементам рамы

Формирование типов жесткости

- С помощью меню **Жесткости** ⇒ **Жесткости элементов** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Жесткости элементов** (рис.8.9).
- В этом окне щелкните по кнопке **Добавить** и в библиотеке жесткостных характеристик щелкните по второй закладке **База типовых сечений**.
- Выберите двойным щелчком мыши элемент графического списка - тип сечения **Три трубы**.
- В диалоговом окне **Стальное сечение** выделите курсором строку **ветвь** и задайте параметры сечения **Три трубы** (рис.8.10):
 - в раскрывающемся списке – **Сортамент** выберите позицию – **Труба бесшовная горячекатанная**;
 - в списке – **Профиль** – **133 x 5**.
- Щелкните по кнопке **Стыковка>>**.

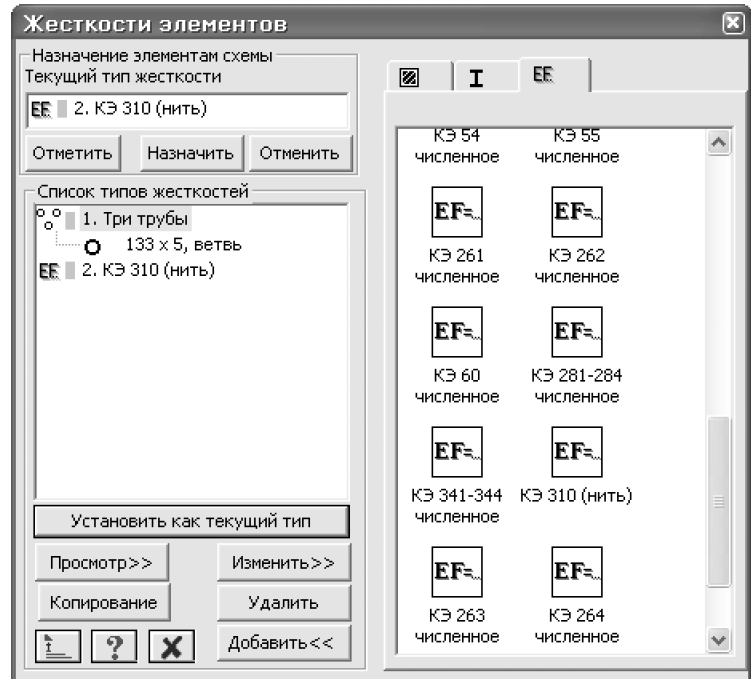


Рис.8.9 Диалоговое окно Жесткости элементов

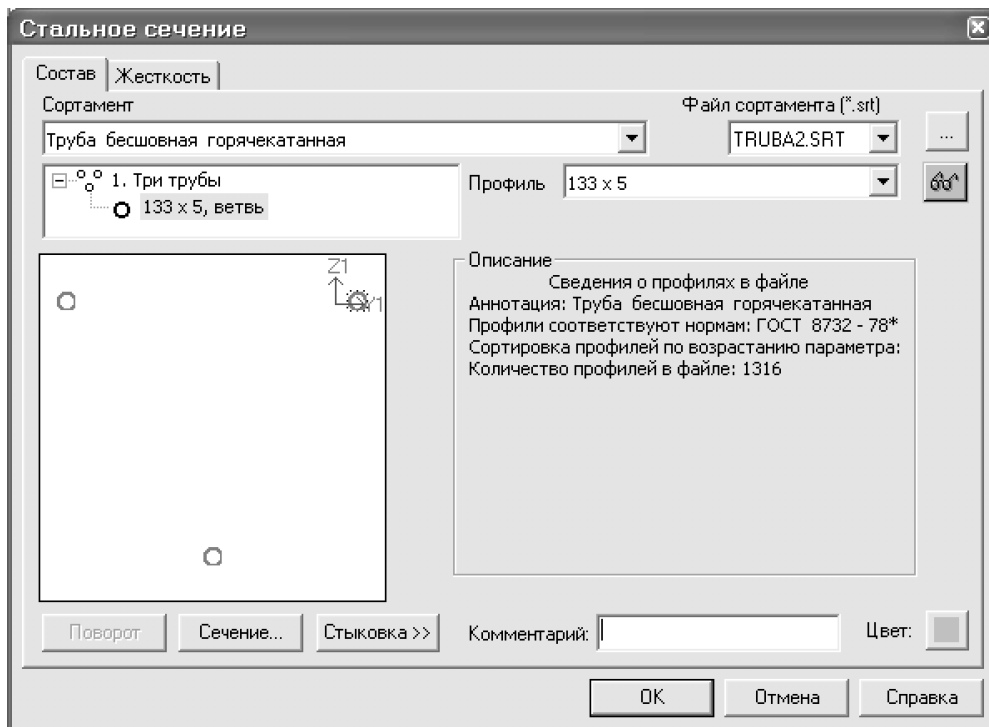


Рис.8.10. Диалоговое окно Стальное сечение

- В диалоговом окне **Стыковка** (рис.8.11) введите значение $Y = 100$ см (значение Z при установленном флажке в поле **Равносторонний треугольник** вычислится автоматически).
- Для ввода данных щелкните по кнопке **ОК**.
- В диалоговом окне **Стальное сечение** щелкните по кнопке **ОК**.
- Далее в диалоговом окне **Жесткости элементов** выберите третью закладку численного описания жесткости.
- Двойным щелчком мыши выберите тип сечения **КЭ 310 (нить)**
- Активизируйте радио-кнопку **Сортамент** в диалоговом окне **Численное описание КЭ 310 (нить)** (рис.8.12).

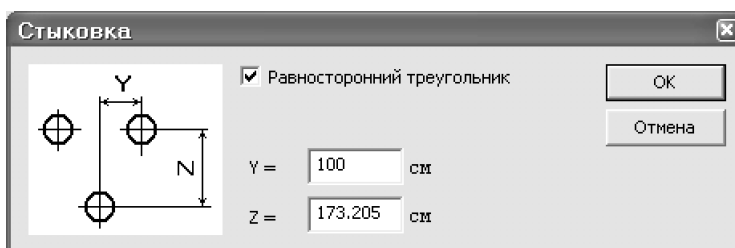


Рис.8.11. Диалоговое окно **Стыковка**

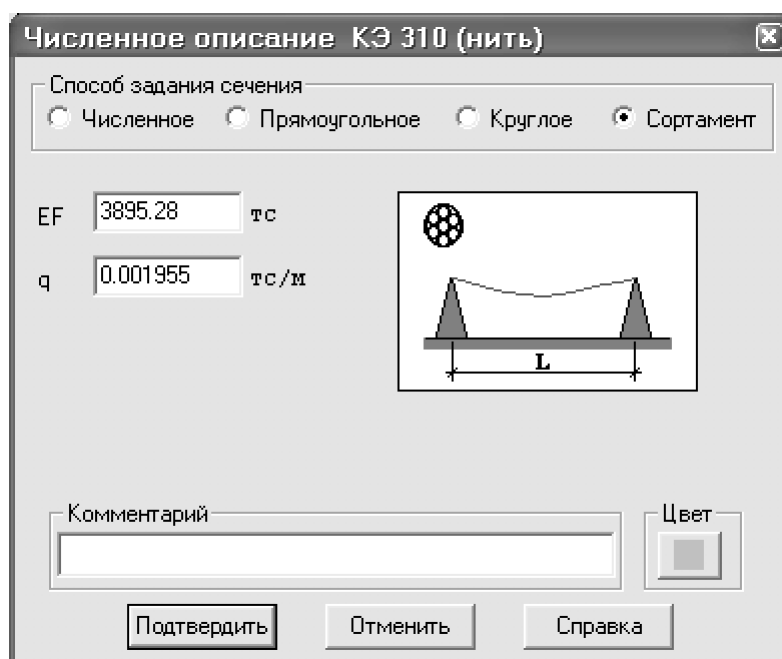


Рис.8.12. Диалоговое окно **Численное описание КЭ 310 (нить)**

- В появившемся диалоговом окне **Стальное сечение** (рис.8.13) задайте параметры сечения **Канат**:
 - в раскрывающемся списке – **Сортамент** выберите позицию – **Канат одинарной свивки типа ТК конструкции 1х37(1+6+12+18)**;
 - в списке – **Профиль** – **20**.
- Для ввода данных щелкните по кнопке **ОК**.



В диалоговое окно **Численное описание КЭ 310(нить)** в поля EF и q будут внесены автоматически вычисленные значения осевой жесткости (EF) и погонного веса (q).

- Щелкните по кнопке **Подтвердить** в диалоговом окне **Численное описание КЭ 310 (нить)**.

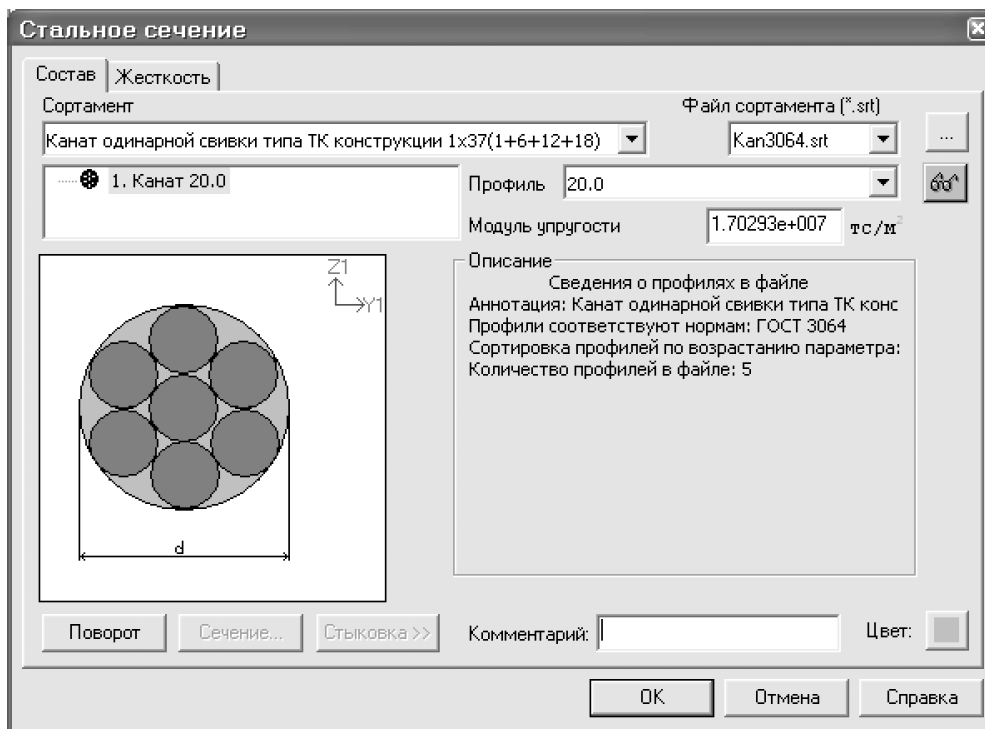


Рис.8.13. Диалоговое окно Стальное сечение

Назначение жесткостей элементам рамы

- В диалоговом окне **Жесткости элементов** в списке типов жесткостей выделите курсором тип жесткости **1.Три трубы**.
- Щелкните по кнопке **Установить как текущий тип** (при этом выбранный тип записывается в окне редактирования **Текущий тип жесткости**. Можно назначить текущий тип жесткости двойным щелчком на строке списка).
- Выполните пункт меню **Выбор** ⇒ **Отметка вертикальных элементов** (кнопка  на панели инструментов).
- Выделите все вертикальные элементы.
- В диалоговом окне **Жесткости элементов** щелкните по кнопке **Назначить** (с элементов снимается выделение. Это свидетельство того, что выделенным элементам присвоена текущая жесткость).
- В списке типов жесткостей выделите курсором тип жесткости **2.КЭ 310 (нить)**.
- Щелкните по кнопке **Установить как текущий тип**.
- Выделите все вертикальные элементы схемы.
- Выполните пункт меню **Вид** ⇒ **Инверсная фрагментация**.
- Выполните пункт меню **Выбор** ⇒ **Отметка элементов** (кнопка  на панели инструментов).
- Выделите все элементы схемы.
- В диалоговом окне **Жесткости элементов** щелкните по кнопке **Назначить**.
- Выполните пункт меню **Вид** ⇒ **Восстановление конструкции**.

Этап 6. Задание нагрузок

Формирование загрузки № 1

- С помощью меню **Нагрузки** ⇒ **Добавить собственный вес** вызовите диалоговое окно **Добавить собственный вес** (рис. 8.14).

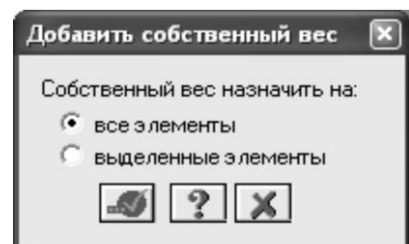


Рис.8.14. Диалоговое окно Добавить собственный вес

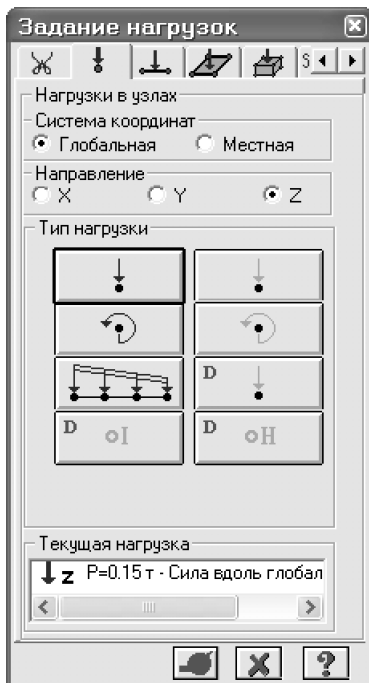


Рис.8.15. Диалоговое окно Задание нагрузок

- При активной радио-кнопке **все элементы**, щелкните по кнопке  - **Применить** (элементы автоматически загружаются нагрузкой собственного веса).
- Выполните пункт меню **Выбор ⇒ Отметка узлов** (кнопка  на панели инструментов).
- С помощью курсора выделите узлы № 40, 41.
- Вызовите диалоговое окно **Задание нагрузок** (рис.8.15) с помощью меню **Нагрузки ⇒ Нагрузка на узлы и элементы** (кнопка  на панели инструментов).
- Радио-кнопками укажите систему координат **Глобальная**, направление – вдоль оси **Z**.
- Щелчком по кнопке сосредоточенной силы вызовите диалоговое окно **Параметры нагрузки** (рис.8.16).
- В этом окне введите значение **P = 0.15 тс**.
- Щелкните по кнопке **Подтвердить**.
- После этого в диалоговом окне **Задание нагрузок** щелкните по кнопке  – **Применить**.



Рис.8.16. Диалоговое окно Параметры местной нагрузки

Формирование загрузки № 2

- Смените номер текущего нагружения, вызвав диалоговое окно **Активное нагружение** (рис. 8.18) с помощью меню **Нагрузки ⇒ Выбор нагружения** (кнопка  на панели инструментов).
- В этом диалоговом окне задайте номер нагружения **2**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.

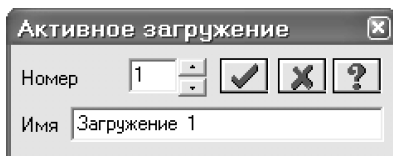


Рис.8.17. Диалоговое окно Активное нагружение

- С помощью меню **Выбор ⇒ ПолиФильтр** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **ПолиФильтр** (рис.8.19).
 - В этом окне активизируйте вторую закладку **Фильтр для элементов**.
 - Установите флажок в поле **По номерам КЭ** и в активизированном поле введите номера элементов **1 – 10**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.

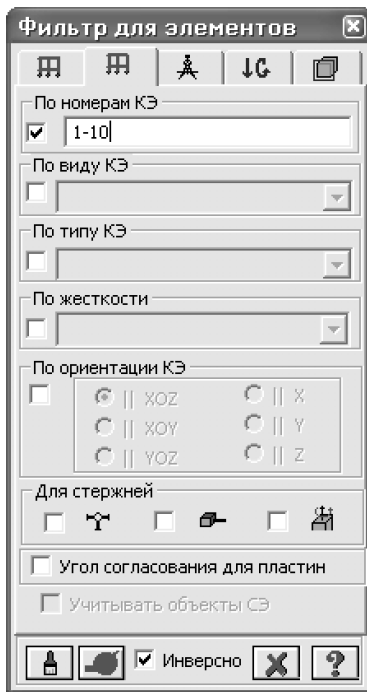


Рис.8.18. Диалоговое окно
Фильтр для элементов

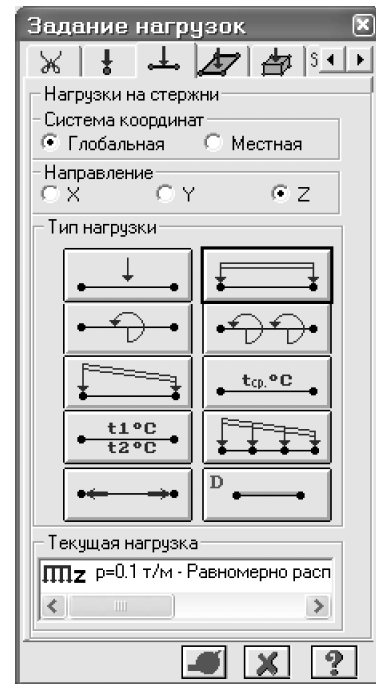


Рис.8.19. Диалоговое окно
Задание нагрузок

- В диалоговом окне **Задание нагрузок** (рис.8.19) активизируйте закладку **Нагрузки на стержни**.
- Затем радио-кнопками укажите систему координат **Глобальная**, направление – вдоль оси **X**.
- Щелчком по кнопке равномерно распределенной нагрузки вызовите диалоговое окно **Параметры местной нагрузки**.
- В этом окне задайте интенсивность нагрузки $P = 0.1$ тс/м.
- Щелкните по кнопке **Подтвердить**.
- После этого в диалоговом окне **Задание нагрузок** щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Выделите с помощью **ПолиФильтра** элементы № 11 – 20 (см. описание выше).
- В диалоговом окне **Задание нагрузок** щелчком по кнопке трапецевидной нагрузки на группу узлов вызовите диалоговое окно **Неравномерная нагрузка** (рис.8.20).

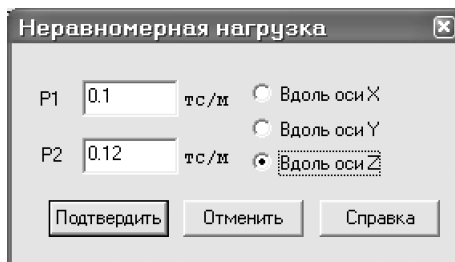


Рис.8.20. Диалоговое окно
Неравномерная нагрузка

- В этом окне задайте интенсивность $P1 = 0.1$ тс/м, $P2 = 0.12$ тс/м.
- Радио-кнопкой укажите направление изменения величины нагрузки – **Вдоль оси Z**.
- Щелкните по кнопке **Подтвердить**.
- После этого в диалоговом окне **Задание нагрузок** щелкните по кнопке **Применить**.
- Выделите с помощью **ПолиФильтра** элементы № 21 – 40 (см. описание выше).
- В диалоговом окне **Задание нагрузок** щелчком по кнопке трапецевидной нагрузки на группу узлов

вызовите диалоговое окно **Неравномерная нагрузка** (аналогично рис.8.20).

- В этом окне задайте интенсивность $P1 = 0.12$ тс/м, $P2 = 0.15$ тс/м, направление – вдоль оси **Z**.
- Щелкните по кнопке **Подтвердить**.
- После этого в диалоговом окне **Задание нагрузок** щелкните по кнопке **Применить**.

Этап 7. Моделирование нелинейных нагружений

- С помощью меню **Нагрузки** ⇒ **Моделирование нелинейных нагружений** вызовите диалоговое окно **Моделирование нелинейных нагружений конструкции** (рис. 8.21), в котором задайте следующие параметры:
- Для формирования Загружения 1 задайте:
 - № загрузки – **1**;
 - Метод расчета – **Автоматический выбор шага (2)**;
 - Печать – **Перемещения и усилия после каждого шага**.
- Щелкните по кнопке **Подтвердить**.
- Для формирования Загружения 2 задайте:
 - № загрузки – **2**;
 - установите флажок в поле **Учет предистории**;
 - Метод расчета – **Автоматический выбор шага (2)**;
 - Печать – **Перемещения и усилия после каждого шага**.
- Щелкните по кнопке **Подтвердить**.
- Щелкните по кнопке **Заккрыть**.

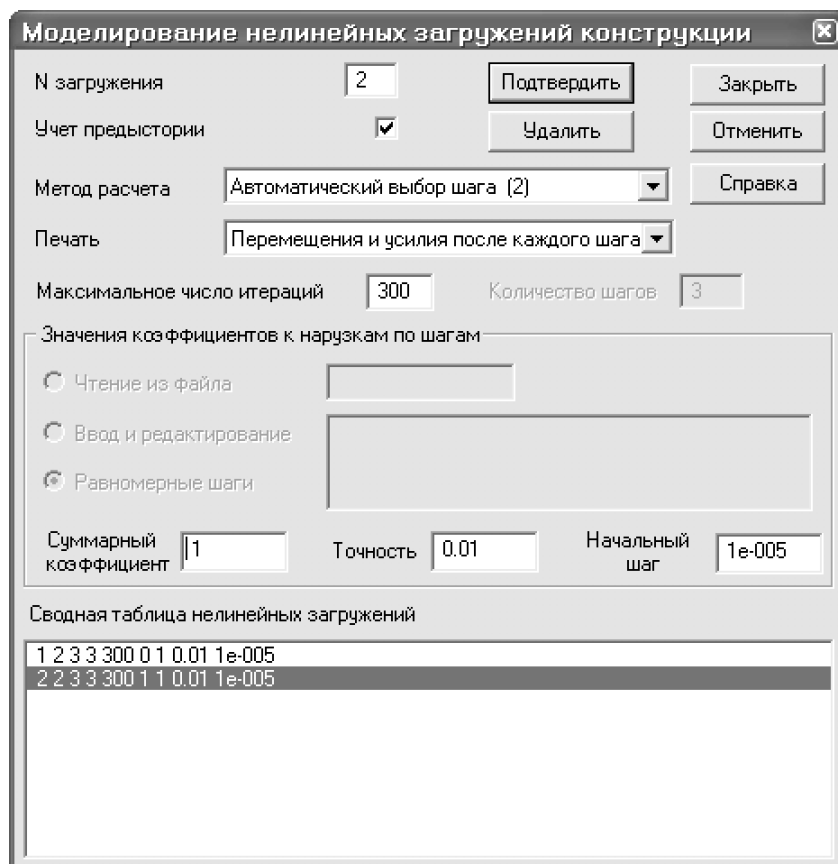


Рис.8.21. Диалоговое окно **Моделирование нелинейных нагружений конструкции**

Этап 8. Геометрически нелинейный расчет мачты

- Запустите задачу на расчет с помощью меню **Режим** ⇒ **Выполнить расчет** (кнопка  на панели инструментов).

Этап 9. Просмотр и анализ результатов расчета

- После расчета задачи, переход в режим результатов расчета осуществляется с помощью меню **Режим** ⇒ **Результаты расчета** (кнопка  на панели инструментов).
- В режиме просмотра результатов расчета по умолчанию расчетная схема отображается с учетом перемещений узлов (рис. 8.22). Для отображения схемы без учета перемещений узлов выполните пункт меню **Схема** ⇒ **Исходная схема** (кнопка  на панели инструментов).

Нелинейное нагружение 1

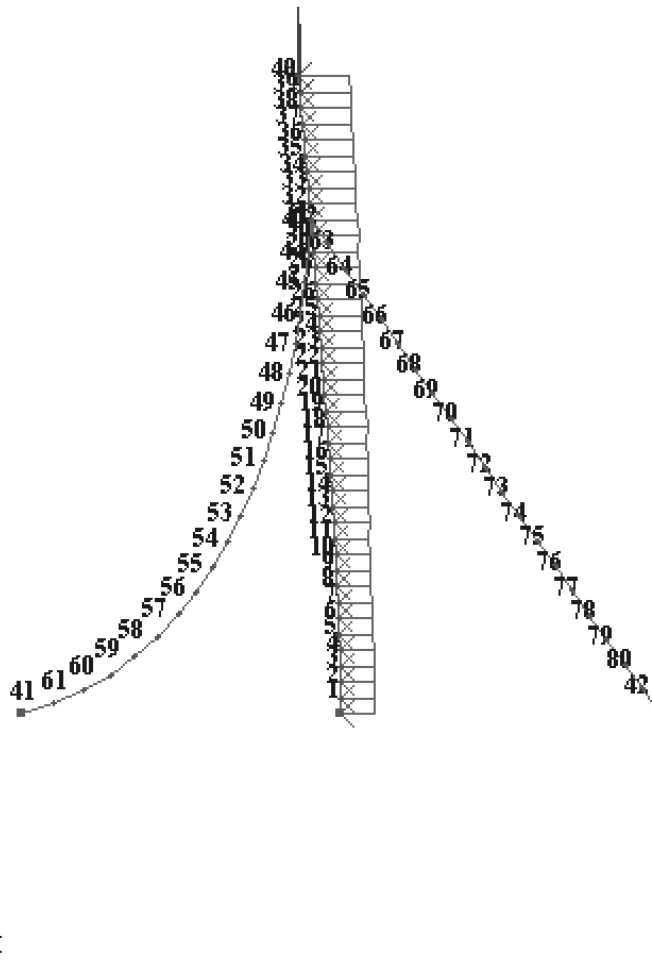


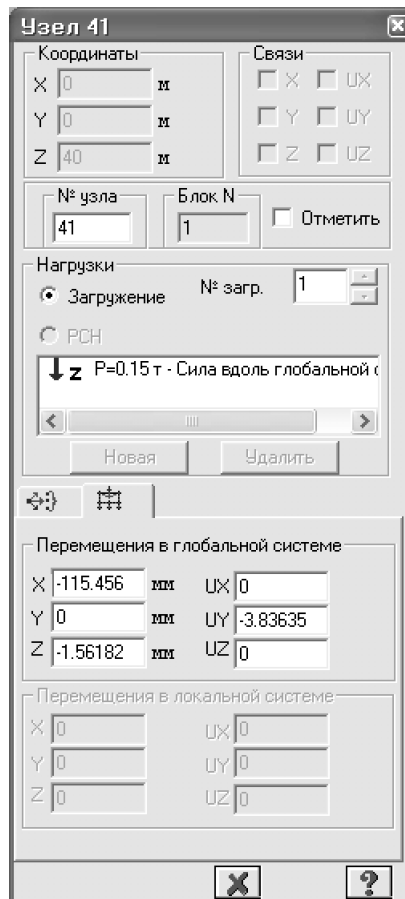
Рис.8.22. Деформированная схема

Вывод на экран мозаики перемещений и усилий

- Выведите на экран мозаику перемещений с помощью меню **Деформации** ⇒ **В глобальной системе** ⇒ **Узловые перемещения** ⇒ **Мозаика перемещений по X** (кнопки  , а затем  на панели инструментов).
- Выведите на экран мозаику усилий **N** с помощью меню **Усилия** ⇒ **Эпюры** ⇒ **Мозаика N** (кнопки  , затем  на панели инструментов).

Вывод информации о выбранном узле

- Активируйте команду вывода информации об узле с помощью меню **Выбор ⇒ Информация об узле или элементе** (кнопка  на панели инструментов).
- Укажите курсором на узел № 41 и щелкните левой кнопкой мыши. Открывается диалоговое окно **Узел 41** (рис.8.23), которое содержит № узла, № загрузки и величину нагрузки на заданный узел, значения перемещений узла в глобальной системе координат.



Узел 41

Координаты: X 0 м, Y 0 м, Z 40 м

Связи: ☐ X, ☐ UX, ☐ Y, ☐ UY, ☐ Z, ☐ UZ

№ узла: 41, Блок N: 1, ☐ Отметить

Нагрузки: ☒ Загрузка, № загр.: 1, ☐ РСН

↓ z P=0.15 т - Сила вдоль глобальной с

Новая, Удалить

Перемещения в глобальной системе: X -115.456 мм, UX 0, Y 0 мм, UY -3.83635, Z -1.56182 мм, UZ 0

Перемещения в локальной системе: X 0, UX 0, Y 0, UY 0, Z 0, UZ 0

Рис.8.23. Диалоговое окно **Информация об узле № 41**

Вывод информации о выбранном элементе

- Укажите курсором на элемент № 1 и щелкните левой кнопкой мыши. Открывается диалоговое окно **Элемент 1** (рис.8.24).
- Установите флажок **Эпюры**.



Окно содержит номер элемента, номера входящих в него узлов, тип жесткости, библиотечный тип конечного элемента, указатель отметки элемента на схеме, угол согласования местных осей, номер блока, в который входит рассматриваемый элемент, длину и координаты центра тяжести элемента в глобальной системе координат, номер загрузки, № сечения (для стержней).

Окно содержит следующие закладки:

- список заданных нагрузок;
- параметры жестких вставок;
- наличие и направление шарниров;
- угол вращения местных осей;

- значения усилий в сечении стержня в текущем нагружении.
Установленный флажок **Эпюры** позволяет получить эпюры усилий и прогибов в текущем стержневом элементе, отображаемые в окне навигатора эпюр (рис. 8.25).
Щелчок по кнопке с наименованием эпюры в окне навигатора эпюр позволяет убрать или добавить соответствующую эпюру.

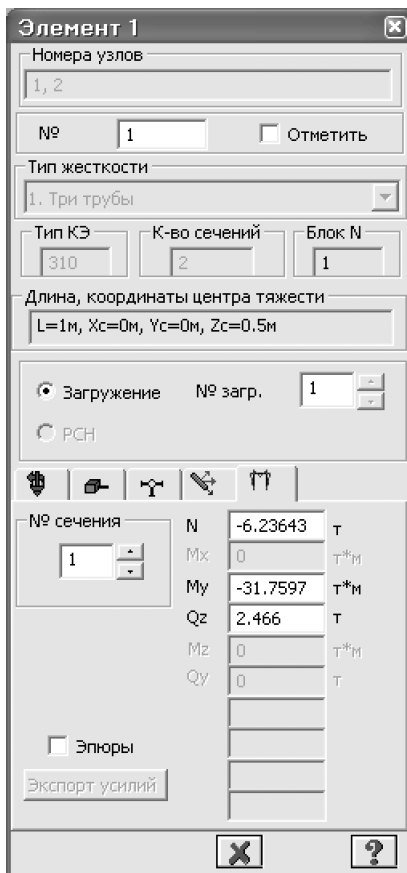


Рис.8.24. Диалоговое окно
Информация об элементе № 1

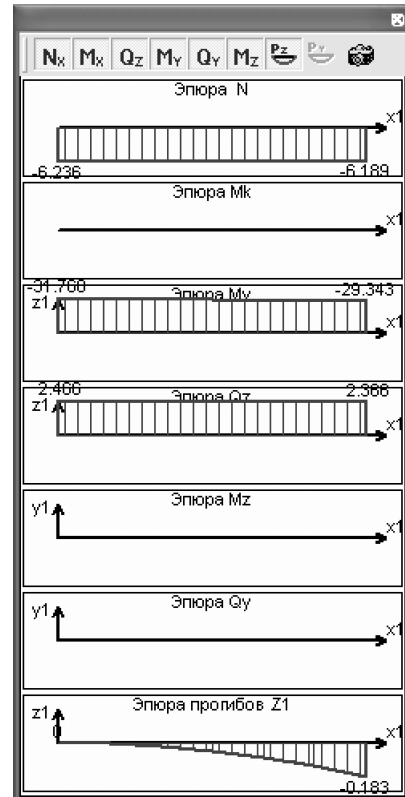


Рис.8.25. Эпюры усилий в стержневом
элементе №1

Формирование и просмотр таблиц результатов расчета

- Для вывода на экран таблицы со значениями расчетных сочетаний усилий в элементах схемы выполните пункт меню **Окно** ⇒ **Стандартные таблицы**.
- После этого в диалоговом окне **Стандартные таблицы** (рис. 8.26) выделите строку **Протокол решения**.
- Щелкните по кнопке **Создать** (для создания таблиц в формате HTML нужно установить флажок **HTML-формат**).
- Для того чтобы закрыть таблицу, выполните пункт меню **Файл** ⇒ **Заккрыть**.

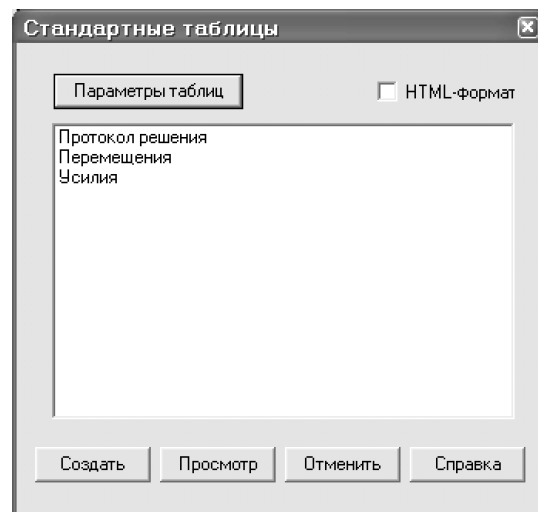


Рис.8.26. Диалоговое окно **Стандартные таблицы**

Литература

1. Лантух-Лященко А.И. ЛИРА. Программный комплекс для расчета и проектирования конструкций. – Учебное пособие. К.-М.:2001. – 312 с.
2. ПК ЛИРА, версия 9. Программный комплекс для расчета и проектирования конструкций. Справочно-теоретическое пособие под ред. Академика АИН Украины А.С. Городецкого. К.-М.:2003. – 464 с.
3. А.С. Городецкий, В.С. Шмуклер, А.В. Бондарев. Информационные технологии расчета и проектирования строительных конструкций. Учебное пособие: - Харьков: - НТУ"ХПИ", 2003. –889 с.

**М.С. Барабаш
Ю.В. Гензерский
Д.В. Марченко
В.П. Титок**

ЛИРА 9.2
Примеры расчета и проектирования
Учебное пособие

ISBN 966-8408-83-7

Подписано в печать 24.03.2005. Формат 84 × 108/16.
Печать офсетная. Бумага офсетная. Гарнитура Times.
Усл. печ. листов 8,72.

Издательство «ФАКТ», Киев –80, а/я 76