

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. БИБЛИОТЕКА СТЕРЖНЕВЫХ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПК «ЛИРА-САПР 2011».....	64
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ОСНОВНЫЕ КОМАНДЫ ПК «ЛИРА-САПР 2011».....	65
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. ОСНОВНЫЕ ВАРИАНТЫ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ОПОРНЫХ УЗЛОВ ДЛЯ ПЛОСКИХ СИСТЕМ.....	68
ПРИЛОЖЕНИЕ 4. ПРОЦЕДУРА СОЗДАНИЯ И УДАЛЕНИЯ ШАРНИРОВ В ВАЛКАХ И РАМАХ.....	69
ПРИЛОЖЕНИЕ 5. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ.....	70
ПРИЛОЖЕНИЕ 6. ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ 1.....	75
ПРИЛОЖЕНИЕ 7. ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ 2.....	82
ПРИЛОЖЕНИЕ 8. ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ 3.....	84

Учебное пособие

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет»

## РАСЧЕТ СТРОИТЕЛЬНЫХ СТЕРЖНЕВЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ПК «ЛИРА-САПР 2011»

Учебное пособие

Чудинов Юрий Николаевич

Научный редактор – канд. техн. наук, доцент С. Д. Чижимов

Редактор Ю. Н. Осинцева

Подписано в печать 08.02.2013.

Формат 60 × 84 1/16. Бумага 65 г/м<sup>2</sup>. Ризограф EZ570E.

Усл. печ. л. 5,34. Уч.-изд. л. 5,11. Тираж 75 экз. Заказ 25359.

Редационно-издательский отдел  
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего профессионального образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет»  
681013, Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27.

Полиграфическая лаборатория  
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего профессионального образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет»  
681013, Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27.

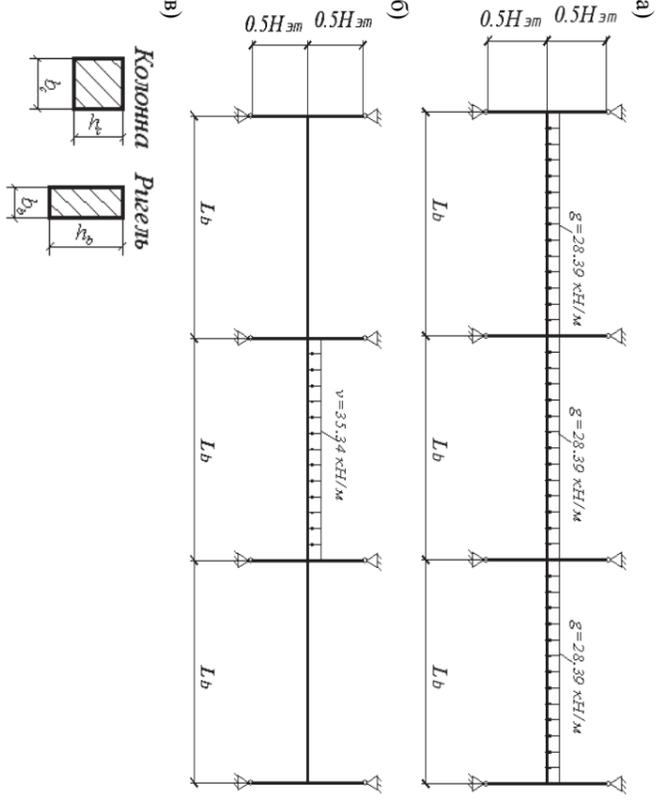


Рис. П8.1. Схема рамы (полный каркас): а – первый вариант загрузки; б – второй вариант загрузки; в – сечение элементов

### Исходные данные:

- 1) пролет рамы (длина ригеля)  $L_b = 7 \text{ м}$ ;
- 2) высота этажа (длина колонны)  $H_{эт} = 4,2 \text{ м}$ ;
- 3) сечение колонны  $h_c = b_c = 0,4 \text{ м}$ ;
- 4) сечение ригеля  $h_b = 0,25 \text{ м}$ ,  $b_b = 0,6 \text{ м}$ ;
- 5) класс бетона ригеля и колонны В25;
- 6) класс бетона колонны В25.

Модуль упругости для класса бетона В25 равен  $E = 27000 \text{ МПа} = 27000000 \text{ КПа}$ .

УДК 517.958:624.01(07)	
ББК 38.112я7	
Ч-842	
Учебное пособие «Механика» ФГБОУ ВПО «Забайкальский государственный университет», зав. кафедрой, д-р техн. наук, профессор В. М. Герасимов, А. И. Туров, канд. техн. наук, зав. кафедрой «Инженерные конструкции» ФГБОУ ВПО «Дальневосточный государственный аграрный университет»	
<i>Рецензенты:</i>	
Кафедра «Механика» ФГБОУ ВПО «Забайкальский государственный университет», зав. кафедрой, д-р техн. наук, профессор В. М. Герасимов, А. И. Туров, канд. техн. наук, зав. кафедрой «Инженерные конструкции» ФГБОУ ВПО «Дальневосточный государственный аграрный университет»	
УДК 517.958:624.01(07)	
ББК 38.112я7	
Ч-842	
Расчет строительных стержневых конструкций в ПК «ЛИРА-САПР 2011» : учеб. пособие / Ю. Н. Чулинов. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВПО «КНАГТУ», 2013. – 88 с.	
ISBN 978-5-7765-0953-7	
Учебном пособии изложены основные возможности ПК «ЛИРА-САПР 2011» по созданию математических моделей строительных стержневых конструкций и их расчету. Приводятся примеры расчета строительных конструкций, наиболее часто применяемых на практике: балок, ферм, рам. Подробно рассмотрены алгоритмы решения задач. Рассмотрены наиболее типичные ошибки, встречающиеся на практике у начинающих пользователей ПК «ЛИРА-САПР 2011».	
Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлению «Строительство». Может быть полезно для специалистов, работающих в области проектирования зданий и сооружений.	
УДК 517.958:624.01(07)	
ББК 38.112я7	
© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет», 2013	
2.1. Краткие сведения об определении внутренних усилий в балках	23
2.2. Пример расчета балки	25
2.2.1. Исходные данные	25
2.2.2. Порядок расчета балки	26
2. РАСЧЕТ БАЛОК В ПК «ЛИРА-САПР 2011»	23
3.1. Общие сведения	32
3.2. Пример расчета плоской рамы	33
3.2.1. Исходные данные	33
3.2.2. Порядок расчета плоской рамы	35
4. КОНСТРУКТИВНЫЙ РАСЧЕТ СТАЛЬНЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПК «ЛИРА-САПР 2011»	42
4.1. Основные типы стержневых конечных элементов в ПК «ЛИРА-САПР 2011»	43
4.2. Нормативные и расчетные нагрузки	44
4.3. Расчетные сочетания нагрузок	47
4.3.1. Формирование таблицы расчетных сочетаний усилий	48
4.3.2. Вычисление расчетных сочетаний усилий	51
4.3.3. Формирование таблицы расчетных сочетаний нагрузок	53
4.4. Конструктивный расчет стальных элементов	55
4.5. Конструктивный расчет железобетонных элементов	58
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	69
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	69
ОГЛАВЛЕНИЕ	
ВВЕДЕНИЕ	5
1. РАСЧЕТ ПЛОСКИХ ФЕРМ В ПК «ЛИРА-САПР 2011»	11
1.1. Начало работы в ПК «ЛИРА-САПР 2011»	11
1.2. Основные расчетные схемы в ПК «ЛИРА-САПР 2011»	11
1.3. Основные этапы расчета плоских ферм в ПК «ЛИРА-САПР 2011»	11
1.4. Особенности работы в различных режимах ПК «ЛИРА-САПР 2011»	11
1.5. Пример расчета плоской фермы	13
1.5.1. Исходные данные	13
1.5.2. Порядок расчета фермы	15
2. РАСЧЕТ БАЛОК В ПК «ЛИРА-САПР 2011»	23
3. РАСЧЕТ ПЛОСКИХ РАМ В ПК «ЛИРА-САПР 2011»	32
4. КОНСТРУКТИВНЫЙ РАСЧЕТ СТАЛЬНЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПК «ЛИРА-САПР 2011»	42

Рис. П8.3. Эпюры внутренних усилий:  
а – изгибающих моментов M (кН · м);  
б – поперечных сил Q (кН)

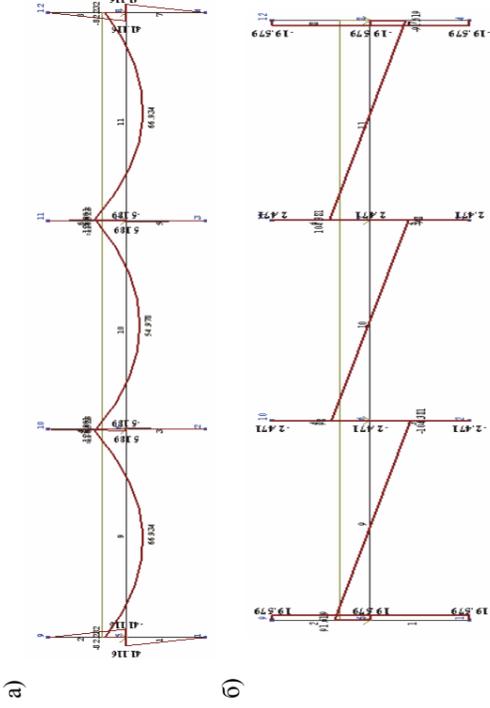
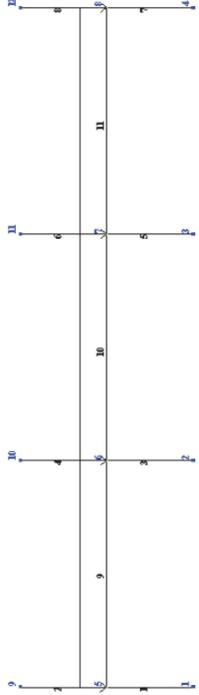


Рис. П8.2. Нумерация конечных элементов и узлов  
Ниже на приведены эпюры внутренних усилий: на рис. П8.3 – для всех элементов рамы, на рис. П8.4 – для конечного элемента № 9.



Результаты расчета.  
Все результаты расчетов импортированы из ПК ЛИРА-САПР в программу MathCAD.  
На рис. П8.2 приведена расчетная схема плоской рамы с нумерацией КЭ и узлов.

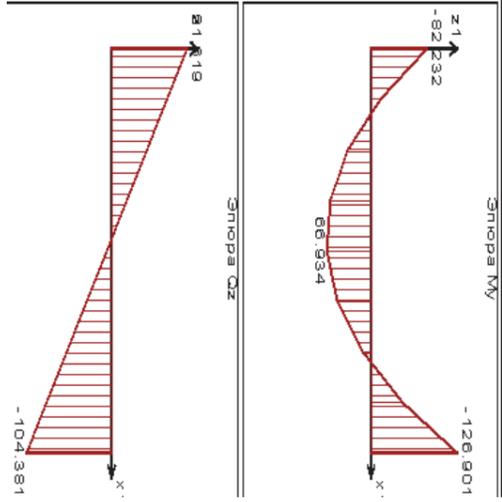


Рис. П8.4. Эпюры внутренних усилий для элемента №9 (загружение №1 – постоянная нагрузка)

На рис. П8.5 приведены значения усилий в табличном виде для КЭ № 9 для двух вариантов нагружения.

а)

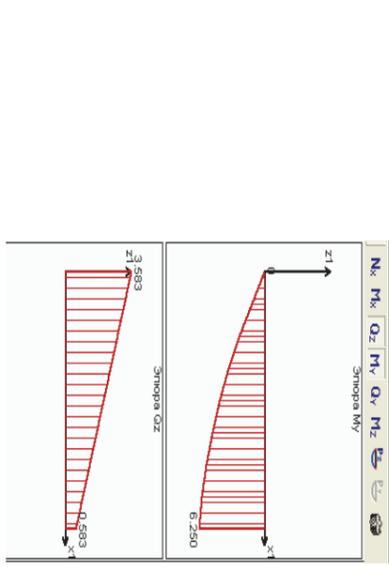
Таблица усилий		Усилия						Тип элем	В загруз
В элем	В сечен	N (кН)	МК (кН*м)	МУ (кН*м)	Оz (кН)	Мz (кН*м)	ОУ (кН)		
9	1	0,000	0,000	-82,232	91,619	0,000	0,000	10	1
9	2	0,000	0,000	-126,901	-104,381	0,000	0,000	10	1

б)

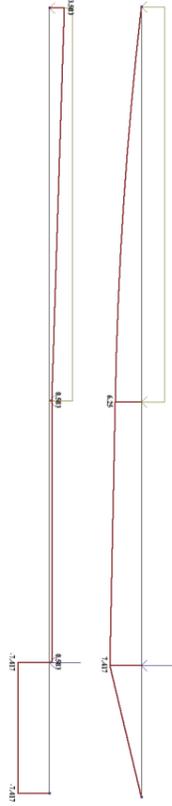
Таблица усилий		Усилия						Тип элем	В загруз
В элем	В сечен	N (кН)	МК (кН*м)	МУ (кН*м)	Оz (кН)	Мz (кН*м)	ОУ (кН)		
9	1	0,000	0,000	12,931	-6,781	0,000	0,000	10	2
9	2	0,000	0,000	-34,538	-6,781	0,000	0,000	10	2

Рис. П8.5. Таблицы внутренних усилий для элемента № 9:  
а – нагружение № 1 – постоянная нагрузка;  
б – нагружение № 2 – временная нагрузка





Эпюры моментов и поперечных сил в элементе №1



Эпюры внутренних усилий балки (M, Q)

№ элем	№ сечен	Усилия			
		N (кН)	Mx (кН*м)	My (кН*м)	Qz (кН)
1	1	0.000	0.000	0.000	3.583
1	2	0.000	0.000	6.250	0.583
2	1	0.000	0.000	6.250	0.583
2	2	0.000	0.000	7.417	0.583
3	1	0.000	0.000	7.417	-7.417
3	2	0.000	0.000	0.000	-7.417

Таблица внутренних усилий балки

Окна задания жесткостей элементов



Расчетная схема балки в ПК «ЛИРА»

## ПРИЛОЖЕНИЕ 7

### ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ 2

Министерство образования и науки Российской Федерации  
 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования  
 «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет»

Факультет кадастра и строительства  
 Кафедра «Строительство и архитектура»

#### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2

по дисциплине «Практикум по компьютерной технике»

Статический расчет балки в ПК «ЛИРА-SAPR 2011»

Вариант 25

Студент группы 5ПС-1

Преподаватель

А.Н. Николаев

Ю.Н. Чудинов

Необходимо четко понимать разницу термина «узел», принимаемого в МКЭ и в теории строительных конструкций.  
 В МКЭ понятие «узел» означает объект (точку), в котором стыкуются отдельные конечные элементы (КЭ). В зависимости от признака расчетной схемы, узел обладает различным числом степеней свободы (от 1 до 6). Под степенью свободы в МКЭ понимается линейное перемещение или угол поворота сечения.  
 В строительных конструкциях термин «узел фермы» означает конструктивное решение сопряжения отдельных элементов фермы. Например, в стальных фермах элементы соединяются обычно сваркой с помощью фансонов (специальных стальных листов-накладок, см. рис. 1.1, з).  
 Наиболее точно конструкция такого узла, как и большинства узлов железобетонных и деревянных ферм, моделирует жесткое сопряжение элементов.

При расчете методом конечных элементов (МКЭ) стержневые конструкции представляются в виде совокупности конечных элементов, соединенных между собой в узловых точках. При расчете стержневых систем каждый стержень погонного сечения принимается за отдельный элемент.  
 На рис. 1.1 приведена геометрическая модель, рассчитываемая ниже в примере плоской фермы. Модель фермы состоит из 37 конечных элементов, соединенных в 20 узлах (см. рис. 1.1, а).

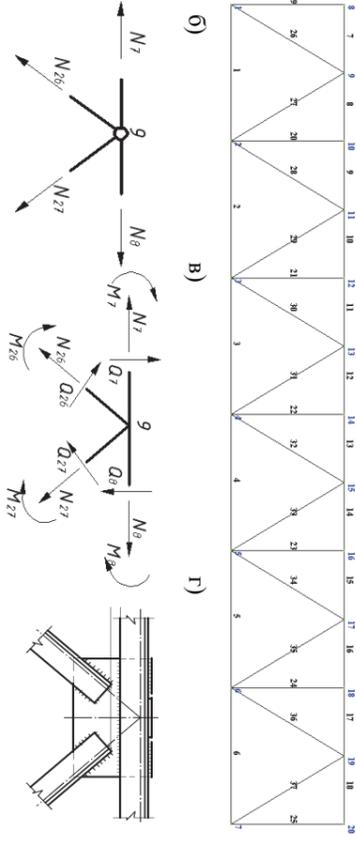


Рис. 1.1. Плоская ферма: а – геометрическая модель плоской фермы; б – усилия в шарнирном узле фермы; в – усилия в жестком узле фермы; г – узел стальной фермы

При шарнирном сопряжении в элементах фермы возникают только продольные силы  $N$ , а при жестком сопряжении – продольные силы  $N$ , поперечные силы  $Q$ , изгибающие моменты  $M$  (см. рис. 1.1, б, в).

Однако, как показал опыт расчетов, продольные силы  $N$  в стержнях ферм при узловой передаче усилий, определенные с учетом жесткости узлов, и продольные силы  $N$ , определенные по шарнирной схеме, обычно отличаются не более чем на несколько процентов, а поперечные силы  $Q$  и изгибающие моменты  $M$ , рассчитанные с учетом жесткости узлов, имеют малые значения.

Поскольку выполнять расчет во втором случае значительно легче, жесткостью узлов фермы пренебрегают, и расчет ведут по шарнирной схеме. Иными словами, при расчете фермы все ее узлы считают идеальными шарнирами и основной расчетной схемой является схема с шарнирным сопряжением элементов.

## 1. РАСЧЕТ ПЛОСКИХ ФЕРМ В ПК «ЛИРА-SAPR 2011»

При расчете методом конечных элементов (МКЭ) стержневые конструкции представляются в виде совокупности конечных элементов, соединенных между собой в узловых точках. При расчете стержневых систем каждый стержень погонного сечения принимается за отдельный элемент.

На рис. 1.1 приведена геометрическая модель, рассчитываемая ниже в примере плоской фермы. Модель фермы состоит из 37 конечных элементов, соединенных в 20 узлах (см. рис. 1.1, а).

При шарнирном сопряжении в элементах фермы возникают только продольные силы  $N$ , а при жестком сопряжении – продольные силы  $N$ , поперечные силы  $Q$ , изгибающие моменты  $M$  (см. рис. 1.1, б, в).

Однако, как показал опыт расчетов, продольные силы  $N$  в стержнях ферм при узловой передаче усилий, определенные с учетом жесткости узлов, и продольные силы  $N$ , определенные по шарнирной схеме, обычно отличаются не более чем на несколько процентов, а поперечные силы  $Q$  и изгибающие моменты  $M$ , рассчитанные с учетом жесткости узлов, имеют малые значения.

Поскольку выполнять расчет во втором случае значительно легче, жесткостью узлов фермы пренебрегают, и расчет ведут по шарнирной схеме. Иными словами, при расчете фермы все ее узлы считают идеальными шарнирами и основной расчетной схемой является схема с шарнирным сопряжением элементов.

### 1.1. Начало работы в ПК «ЛИРА-SAPR 2011»

Запуск основного модуля программного комплекса осуществляется через меню *Пуск* рабочего стола Windows:

(*Пуск* | *Программы* |  ЛИРА-SAPR 2011 |  ЛИРА-SAPR ).

ПК «ЛИРА-SAPR 2011» функционирует в пяти основных режимах работы:

- 1) режим создания расчетной схемы объекта;
- 2) режим процессора;
- 3) режим анализа и документирования результатов расчета;
- 4) железобетонные конструкции;
- 5) стальные конструкции.

Включение двух последних режимов (двух модулей ЛИРА-СТК и ЛИРА-АРМ) в модуль ЛИРА-ВИЗОР является главным принципиальным отличием «ЛИРА-SAPR 2011» от предыдущих версий.

При загрузке ПК активным является основной режим (создание расчетной схемы).

### 1.2. Основные расчетные схемы в ПК «ЛИРА»

Сразу после старта ПК открывается стандартное диалоговое окно *Признак схемы* (рис. 1.2), в котором необходимо задать имя и шифр задачи (если необходимо, дать краткое описание задачи) и самое главное выбрать признак расчетной схемы.

№ элем	№ сечен	№ элем	№ сечен	№ элем	№ сечен	№ элем	№ сечен
13	1	-305,435	0,000	19	2	-14,471	0,000
13	2	-305,435	0,000	19	1	-14,471	0,000
14	1	-271,538	0,000	18	2	-0,186	0,000
14	2	-271,538	0,000	18	1	-0,186	0,000
15	1	-271,442	0,000	17	2	-169,560	0,000
15	2	-271,442	0,000	17	1	-169,560	0,000
16	1	-169,751	0,000	16	2	-169,751	0,000
16	2	-169,751	0,000	16	1	-169,751	0,000
17	1	-169,560	0,000	15	2	-271,442	0,000
17	2	-169,560	0,000	15	1	-271,442	0,000
18	1	-181,518	0,000	14	2	-49,505	0,000
18	2	-181,518	0,000	14	1	-49,505	0,000
19	1	-14,150	0,000	13	2	-14,150	0,000
19	2	-14,150	0,000	13	1	-14,150	0,000

б) Несимметричное нагружение

№ элем	№ сечен	№ элем	№ сечен	№ элем	№ сечен	№ элем	№ сечен
1	1	93,344	0,000	24	2	-28,044	0,000
1	2	93,344	0,000	24	1	-28,044	0,000
2	1	0,351	0,000	23	2	-0,037	0,000
2	2	0,351	0,000	23	1	-0,037	0,000
3	1	0,080	0,000	22	2	0,037	0,000
3	2	0,080	0,000	22	1	0,037	0,000
4	1	0,272	0,000	21	2	0,132	0,096
4	2	0,272	0,000	21	1	0,132	0,096
5	1	-0,281	0,000	20	2	-0,260	0,190
5	2	-0,281	0,000	20	1	-0,260	0,190
6	1	0,000	0,000	19	2	0,000	0,000
6	2	0,000	0,000	19	1	0,000	0,000
7	1	0,000	0,000	18	2	0,000	0,000
7	2	0,000	0,000	18	1	0,000	0,000
8	1	0,000	0,000	17	2	0,000	0,000
8	2	0,000	0,000	17	1	0,000	0,000
9	1	0,000	0,000	16	2	0,000	0,000
9	2	0,000	0,000	16	1	0,000	0,000
10	1	0,000	0,000	15	2	0,000	0,000
10	2	0,000	0,000	15	1	0,000	0,000
11	1	0,000	0,000	14	2	0,000	0,000
11	2	0,000	0,000	14	1	0,000	0,000
12	1	0,000	0,000	13	2	0,000	0,000
12	2	0,000	0,000	13	1	0,000	0,000
13	1	0,000	0,000	12	2	0,000	0,000
13	2	0,000	0,000	12	1	0,000	0,000
14	1	0,000	0,000	11	2	0,000	0,000
14	2	0,000	0,000	11	1	0,000	0,000
15	1	0,000	0,000	10	2	0,000	0,000
15	2	0,000	0,000	10	1	0,000	0,000
16	1	0,000	0,000	9	2	0,000	0,000
16	2	0,000	0,000	9	1	0,000	0,000
17	1	0,000	0,000	8	2	0,000	0,000
17	2	0,000	0,000	8	1	0,000	0,000
18	1	0,000	0,000	7	2	0,000	0,000
18	2	0,000	0,000	7	1	0,000	0,000
19	1	0,000	0,000	6	2	0,000	0,000
19	2	0,000	0,000	6	1	0,000	0,000

Таблица усилий (сержни)

№ элем	№ сечен						
1	1	20	20	20	20	20	20
1	2	20	20	20	20	20	20
2	1	21	21	21	21	21	21
2	2	21	21	21	21	21	21
3	1	22	22	22	22	22	22
3	2	22	22	22	22	22	22
4	1	23	23	23	23	23	23
4	2	23	23	23	23	23	23
5	1	24	24	24	24	24	24
5	2	24	24	24	24	24	24
6	1	25	25	25	25	25	25
6	2	25	25	25	25	25	25
7	1	26	26	26	26	26	26
7	2	26	26	26	26	26	26
8	1	27	27	27	27	27	27
8	2	27	27	27	27	27	27
9	1	28	28	28	28	28	28
9	2	28	28	28	28	28	28
10	1	29	29	29	29	29	29
10	2	29	29	29	29	29	29
11	1	30	30	30	30	30	30
11	2	30	30	30	30	30	30
12	1	31	31	31	31	31	31
12	2	31	31	31	31	31	31
13	1	32	32	32	32	32	32
13	2	32	32	32	32	32	32
14	1	33	33	33	33	33	33
14	2	33	33	33	33	33	33
15	1	34	34	34	34	34	34
15	2	34	34	34	34	34	34
16	1	35	35	35	35	35	35
16	2	35	35	35	35	35	35
17	1	36	36	36	36	36	36
17	2	36	36	36	36	36	36
18	1	37	37	37	37	37	37
18	2	37	37	37	37	37	37
19	1	38	38	38	38	38	38
19	2	38	38	38	38	38	38

Рис. 1.4. Основные панели ПК «ЛИРА-САПР 2011» в режиме создания модели

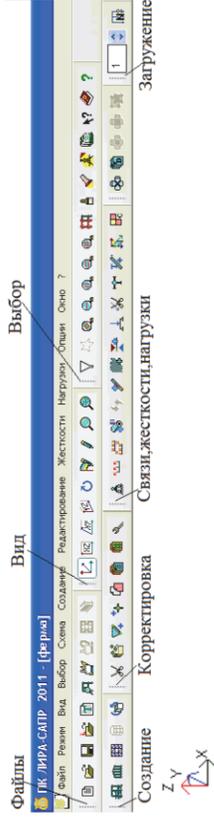
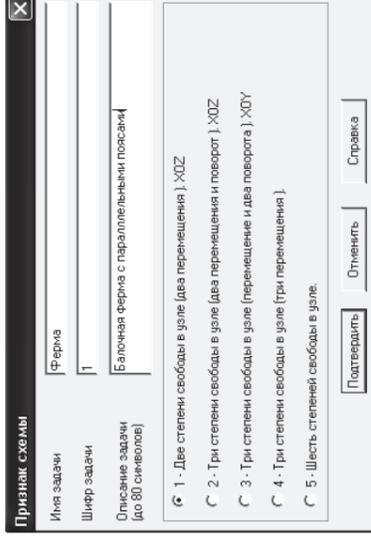


Рис. 1.3. Диалоговое окно Признак схемы с выбранными расчетными параметрами



На рис. 1.4 показаны основные панели рабочего окна в режиме создания модели. В приложении 2 приведены основные команды (функции) этих панелей, которые также могут выполняться с помощью команд выпадающих меню.

Заполним поля диалогового окна, отметим расчетную схему I (рис. 1.3) и щелкнем левой кнопкой мыши по кнопке *Помогите* и тем самым войдем в режим создания и редактирования модели конструкции.

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

Из всех этих возможностей при расчете стержневых конструкций актуальными являются:

- интерактивные таблицы – кнопка ;
- эпюры усилий –  (N – эпюра продольных сил, Qz – поперечных сил, My – изгибающих моментов).

Выход основной информации об исходных данных задачи и результатах расчета в ПК «ЛИРА-САПР 2011» может быть выполнен различными инструментами, но самый быстрый и эффективный вывод информации на экран позволяет кнопка  («информация об узлах и элементах»). Когда эта кнопка активна – щелчок левой кнопкой на интересующий объект (узел или элемент) выводит на экран интерактивную таблицу с информацией и редакторами расчетной схемы, результатах расчета и основных параметрах этого объекта в режиме просмотра результатов расчета). Последующий щелчок на другой интересующий пользователь объект динамически обновляет информационную таблицу – в ней отображается информация о новом выделенном объекте.

**Железобетонные конструкции.**  
В этом режиме по результатам статического (динамического) расчета выполняется конструктивный расчет отдельных элементов: подбираться продольная и поперечная арматура.

В предыдущих версиях ПК «Лира» конструктивные расчеты стальных и железобетонных элементов выполнялись в отдельных модулях: «Лира-СТК» и «Лира-Арма». В ПК «ЛИРА-САПР 2011», по сути, реализована новая технология работ над проектами.

Системы конструирования железобетонных конструкций («Лира-Арма») и стальных конструкций («Лира-СТК») объединены с базовой системой ВИЗОР-САПР программного комплекса «ЛИРА-САПР 2011» в единую графическую среду пользователя. Все исходные данные о расчетной схеме, связанные как с расчетами, так и с последующим конструированием, находятся в одном LIR-файле проекта. Как следствие, исключается необходимость импорта проектов в конструирующие системы после каждого статического и динамического расчета задачи.

В новой версии предлагается технология многовариантного конструирования железобетонных и стальных конструкций. Понятие «вариант

## Результаты расчетов

### 1. Симметричная расчетная схема (циркульное сопряжение элементов)

#### а) Симметричное нагружение

№ элем	№ сечен	№ элем	№ сечен	№ элем	№ сечен	№ элем	№ сечен
1	1	93,390	20	20	20	20	20
1	2	93,390	20	20	20	20	20
2	1	229,230	21	21	21	21	21
2	2	229,230	21	21	21	21	21
3	1	297,150	22	22	22	22	22
3	2	297,150	22	22	22	22	22
4	1	297,150	23	23	23	23	23
4	2	297,150	23	23	23	23	23
5	1	229,230	24	24	24	24	24
5	2	229,230	24	24	24	24	24
6	1	93,390	25	25	25	25	25
6	2	93,390	25	25	25	25	25
7	1	0,000	26	26	26	26	26
7	2	0,000	26	26	26	26	26
8	1	-169,800	27	27	27	27	27
8	2	-169,800	27	27	27	27	27
9	1	-169,800	28	28	28	28	28
9	2	-169,800	28	28	28	28	28
10	1	-271,680	29	29	29	29	29
10	2	-271,680	29	29	29	29	29
11	1	-271,680	30	30	30	30	30
11	2	-271,680	30	30	30	30	30
12	1	-305,640	31	31	31	31	31
12	2	-305,640	31	31	31	31	31
13	1	-305,640	32	32	32	32	32
13	2	-305,640	32	32	32	32	32
14	1	-271,680	33	33	33	33	33
14	2	-271,680	33	33	33	33	33
15	1	-271,680	34	34	34	34	34
15	2	-271,680	34	34	34	34	34
16	1	-169,800	35	35	35	35	35
16	2	-169,800	35	35	35	35	35
17	1	-169,800	36	36	36	36	36
17	2	-169,800	36	36	36	36	36
18	1	0,000	37	37	37	37	37
18	2	0,000	37	37	37	37	37
19	1	-14,150	38	38	38	38	38
19	2	-14,150	38	38	38	38	38

## 2. Уточненная расчетная схема (жесткое сопряжение элементов)

### а) Симметричное загрузжение

Таблица усилий (стержни)											
№ элем	№ сечен	N (кН)	Mк (кН*м)	My (кН*м)	Qz (кН)	№ элем	№ сечен	N (кН)	Mк (кН*м)	My (кН*м)	Qz (кН)
1	1	93.344	0.000	-0.281	0.210	20	1	-28.044	0.000	-0.216	0.190
1	2	93.344	0.000	0.351	0.210	20	2	-28.044	0.000	0.260	0.190
2	1	229.151	0.000	-0.057	0.110	21	1	-27.993	0.000	-0.107	0.096
2	2	229.151	0.000	0.272	0.110	21	2	-27.993	0.000	0.132	0.096
3	1	297.043	0.000	0.080	0.037	22	1	-27.991	0.000	0.000	0.000
3	2	297.043	0.000	0.191	0.037	22	2	-27.991	0.000	0.000	0.000
4	1	297.043	0.000	0.191	-0.037	23	1	-27.993	0.000	0.107	-0.096
4	2	297.043	0.000	0.080	-0.037	23	2	-27.993	0.000	-0.132	-0.096
5	1	229.151	0.000	0.272	-0.110	24	1	-28.044	0.000	0.216	-0.190
5	2	229.151	0.000	-0.057	-0.110	24	2	-28.044	0.000	-0.260	-0.190
6	1	93.344	0.000	0.351	-0.210	25	1	-14.471	0.000	0.205	-0.186
6	2	93.344	0.000	-0.281	-0.210	25	2	-14.471	0.000	-0.259	-0.186
7	1	-0.186	0.000	-0.259	0.321	26	1	-180.942	0.000	0.076	-0.075
7	2	-0.186	0.000	0.223	0.321	26	2	-180.942	0.000	-0.142	-0.075
8	1	-169.560	0.000	-0.133	0.305	27	1	147.973	0.000	0.214	-0.099
8	2	-169.560	0.000	0.325	0.305	27	2	147.973	0.000	-0.076	-0.099
9	1	-169.751	0.000	0.065	0.050	28	1	-115.359	0.000	0.115	-0.056
9	2	-169.751	0.000	0.140	0.050	28	2	-115.359	0.000	-0.049	-0.056
10	1	-271.442	0.000	-0.058	0.250	29	1	82.118	0.000	0.149	-0.049
10	2	-271.442	0.000	0.317	0.250	29	2	82.118	0.000	0.006	-0.049
11	1	-271.538	0.000	0.185	-0.057	30	1	-49.540	0.000	0.091	-0.020
11	2	-271.538	0.000	0.099	-0.057	30	2	-49.540	0.000	0.033	-0.020
12	1	-305.435	0.000	0.034	0.154	31	1	16.287	0.000	0.098	-0.014
12	2	-305.435	0.000	0.266	0.154	31	2	16.287	0.000	0.056	-0.014

### б) Несимметричное загрузжение

Таблица усилий (стержни)											
№ элем	№ сечен	N (кН)	Mк (кН*м)	My (кН*м)	Qz (кН)	№ элем	№ сечен	N (кН)	Mк (кН*м)	My (кН*м)	Qz (кН)
1	1	67.920	0.000	-0.216	0.190	20	1	-28.044	0.000	-0.216	0.190
1	2	67.920	0.000	0.260	0.190	20	2	-28.044	0.000	0.260	0.190
2	1	152.820	0.000	-0.107	0.096	21	1	-27.993	0.000	-0.107	0.096
2	2	152.820	0.000	0.132	0.096	21	2	-27.993	0.000	0.132	0.096
3	1	169.800	0.000	0.000	0.000	22	1	-27.991	0.000	0.000	0.000
3	2	169.800	0.000	0.000	0.000	22	2	-27.991	0.000	0.000	0.000
4	1	127.350	0.000	0.107	-0.096	23	1	-27.993	0.000	0.107	-0.096
4	2	127.350	0.000	-0.132	-0.096	23	2	-27.993	0.000	-0.132	-0.096
5	1	76.410	0.000	0.216	-0.190	24	1	-28.044	0.000	0.216	-0.190
5	2	76.410	0.000	-0.260	-0.190	24	2	-28.044	0.000	-0.260	-0.190
6	1	25.470	0.000	0.205	-0.186	25	1	-14.471	0.000	0.205	-0.186
6	2	25.470	0.000	-0.259	-0.186	25	2	-14.471	0.000	-0.259	-0.186
7	1	0.000	0.000	0.076	-0.075	26	1	0.000	0.000	0.076	-0.075
7	2	0.000	0.000	-0.142	-0.075	26	2	0.000	0.000	-0.142	-0.075
8	1	-118.860	0.000	0.214	-0.099	27	1	-118.860	0.000	0.214	-0.099
8	2	-118.860	0.000	-0.076	-0.099	27	2	-118.860	0.000	-0.076	-0.099
9	1	-118.860	0.000	0.115	-0.056	28	1	-118.860	0.000	0.115	-0.056
9	2	-118.860	0.000	-0.049	-0.056	28	2	-118.860	0.000	-0.049	-0.056
10	1	-169.800	0.000	0.149	-0.049	29	1	-169.800	0.000	0.149	-0.049
10	2	-169.800	0.000	0.006	-0.049	29	2	-169.800	0.000	0.006	-0.049
11	1	-169.800	0.000	0.091	-0.020	30	1	-169.800	0.000	0.091	-0.020
11	2	-169.800	0.000	0.033	-0.020	30	2	-169.800	0.000	0.033	-0.020
12	1	-152.820	0.000	0.098	-0.014	31	1	-152.820	0.000	0.098	-0.014
12	2	-152.820	0.000	0.056	-0.014	31	2	-152.820	0.000	0.056	-0.014
13	1	-101.880	0.000	0.091	-0.020	32	1	-101.880	0.000	0.091	-0.020
13	2	-101.880	0.000	0.033	-0.020	32	2	-101.880	0.000	0.033	-0.020
14	1	-101.880	0.000	0.091	-0.020	33	1	-101.880	0.000	0.091	-0.020
14	2	-101.880	0.000	0.033	-0.020	33	2	-101.880	0.000	0.033	-0.020
15	1	-101.880	0.000	0.091	-0.020	34	1	-101.880	0.000	0.091	-0.020
15	2	-101.880	0.000	0.033	-0.020	34	2	-101.880	0.000	0.033	-0.020
16	1	-50.940	0.000	0.091	-0.020	35	1	-50.940	0.000	0.091	-0.020
16	2	-50.940	0.000	0.033	-0.020	35	2	-50.940	0.000	0.033	-0.020
17	1	-50.940	0.000	0.091	-0.020	36	1	-50.940	0.000	0.091	-0.020
17	2	-50.940	0.000	0.033	-0.020	36	2	-50.940	0.000	0.033	-0.020
18	1	0.000	0.000	0.091	-0.020	37	1	0.000	0.000	0.091	-0.020
18	2	0.000	0.000	0.033	-0.020	37	2	0.000	0.000	0.033	-0.020
19	1	-14.150	0.000	0.091	-0.020		1	-14.150	0.000	0.091	-0.020
19	2	-14.150	0.000	0.033	-0.020		2	-14.150	0.000	0.033	-0.020

### 1.3. Основные этапы расчета плоских ферм в ПК «ЛИРА-САПР 2011»

Во избежание ошибок и затруднений при расчете конструкций, первое, что должен хорошо понять и запомнить начинающий пользователь – это алгоритм расчета задачи (основные операции), приведенный ниже.

#### Алгоритм расчета плоских ферм:

- 1) Выбор расчетной схемы I (признака схемы). Этот параметр можно поменять в любой момент создания и редактирования модели с помощью пиктограммы  или команды меню Схема ➤ Признак схемы.
- 2) Выбор единиц измерения для исходных данных и результатов расчета: команды меню Опции ➤ Единицы измерения. Единицы измерения также можно менять в процессе редактирования модели, но для избежания ошибок и путаницы лучше взять себе за правило выполнять эту операцию в самом начале расчета.
- 3) Создание геометрической схемы конструкции. Для конструкций, имеющих простые реткулярные схемы, эту операцию проще всего выполнять с помощью пиктограмм: для балок и рам – , для ферм – .
- 4) Закрепление опорных узлов – пиктограмма  или команда меню Схема ➤ Связи. (Основные варианты закрепления опорных узлов для плоских систем смотри в приложении 3).
- 5) Выбор требуемых типов жесткости из библиотеки жесткостных характеристик.
- 6) Выбор параметров для железобетонных или стальных конструкций.
- 7) Присвоение жесткостей и материалов, занесенных в библиотеку файла конкретным КЭ схем.
- 8) Задание нагрузок на отдельные узлы и элементы.
- 9) Генерация таблицы расчетных сочетаний усилий.
- 10) Выполнение расчета конструкции МКЭ.
- 11) Анализ результатов расчета.

!!! На всех этапах (кроме первых двух) большинство команд связано с работой с отдельными КЭ и узлами. Поэтому надо внимательно следить за тем, какие из узлов и элементов выделяются в конкретный момент времени. Много ошибок у начинающих пользователей связано с тем, что они задают жесткости (применяют нагрузку и т.д.) не к тем узлам и элементам из-за простой невнимательности.

Примечание. Пункты 6 и 8 (задание материалов и таблицы расчетных сочетаний усилий в общем случае являются необязательными, более подробная информация будет приведена в четвертом разделе).

Этапы и операции	Команда и ее иконки	Ваши действия	Рекомендации и комментарии
3.5 Контроль правильности, созданной геометрической схемы фермы		Щелкните по кнопке «Нарисовать». На закладке должен отобразиться рисунок	Также см. приложение 4
3.7 Сохранение данных		В диалоговом окне «Сохранить активный документ» задайте папку, в которую будет сохранена эта задача	С помощью открывшегося окна «Сохранить как» найдите папку, в которой сохраните файл в эту папку
3.6 Создание геометрической схемы фермы		Если схема создана верно, щелкните на кнопку <i>применить</i> . Созданная геометрическая схема отобразится на экране. Закройте окно «Создание фермы»	Если допущены ошибки, необходимо их исправить на данной закладке или вернуться на предыдущие. Также см. приложение 5
<b>4. Задание граничных условий</b>			
4.1 Вывод на экран номеров узлов		Щелчком на кнопку «Флаги рисования» отобразите диалоговое окно «Показать». Активизируйте закладку «Узлы». После этого отметьте опцию <b>Номера узлов</b> и щелкните по кнопке <b>Перисосовать</b>	На расчетной схеме отобразятся номера
4.2 Выделение узла 1		Активизируйте режим отметки узлов. Выделите узел 1 (левый нижний узел) щелкнув по нему левой кнопкой мыши	Узел окружится в курсивный цвет
4.3 Задание граничных условий в узле 1		В диалоговом окне «Связи в узлах» активируйте закладку «Назначить связи» отметьте направление Z, по которому запрещено перемещение узла, переведя переключатель «Визуализация связей» в крайнее правое положение и щелкните по кнопке <b>Применить</b>	На узле 1 появились иконки: а) ограничение по перемещению узла по направлению Z; б) исключение одной линейной степени свободы узла моделируемой шарнирно-подвижной опорой
4.4 Выделение узла 7		Выделите узел 7 (правый нижний узел)	Узел окружится в курсивный цвет

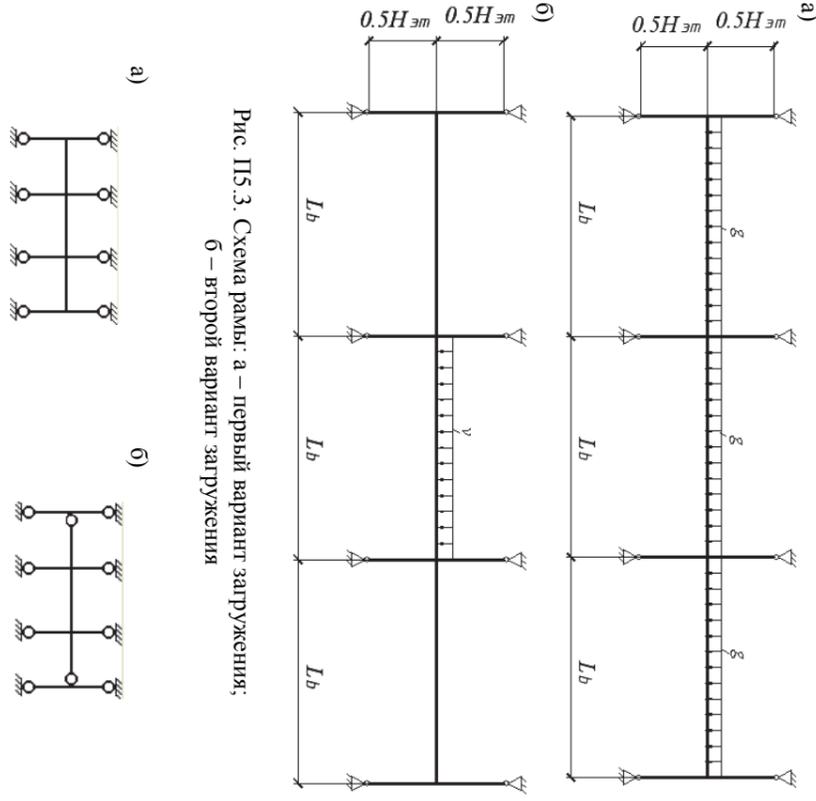


Рис. П5.3. Схема рамы: а – первый вариант нагружения;

б – второй вариант нагружения

Рис. П5.4. Расчетные схемы рамы: а – полный каркас; б – неполный каркас

### Задание

Выполнить статический расчет плоской фермы с параллельными поясами (рис. П6.1), нагруженной сосредоточенными силами на левой части пролета.

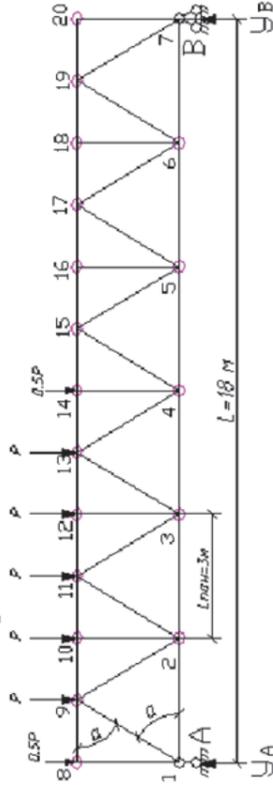


Рис. П6.1. - Расчетная схема фермы

### Исходные данные

Пролет фермы  $L := 18 \text{ м}$ .

Высота фермы  $H := 2.5 \text{ м}$ .

Размер панелей нижнего пояса  $L_{пан} := 3 \text{ м}$ .

Сосредоточенная узловая нагрузка  $P := 28.3 \text{ кН}$ .

### Решение

Расчет выполняем в ПК "ЛИРА"

Созданная в ПК "ЛИРА" расчетная модель, состоящая из 37 конечных элементов и 20 узлов, приведена ниже на рис.П6.2.

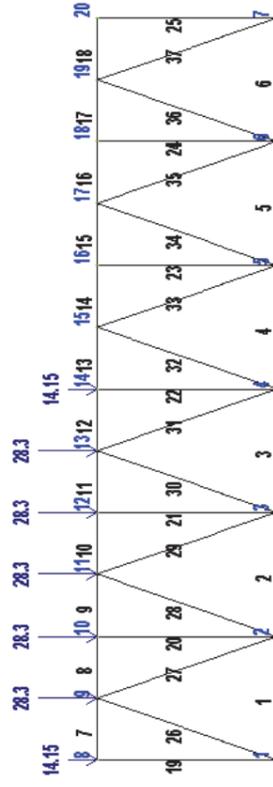


Рис.П6.2.- Расчетная модель фермы в ПК "ЛИРА"

конструирования» включает информацию о принятых нормах проектирования железобетонных и стальных конструкций, характеристики материалов, унифицированные группы и назначенные конструктивные элементы. Имеется возможность задания в одном проекте нескольких различных вариантов конструирования, отличающихся одним или несколькими параметрами. После расчета пользователь может провести сравнительный анализ полученных результатов по вариантам конструирования и, при необходимости, преобразовать выбранные результаты в новые исходные данные для проведения уточняющих расчетов.

### Стальные конструкции.

В режиме «Стальные конструкции» решаются две основные задачи: проверка и подбор сечений стальных элементов.

### 1.5. Пример расчета плоской фермы

#### 1.5.1. Исходные данные

В качестве примера выполним расчет плоской фермы с параллельными поясами (рис. 1.5) по следующим исходным данным:

а) пролет фермы  $L = 18 \text{ м}$ ;

б) высота фермы  $H = 2.5 \text{ м}$ ;

в) длина панелей нижнего пояса  $L_{пан} = 3 \text{ м}$ ;

г) сосредоточенная узловая нагрузка  $P = 28.3 \text{ кН}$ ;

д) все элементы фермы выполнены из равнополочного уголка  $75 \times 75 \times 6 \text{ мм}$ .

В реальной ферме элементы решетки, нижнего и верхнего пояса имеют различные сечения. Но для статически определимых конструкций, к которым относится рассматриваемая ферма (при шарнирном сопряжении элементов), жесткостные характеристики сечений не оказывают влияния на распределение внутренних усилий. Поэтому независимо от любых принятых поперечных сечений элементов (номеров профилей или их численных значений) результаты расчетов будут одинаковыми при прочих равных исходных условиях.

Ферму необходимо рассчитать на два варианта нагружения при различных условиях сопряжения элементов фермы.

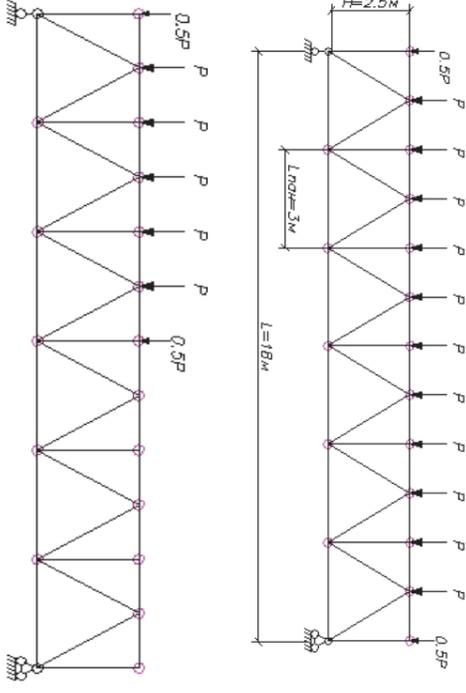


Рис. 1.5. Схема фермы: а – первый вариант нагружения;

б – второй вариант нагружения

#### Варианты нагружения фермы:

а) симметричное нагружение: ко всем средним узлам фермы приложены сосредоточенные узловые нагрузки  $P = 28.3 \text{ кН}$ , к крайним узлам фермы – нагрузки в два раза меньше  $P = 14.15 \text{ кН}$  (см. рис. 1.5, а);

б) несимметричное нагружение – нагрузка действует на половину пролета фермы, к средним узлам левой половины фермы приложены сосредоточенные узловые нагрузки  $P = 28.3 \text{ кН}$ , к крайним узлам левой половины фермы приложены нагрузки в два раза меньше  $P = 14.15 \text{ кН}$  (рис. 1.5, б).

Основным является расчет фермы при шарнирном сопряжении элементов (признак схемы 1, см. подраздел 1.2).

Выполнение данного расчета должно подтвердить приведенное выше допущение о том, что замена жестких узлов шарнирными приводит к незначительной погрешности при расчете ферм.

Алгоритм расчета ферм с различными условиями сопряжения элементов абсолютно идентичны за исключением выбора признака схемы.

Поэтому после расчета и анализа полученных результатов фермы на два варианта нагружения при шарнирном сопряжении элементов достаточно в расчетной модели изменить признак схемы с 1 на 2 и выполнить далее расчет фермы и анализ результатов по схеме с жестким сопряжением элементов.

Геометрия	Цифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 Тип здания (каркас)	Не-полный	Полный	Полный	Не-полный	Полный	Полный	Не-полный	Полный	Полный	Не-полный
2 Высота этажа (м)	3.6	3.4	3.2	3	2.8	3.5	3.3	3.1	2.9	2.7
3 Длина ригеля (м)	7	7.2	7.4	7.1	9	6.3	6.6	6.9	6.5	6.4
<b>Нагрузки, материалы</b>	<b>Вторая цифра варианта</b>									
1 Постоянная расчетная нагрузка (кН/м)	28.20	30.40	29.50	21.60	32.30	25.26	29.18	30.25	24.18	28.15
2 Временная расчетная нагрузка (кН/м)	32.30	35.10	29.12	25.48	24.25	30.89	34.58	36.28	28.57	29.14
3 Класс бетона ригеля	B20	B25	B30	B35	B30	B20	B20	B25	B25	B30
4 Класс бетона колонны	B20	B25	B20	B25	B20	B25	B20	B25	B20	B25

Исходные данные к лабораторной работе 3

Таблица П5.3

Образец оформления приведен в приложении 8.

4) класс бетона колонны – B25.

3) класс бетона ригеля – B30;

2) временная расчетная нагрузка –  $v = 30.89 \text{ Н/м}$ ;

1) постоянная расчетная нагрузка –  $g = 25.26 \text{ Н/м}$ ;

- по второй цифре варианта 5:

3) длина ригеля  $L_b = 7.4 \text{ м}$ ;

2) высота этажа  $H_{эт} = 3.2 \text{ м}$ ;

1) каркас – полный;

- по первой цифре варианта 2:

**Например, исходные данные для варианта номер 25:**

$h_c = h_c = 0.4 \text{ м}$ , сечение ригеля  $b_b = 0.25 \text{ м}$ ,  $h_b = 0.6 \text{ м}$ .

для всех вариантов принимаются одинаковыми: сечение колонны –

**Примечание.** Размеры поперечных сечений колонны и ригеля

Этапы и операции	Команда и ее иконка	Ваши действия	Рекомендации и комментарии
Запуск системы ЛИРА-САПР 2011		Выполните команды Windows: <b>Пуск</b> > <b>Программы</b> > <b>Лира-SAPR</b> > <b>ЛИРА-САПР 2011</b> > <b>ЛИРА-САПР</b>	
1 Создание новой задачи		В диалоговом окне «Описание схемы» задайте имя задачи: «Плоская ферма», введите описание задачи «Статический расчет фермы», отметьте признак схемы: «1»	См. примечание 1
2 Задание единиц измерения		Выполните команды меню <b>Опции</b> > <b>Закладка «Схема»</b> : <b>Единицы измерения</b> . В диалоговом окне «Единицы измерения» установите значения – см, нагрузки – кН и м, параметры соответствующие системе СИ кН и м, параметры Подтвердите выбор новых размерностей, щелкнув по кнопке «подтвердить»	<b>Закладка «Результаты расчета»:</b> переключения – см, напряжения – МПа, усилия – кН и м
3 Создание геометрической схемы фермы		Откройте диалоговое окно «Создание фермы», в котором необходимо выбрать, здание фермы имеет а) очертание поясов фермы; б) очертание особенности, описанной в примечании 2 метры фермы	
3.2 Выбор очертания поясов фермы		Щелкните левой кнопкой мыши по пиктограмме фермы с параллельными поясами. В открывшейся закладке необходимо выбрать очертание решетки фермы	
3.3 Выбор очертания решетки фермы		Щелкните левой кнопкой мыши по пиктограмме фермы с заданной решеткой	
3.4 Выбор геометрических параметров фермы		Задайте исходные параметры: пролет фермы $L = 18 \text{ м}$ , высота фермы $H = 2.5 \text{ м}$ , количество панелей нижнего пояса $K = 6$ , угол наклона фермы $\alpha/\text{deg} = 0$	По определению количества панелей нижнего пояса $K = 6$ , примечание 3)

## Расчет плоской фермы в ПК «ЛИРА-САПР-2011»

Вариант 25

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3

по дисциплине «Практикум по компьютерной технике»

Факультет кадастра и строительства  
Кафедра «Строительство и архитектура»

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет»

Министерство образования и науки Российской Федерации

### ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ 1

#### ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Студент группы СПС-1 А.Н. Николаев

Преподаватель Ю.Н. Чулкин



<b>Этапы и операции</b>	<b>Команда и ее иконка</b>	<b>Ваши действия</b>	<b>Рекомендации и комментарии</b>
<b>7 задание нагрузок</b>			
<b>Формирование загрузки № 1 (симметричное)</b>			
7.1 Задание имени загрузки		Выполните команду меню: <b>Нагрузки</b> → <b>Выбор загрузки</b> . В диалоговом окне «Активное задание» задайте имя загрузки 1 – <i>Симметричное</i> загрузки. Подтвердите имя загрузки щелчком по кнопке <b>Применить</b> .	Номер активного задания отображается в окне «Загрузка»:
7.2 Выделение узлов 9-19		Активизируйте режим отметки узлов. Выделите узлы 9-19 (средние узлы верхнего пояса фермы).	Прочие все выделите узлы, расположенные вокруг «резинное окно»
7.3 Задание сосредоточенных узловых нагрузок $P = 28.3 \text{ кН}$ на выделенные узлы 9-19		В диалоговом окне «Задание нагрузки» активизируйте закладку «Нагрузки в узлах». Укажите (или проверьте) опции: кнопки – система координат «Глобальная», направление – вдоль оси «Z». Щелчком по кнопке сосредоточенной узловой нагрузки вызовите диалоговое окно «Параметры нагрузки». В этом окне введите значение нагрузки $P = 28.3 \text{ кН}$ и подтвердите ввод. После этого в диалоговом окне «Задание нагрузки» щелкните по кнопке <b>Применить</b> .	После выполнения команды по заданию нагрузки на рабочем экране отображается направление нагрузки на средние узлы верхнего пояса фермы
7.4 Выделение узлов 8, 20		Выделите узлы 8, 20 (крайние узлы верхнего пояса фермы).	
7.5 Задание сосредоточенных узловых нагрузок $0.5P = 14.15 \text{ кН}$ на выделенные узлы № 8, 20		В диалоговом окне «Задание нагрузки» заново активизируйте закладку «Нагрузки в узлах». Щелчком по кнопке сосредоточенной узловой нагрузки вызовите диалоговое окно «Параметры нагрузки». В этом окне введите значение нагрузки $P = 14.15 \text{ кН}$ фермы и подтвердите ввод. После этого в диалоговом окне «Задание нагрузки» щелкните по кнопке <b>Применить</b> .	
<b>Формирование загрузки № 2 (несимметричное)</b>			
7.6 Смена номера текущего задания		В диалоговом окне «Активное задание» с помощью переключателя выберите номер загрузки – 2 и задайте имя новой загрузки – <i>Несимметричное</i> загрузки. Щелкните по кнопке <b>Применить</b> .	Номер активного задания можно менять через окно «Загрузка»:
Но в этом окне нельзя задать новое имя загрузки			

Геометрия	Цифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 L, м	12	10	8	9	6	7	8	10	6	9
2 a, м	0	3	2	2	1	0	2	3	1	4
3 b, м	8	5	3	4	2	4	4	5	2	6
4 c, м	10	7	6	8	5	6	7	9	4	8
Размеры, нагрузки	Вторая цифра варианта									
	5 Распределенная нагрузка q, кН/м	2	2.5	3	2.2	2.4	2.8	2.5	3	2.5
6 Сосредоточенная сила, кН	12	18	24	12	18	24	12	18	24	12

Исходные данные к лабораторной работе 2

Таблица П5.2

По второй цифре варианта принимаются значения нагрузок (5-6 строки табл. П5.2).

По первой цифре варианта принимаются данные о геометрии расчетной схемы (1-4 строки табл. П5.2).

Данные о геометрии и нагрузках, действующих на балку (рис. П5.2),

однопролетной шарнирно-опертой балки

В лабораторной работе необходимо выполнить статический расчет

лабораторная работа 2

## РАСЧЕТ БАЛКИ

### Лабораторная работа 2

1) пролет фермы  $L = 24 \text{ м}$ ;

2) высота фермы  $H = 2.8 \text{ м}$ ;

3) узловая нагрузка на средние узлы фермы  $P = 43.2 \text{ кН}$ .

### Например, исходные данные для варианта номер 25:

- по первой цифре варианта 2:

1) решетка фермы (а) – без промежуточных стоек;

- по второй цифре варианта 5:

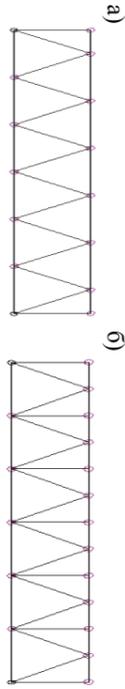
1) пролет фермы  $L = 24 \text{ м}$ ;

2) высота фермы  $H = 2.8 \text{ м}$ ;

3) узловая нагрузка на средние узлы фермы  $P = 43.2 \text{ кН}$ .

Рис. П5.1. Варианты решеток ферм: а – без промежуточных стоек;

б – с промежуточными стойками



## ПРИЛОЖЕНИЕ 5

### ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ

Номер варианта представляет двузначное число (студенту) – последняя цифра номера варианта

#### Лабораторная работа 1

### РАСЧЕТ ФЕРМЫ

В лабораторной работе необходимо выполнить статический расчет балки с помощью программы MathCAD и оформить результаты в виде отчета. В отчете необходимо указать: название работы, номер варианта, исходные данные, расчетные схемы, результаты расчетов (вычисления, рисунки и таблицы) (или переносятся в файл программы MathCAD и оформляются соответствующим образом (см. приложение 6)).

Результаты расчетов (вычисления, рисунки и таблицы) (или переносятся в файл программы MathCAD и оформляются соответствующим образом (см. приложение 6)).

Данные о геометрии фермы, нагрузках, действующих на раму, выбираются из табл. П5.1 по номеру варианта.

Данные о геометрии фермы, нагрузках, действующих на раму, выбираются из табл. П5.1 по номеру варианта.

Таблица П5.1

Тип решетки фермы	Цифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 Вариант решетки фермы (рис. П5.1)	Первая цифра варианта									
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
2 Пролет фермы L (м)	Вторая цифра варианта									
	12	18	24	12	18	24	12	18	24	12
3 Высота фермы H (м)	2	2.5	3	2.2	2.4	2.8	2.5	3	2.5	3
4 Сила P (кН)	38.4	1.54	35.6	30.7	43.8	43.2	29.8	51.9	33.6	47.4

Примечание. Размер панелей нижнего пояса для всех вариантов принимается одинаковым  $L_{пан} = 3 \text{ м}$ .

Этапы и операции	Команда и ее иконка	Ваши действия	Рекомендации и комментарии
7.7 Выделение узлов 6-13		Выделите узлы 6-13 (средние узлы верхнего пояса фермы).	Выделите узлы 6-13 (средние узлы верхнего пояса фермы)
7.8 Задание сосредоточенных узловых нагрузок $P = 28.3 \text{ кН}$ на выделенные узлы 6-13		В диалоговом окне «Задание нагрузки» активизируйте закладку «Нагрузки в узлах». Щелчком по кнопке сосредоточенной узловой нагрузки вызовите диалоговое окно «Параметры нагрузки». В этом окне введите значение нагрузки $P = 28.3 \text{ кН}$ и подтвердите ввод. После этого в диалоговом окне «Задание нагрузки» щелкните по кнопке <b>Применить</b> .	После выполнения команды по заданию нагрузки в узлах «Нагрузки в узлах» щелчком по кнопке сосредоточенной узловой нагрузки вызовите диалоговое окно «Параметры нагрузки». В этом окне введите значение нагрузки $P = 28.3 \text{ кН}$ и подтвердите ввод. После этого в диалоговом окне «Задание нагрузки» щелкните по кнопке <b>Применить</b> .
7.9 Выделение узлов 8, 14		Выделите узлы 8, 14 (крайние узлы верхнего пояса фермы).	Выделите узлы 8, 14 (крайние узлы верхнего пояса фермы)
7.10 Задание сосредоточенных узловых нагрузок $0.5P = 14.15 \text{ кН}$ на выделенные узлы 8, 14		В диалоговом окне «Задание нагрузки» заново активизируйте закладку «Нагрузки в узлах». Щелчком по кнопке сосредоточенной узловой нагрузки вызовите диалоговое окно «Параметры нагрузки». В этом окне введите значение нагрузки $P = 14.15 \text{ кН}$ и подтвердите ввод. После этого в диалоговом окне «Задание нагрузки» щелкните по кнопке <b>Применить</b> .	После выполнения команды по заданию нагрузки в узлах «Нагрузки в узлах» щелчком по кнопке сосредоточенной узловой нагрузки вызовите диалоговое окно «Параметры нагрузки». В этом окне введите значение нагрузки $P = 14.15 \text{ кН}$ и подтвердите ввод. После этого в диалоговом окне «Задание нагрузки» щелкните по кнопке <b>Применить</b> .
7.11 Завершение операции задания нагрузок		Закройте диалоговое окно «Задание нагрузки»	Закройте диалоговое окно «Задание нагрузки»
<b>8 Расчет плоской фермы МКС</b>			
8.1 Запуск задачи на расчет		Щелкните по кнопке инструмента или введите команды <b>Режим</b> → <b>Выполнить расчет</b> . В открывшемся окне «Параметры расчетного процессора» щелкните по кнопке <b>Подтвердить</b> . Прогнозируйте появление сообщения в новом окне предупреждения об отсутствии данных о материалах и параметрах конструирования, щелкнув по кнопке <b>ОК</b> . (Подробно параметры расчета будут описаны в разделе 4). Открывается окно расчета программы. В случае успешного расчета, программа вернется в режим «Расчетная схема»	Если в процессе формирования модели допущены ошибки, в конце расчета программа выдаст сообщение <b>ЗАДАНИЕ НЕ ВЫПОЛНЕНО</b> .
8.2 Переход в режим Результаты расчета		Щелкните по кнопке инструмента или введите команды <b>Режим</b> → <b>Результаты расчета</b>	Щелкните по кнопке инструмента или введите команды <b>Режим</b> → <b>Результаты расчета</b>

## ПРИЛОЖЕНИЕ 3 ОСНОВНЫЕ ВАРИАНТЫ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ОПОРНЫХ УЗЛОВ ДЛЯ ПЛОСКИХ СИСТЕМ

Наименование закрепления	<i>I Шарнирно-подвижная опора</i>	<i>2 Шарнирно-неподвижная опора</i>	<i>3 Жесткая заделка</i>
Графическое изображение			
Исключенные степени свободы	Линейное вертикальное перемещение по оси Oz	Два линейных перемещения: по оси Oх и Oz	Два линейных перемещения: по оси Oх и Oz и поворот вокруг оси Oy
Визуализация			

Исключенные степени свободы отображаются цветом в прямоугольнике – линейные перемещения X, Y, Z (соответственно зеленой, красной, синий цвета)  
Первая строка в прямоугольнике – линейные перемещения X, Y, Z (соответственно зеленой, красной, синий цвета)  
Вторая строка в прямоугольнике – углы поворота UX, UY, UZ (соответственно зеленой, красной, синий цвета)



## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

### ОСНОВНЫЕ КОМАНДЫ ПК «ПИРА-САПР 2011»

Команда	Описание команды	Меню	Кнопка
	1 Изменение признака схемы	Вызывается диалоговое окно «Описание схемы», в котором пользователь может изменить имя задачи, признак схемы и описать задачи	Схема → Признак схемы
	2 Выполнение расчета	Происходит расчет задачи	Режим → Выполнить расчет
	3 Переключение в режим визуализации результатов расчета	Переключение системы в режим визуализации результатов расчета	Режим → Результаты расчета
	4 Переключение системы в режим «Железобетонные конструкции»	Переключение системы в режим «Железобетонные конструкции» – модуль для расчета железобетонных элементов и просмотра результатов расчета	Режим → Железобетонные конструкции
	5 Переключение системы в режим «Стальные конструкции» – модуль для расчета стальных элементов и просмотра результатов расчета	Переключение системы в режим «Стальные конструкции» – модуль для расчета стальных элементов и просмотра результатов расчета	Режим → Стальные конструкции
	1 Установка флагов рисования	Вызывается диалоговое окно <b>Показать</b> , которое предназначено для установки флагов рисования, то есть информации, изображаемой непосредственно на схеме, а также опций отображения схемы. Диалоговое окно содержит четыре закладки ( <b>Элементы</b> , <b>Узлы</b> , <b>Общие</b> , <b>Значения</b> , <b>Материалы</b> )	Опции → Флаги рисования
	2 Перерисовать	Команда выполняет перерисовку схемы в случае необходимости	Вид → Перерисовать
	3 Режим увеличения схемы	Увеличение изображения фрагмента расчетной схемы с помощью растягивания вокруг нужных узлов «резинового окна»	Вид → Увеличить
	4 Возврат к полному изображению	Восстановление исходного размера расчетной схемы после выполнения операции <b>Увеличить</b>	Вид → Исходный размер
	1 Подфильтр	Управление отображением расчетной схемы и ее атрибутов с помощью операций <b>Фильтр</b> и <b>Фильтр</b>	Вид → Подфильтр
	2 Выбор узлов	Включение режима выбора узлов (одиночным указыванием курсора или растягиванием вокруг нужных узлов «резинового окна»)	Выбор → Отметка узлов
	3 Выбор элементов	Включение режима выбора элементов (одиночным указыванием курсора или растягиванием вокруг нужных элементов «резинового окна»)	Выбор → Отметка элементов

Имя операции и иконка	Команда и ее иконка	Ваше действие	Рекомендации и комментарии
9.7 Добавление первой таблицы усилий в окно графического контейнера		В созданной таблице усилий выполните команду меню <b>Файл</b> → <b>Копировать</b> для таблицы усилий и окно редактора форм	Таблицы усилий выполняются в окне редактора форм
9.8 Отмена выделения элементов формы		Щелкните по кнопке инструмента на панели <b>Выбор</b> (другой вариант – команды меню <b>Выбор</b> → <b>Отмена выделения</b> )	Щелкните по кнопке инструмента на панели <b>Выбор</b> (другой вариант – команды меню <b>Выбор</b> → <b>Отмена выделения</b> )
9.9 Вывод на экран таблицы усилий для всех элементов формы (для второго варианта загрузки)		Щелкните по кнопке инструмента на панели <b>Выбор</b> . В открывшемся окне редактора форм выберите в списке опцию «Усилия (стержани)» и щелкните по кнопке «Таблицу» на экране. Отметьте в новом окне опции: «Для всех элементов», номер загрузки – 2 и нажмите на кнопку «Создать».	Щелкните по кнопке инструмента на панели <b>Выбор</b> . В открывшемся окне редактора форм выберите в списке опцию «Усилия (стержани)» и щелкните по кнопке «Таблицу» на экране. Отметьте в новом окне опции: «Для всех элементов», номер загрузки – 2 и нажмите на кнопку «Создать».
9.10 Добавление второй таблицы усилий в окно графического контейнера		На экране появится таблица внутренних усилий в элементах фермы для второго варианта загрузки	Таблицы усилий выполняются в окне редактора форм
9.11 Копирование результатов		Скопируйте все содержимое графического контейнера в программу MathCAD	Скопируйте все содержимое графического контейнера в программу MathCAD
<b>10 Расчет и анализ полученных результатов фермы при жестком сопряжении элементов</b>			
<b>Изменение признака схемы</b>			
10.1 Переход в режим «Расчетная схема»		Выполните команду меню <b>Режим</b> → <b>Расчетная схема</b>	В режиме «Результаты расчета» возможно изменить признак схемы
10.2 Изменение признака схемы		Откройте диалоговое окно «Признак схемы», выполнив команды <b>Схема</b> → <b>Признак схемы</b> . Выберите в этом окне признак № 2 – три степени свободы и подтвердите выбор	Откройте диалоговое окно «Признак схемы», выполнив команды <b>Схема</b> → <b>Признак схемы</b> . Выберите в этом окне признак № 2 – три степени свободы и подтвердите выбор
<b>Расчет плоской фермы МКЭ при жестком сопряжении элементов</b>			
10.3 Запуск задачи на расчет		Щелкните по кнопке инструмента или введите команды <b>Режим</b> → <b>Выполнить расчет</b>	Щелкните по кнопке инструмента или введите команды <b>Режим</b> → <b>Выполнить расчета</b>
10.4 Переход в режим «Результаты расчета»		Щелкните по кнопке инструмента или введите команды <b>Режим</b> → <b>Результаты расчета</b>	Щелкните по кнопке инструмента или введите команды <b>Режим</b> → <b>Результаты расчета</b>

ронне проанализировать результаты расчетов и отследить возможные ошибки.

Прямой брус, работающий на изгиб, называют балкой. В поперечных сечениях балок возникают поперечные силы  $Q$  и изгибающие моменты  $M$ . Для упрощения обозначений, как правило, индексы опускают и обозначают указанные силовые факторы  $Q$  и  $M$ . Если, кроме того, возникают продольные силы  $N$ , то термин «балка» обычно не применяют.

Поперечная сила  $Q$  представляет собой сумму проекций на ось  $Oz$  всех внутренних касательных сил, возникающих в поперечном сечении. Изгибающий момент  $M$ , представляет собой сумму моментов относительно оси  $Oy$  всех внутренних нормальных сил, возникающих в поперечном сечении.

Поперечная сила численно равна сумме проекций на ось  $Oz$  всех внешних сил, действующих на отсеченную часть балки.

Изгибающий момент численно равен сумме моментов всех внешних сил, действующих на отсеченную часть балки относительно оси  $Oy$ .

Условимся о правилах знаков для внутренних силовых факторов. Будем считать, что внешняя сила, стремящаяся повернуть оставленную часть балки по ходу часовой стрелки, вызывает положительную поперечную силу. Соответствующая ордината откладывается вверх от оси балки.

Эпора изгибающих моментов строится на растянутом волокне. При этом изгибающий момент в балках считается положительным, если скажы верхние волокна, т. е. элемент изгибается выпуклостью вниз.

На эпорах  $M$  знаков ставить не будем.

Следует твердо запомнить правила построения эпюр поперечных сил и изгибающих моментов, вытекающие как непосредственно из метода сечений, так и из дифференциальных зависимостей между  $q$ ,  $Q$  и  $M$ :

$$\frac{dQ_z}{dx} = -q; \quad \frac{dM_y}{dx} = Q_z; \quad \frac{d^2M_y}{dx^2} = -q.$$

1) Если на участке отсутствует распределенная нагрузка, то поперечная сила постоянна, а изгибающий момент изменяется по линейному закону;

2) Если на участке имеется равномерно распределенная нагрузка, то поперечная сила изменяется по линейному закону, а изгибающий момент – по закону квадратной параболы. При этом параболы всегда обращена выпуклостью вниз от распределенной нагрузки.

3) Если на участке имеется распределенная нагрузка, изменяющаяся по линейному закону (эпора нагрузки – треугольник или трапеция), то поперечная сила изменяется по закону квадратной параболы, а изгибающий момент – по закону кубической параболы.





3.2 Создание отдельных узлов бабки			Создайте еще три узла, последовательно вводя их координаты (3,0,0), (5,0,0), (6,0,0) и нажимая на пиктограмму . Закройте окно создания узлов.
3.3 Вывод на экран номеров узлов (контроль правильности создания)			Щелчком на кнопку «Флаги рисования» откройте диалоговое окно «Показать». Активизируйте закладку «Узлы». После этого отметьте опцию <b>Номера узлов</b> и щелкните по кнопке <b>Перрисовать</b> .
3.4 Создание геометрической схемы бабки		Откройте диалоговое окно «Добавить узел», выполнив команды меню: <b>Создание</b> → <b>Добавить узел</b> . Щелкните на пиктограмму  – будет создан первый узел, координаты которого совпадают с началом глобальной системы координат.	См. примечание 1
2.2.2. Порядок расчета бабки		Выполните команду Windows: <b>Пуск</b> → <b>Программы</b> → <b>LiGa-SAPR</b> → <b>ЛИРА-SAPR 2011</b> → <b>ЛИРА-SAPR</b>	
1. Создание новой задачи		В диалоговом окне «Описание схемы» задайте имя задачи: «Балка», введите описание задачи «Статический расчет балки», отметьте признак схемы: «2»	
2.2.2. Порядок расчета бабки		Выполните команду меню <b>Опции</b> → <b>Единицы измерения</b> . В диалоговом окне «Единицы измерения» установите единицы измерения, соответствующие системе СИ (кг и м, параметры материала – ммПа. Подтвердите выбор новых размеров щелкнув по кнопке «подтвердить»	Закладка «Схема»: <b>Закладка</b> – см. сечение – см, направление – см, направление – МПа, усилия – кН и м

6. Статический расчет балок : методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплинам «Практикум по компьютерной технике», «Строительные конструкции. Спецкурс», «Строительная механика» / сост. Ю. Н. Чудинов. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВПО «КНАГТУ», 2010. – 28 с.

7. Современные технологии расчета и проектирования металлических и деревянных конструкций : учеб. пособие для студ. высш. учебн. заведений / М. С. Барабаш, М. В. Лазюк, М. Л. Мартынова, Н. И. Преснякова ; под ред. А. А. Нилова. – М. : Изд-во АСВ, 2008. – 328 с.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Успешное решение задачи автоматизированного проектирования строительных конструкций с применением современных расчетных комплексов предполагает наличие глубоких знаний в различных областях строительства. Внимательное изучение материала настоящего пособия поможет служить только первым небольшим шагом на этом пути.

Хочется сделать очень важное, с точки зрения автора, пожелание всем тем, кто действительно хочет наиболее эффективно применять ПК «ЛИРА-SAPR 2011». При всех тех широких возможностях, которые предоставляет этот программный комплекс, необходимо стараться комплексно применять на практике и другие программные продукты, разработанные компанией. В первую очередь, это касается ПК «Сапфир». Применение комплексов, использующих 3D BIM технологии, это веяние настоящего времени.

И конечно, самый важный момент для любого проектировщика – расчетчика – глубокий и всесторонний анализ результатов. Без постоянного контроля (качественного и количественного) правильности выполненных расчетов ни в коем случае нельзя быть уверенным в достоверности полученных результатов.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Программный комплекс для расчета и проектирования конструкций. ЛИРА Версия 9.2. Руководство пользователя. – Киев : Факт, 2005. – 140 с.
2. ЛИРА – SAPR 2011 : учеб. пособие / Ю. В. Гензерский, Д. В. Медведенко, О. И. Палиенко, В. П. Титок. – Киев : Электронное издание, 2011. – 396 с.
3. Дарков, А. В. Сопровождение материалов / А. В. Дарков, Г. С. Широ. – 4-е изд., перераб. – М. : Высш. шк., 1975. – 655 с.
4. Расчет плоских рам в ПК «ЛИРА» : методические указания к выполнению расчетно-графического задания по дисциплинам «Практикум по компьютерной технике», «Строительные конструкции. Спецкурс», «Строительная механика» / сост. Ю. Н. Чудинов. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВПО «КНАГТУ», 2013. – 28 с.
5. Расчет плоских ферм. Расчет фермы в ПК «ЛИРА» : в 2 ч. Ч. 2 : методические указания к выполнению лабораторных работ 1, 2 по дисциплинам «Практикум по компьютерной технике», «Теоретическая механика» / сост. Ю. Н. Чудинов. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВПО «КНАГТУ», 2013. – 32 с.

Этапы и операции	Команда и ее иконка	Ваши действия	Рекомендации и комментарии
3.4 Создание начальных элементов		Откройте диалоговое окно «Добавить элемент», выполнив команды меню: <b>Создание</b> → <b>Добавить элемент</b> . Щелкните на пиктограмму  – будет создан первый узел – за мышечной кнопкой потяните линию, щелкните на узел №2 – появится отрезок (КЭ), соединяющий узлы 1 и 2. Последовательно щелкните левой кнопкой мыши на узлы 2 и 3, и 3 и 4. Будут созданы второй и третий КЭ	Для создания КЭ необходимо по возможности наиболее точно щелкнуть по точкам. При щелчке в точку, КЭ будет создан элементом «резинное окно»
3.5 Вывод на экран номеров элементов		Щелчком на кнопку «Флаги рисования» откройте диалоговое окно «Показать». Активизируйте закладку «Элементы». После этого выберите команду <b>Номера элементов</b> и щелкните по кнопке <b>Перрисовать</b>	На расчетной схеме отображаются номера элементов
3.6 Сохранение данных		В диалоговом окне «Сохранить как» задайте папку, в которую будет сохранена эта задача	С помощью открывающегося окна «Сохранить как» найдите папку и сохраните файл в эту папку
4.4.1 Выделение узла 1		Активизируйте режим отметки узлов. Выделите узел 1, щелкнув по нему левой кнопкой мыши	Узел окрасится в красный цвет
4.2 Задание граничных условий в узле 1		В диалоговом окне «Связи в узлах» активизируйте закладку «Назначить связи» и отметьте направление Z, по которому запрещено перемещение узла, перемещение в остальных направлениях. В крайнем правом положении и щелкните по кнопке <b>Применить</b>	На узле 1 появится пиктограмма . Исключение одной линейной степени свободы узла моделирует шарнирно-подвижную опору
4.3 Выделение узла 4		Выделите узел 4	Узел окрасится в красный цвет
4.4 Задание граничных условий в узле 4		В диалоговом окне «Связи в узлах» отметьте направление, по которому запрещено перемещение узла (X, Z) и щелкните по кнопке <b>Применить</b> . Закройте окно «Связи в узлах», щелкнув по кнопке <b>Шарнирно-неподвижную опору</b>	На узле 4 появится пиктограмма . Исключение двух линейных степеней свободы узла моделирует шарнирно-неподвижную опору



<b>Этапы и операции</b>	<b>Команда и ее иконка</b>	<b>Ваши действия</b>	<b>Рекомендации и комментарии</b>
<b>9 Вывод результатов расчета</b>			
<b>Вывод графического изображения расчетной схемы балки</b>			
9.1 Вывод на экран недеформированной схемы		Уберитесь с экрана деформированное положение балки. Щелкните по кнопке инструмента или введите команду <b>Схема</b> ➤ <b>Исходная схема</b>	
9.2 Вывод на экран графического контейнера		Если на экране отсутствует «окно графического контейнера», в команде меню <b>Окно</b> отметьте галочкой <b>Графический контейнер</b> <input checked="" type="checkbox"/> Графический контейнер	
9.3 Добавление недеформированной расчетной схемы в окно графического контейнера		Щелкните по кнопке инструмента в окне графического контейнера	В окне графического контейнера появится рисунок расчетной схемы
9.4 Перенос изображения недеформированной расчетной схемы в буфер обмена		Сделайте изображение расчетной схемы в окне графического контейнера активной. Щелкните по нему левой кнопкой мыши. Далее щелкните по кнопке <b>Копировать</b> в этом же окне	Изображение расчетной схемы в буфер обмена. Отсюда его можно скопировать в программу обработки результатов расчета (см. приложение 3)
<b>9.5 Вывод на экран таблицы усилий</b>			
9.5 Вывод на экран таблицы усилий для элементов балки		Щелкните по кнопке инструмента «Интерактивная таблица» на панели <b>Выбор</b> . В открывшемся окне <b>редактора форм</b> выберите в списке опцию «Усилия (стержни)» и щелкните по <b>Применить</b> . В появившемся окне «Создание таблицы» подтвердите выбор: «для всех элементов», «для одного нагружения №1». На экране появится таблица усилий для всех элементов балки	Таблица усилий скопирована в окно графического контейнера
<b>9.6 Добавление таблицы усилий в окно графического контейнера</b>			
9.6 Добавление таблицы усилий в окно графического контейнера		В созданной таблице усилий выполните команду меню <b>Файл</b> ➤ <b>Копировать для документа</b> . Закройте таблицу и окно редактора форм	
<b>9.7 Вывод на экран панели Эпюры</b>			
9.7 Вывод на экран панели Эпюры		Панель <b>Эпюры</b> вызывается щелчком по кнопке инструмента с панели <b>Переключения и напряжения</b> . Обычно она появляется в самом низу экрана	

<b>Этапы и операции</b>	<b>Команда и ее иконка</b>	<b>Ваши действия</b>	<b>Рекомендации и комментарии</b>
<b>1.5 Задание арматуры</b>			
1.5 Задание арматуры		Отметьте поле « <b>Арматура</b> ». Щелкните на кнопку <b>Добавить</b> и в открывшемся окне <b>Характеристики арматуры</b> оставьте все параметры по умолчанию, просто щелкнув по кнопке <b>Подтвердить</b>	
<b>2 Задание и выбор материала для ригелей</b>			
2.1 Выбор жесткости Брус 25*60 (ригель)		Перейдите на закладку <b>Жесткости</b> . Щелкните левой кнопкой мыши по жесткости <b>Брус 25*60 (ригель)</b> в окне списка жесткостей	Вверху в окне меню жесткости отобразится Брус 25*60 (ригель)
2.2 Переход на закладку «Железобетонные конструкции»		Перейдите на закладку «Ж/б». В поле « <b>Задание параметров для железобетонных конструкций</b> » необходимо будет задать тип (бетон и арматуру для ригелей) оставив как для колонн)	
2.3 Задание типа		Отметьте поле <b>тип</b> (оставлялось активным в поле <b>арматура</b> ). Щелкните на кнопку <b>Добавить</b> и в открывшемся окне <b>Общие характеристики</b> в подтаблице <b>Конструктивные особенности стержней</b> выберите <b>Балка</b> . Остальные характеристики оставьте по умолчанию. Подтвердите выбор, щелкнув по кнопке <b>Подтвердить</b>	В поле «Задание параметров для железобетонных конструкций» отобразятся <b>ружции</b> отобразятся с 2. Стержень
<b>3 Назначение жесткостей и материалов ригелям и колоннам</b>			
3.1 Выделение ригелей		Активизируйте режим отстки элементов. Выделите три горизонтальных элемента 9-11 рамы (ригели), расставив вокруг них «резиновое окно»	
3.2 Назначение ригелям текущего типа жесткости и материала		В диалоговом окне «Жесткости и материалы» щелкните по кнопке <b>Назначить</b>	
3.3 Выделение колонн		Активизируйте режим отстки вертикальных элементов. Расставьте «резиновое окно» вокруг всей рамы	Выделятся только колонны - вертикальные элементы
3.4 Выбор типа I. Стержень		В окне <b>Жесткости и материалы</b> в закладке <b>Ж/б</b> два раза щелкните левой кнопкой мыши по типу <b>I. Стержень</b>	Тип <b>I. Стержень</b> станет текущим в поле <b>Материалы</b>
3.5 Назначение колоннам текущего типа жесткости и материала		В диалоговом окне «Жесткости и материалы» щелкните по кнопке <b>Назначить</b>	

<b>Этапы и операции</b>	<b>Команда и ее иконка</b>	<b>Ваши действия</b>	<b>Рекомендации и комментарии</b>
9.8 Вывод на экран эпюры $M_x$		Щелкните по кнопке инструмента на панели <b>Эпюры</b>	
9.9 Вывод на экран значений усилий на эпюрах		Щелчком на кнопку « <b>Флаги рисования</b> » откройте диалоговое окно «Показать». Активизируйте закладку « <b>Значения</b> ». Отметьте опцию <b>Значения на эпюрах</b> и щелкните по кнопке <b>Перерисовать</b>	На эпюрах изобразятся моменты отобразятся значения усилий в начальных и конечных сечениях элементов (см. приложение 4)
9.10 Добавление эпюры моментов в окно графического контейнера		Щелкните по кнопке инструмента в окне эпюры моментов <b>графического контейнера</b>	В окне графического контейнера появятся изображенные эпюры моментов
9.11 Вывод на экран эпюры $Q_z$		Щелкните по соответствующей кнопке инструмента на панели <b>Эпюры</b>	
9.12 Добавление эпюры поперечных сил в окно графического контейнера		Щелкните по кнопке инструмента в окне эпюры поперечных сил <b>графического контейнера</b>	В окне графического контейнера появятся изображенные эпюры поперечных сил
9.13 Вывод на экран информационного окна для элемента №1		Щелкните сначала по кнопке « <b>Информация об элементе</b> 1. На экране отобразится окно информации для указанного элемента	Другой вариант – командой меню: <b>Выбор элемента</b> ➤ <b>№1</b> ➤ <b>Информация об элементе</b> ➤ <b>№1</b> ➤ <b>Подтвердить</b>
9.14 Вывод на экран эпюры $Q_z$ и $M_x$ для элемента №1		Отметьте в информационном окне опцию « <b>Эпюры</b> ». В открывшемся окне снимите щелчками мыши выделение всех эпюр, кроме <b><math>Q_z</math></b> и <b><math>M_x</math></b>	Окно эпюр $Q_z$ и $M_x$
9.15 Добавление элемента 1 в окно графического контейнера		Щелкните по кнопке инструмента в информационном окне « <b>Эпюры усилий</b> »	В окне графического контейнера появятся эпюры $Q_z$ и $M_x$ для элемента 1

#### 4.5. Конструктивный расчет железобетонных элементов

Рассмотрим конструктивный расчет плоской рамы, выполненной из железобетонных элементов (пример из лабораторной работы 3). Откройте файл «Расчет плоской рамы». Приведем ниже порядок расчета.

##### 1 Задание и выбор материала для колонн

1.1 Вывод на экран окна «Жесткости и материалы»		Откройте диалоговое окно «Жесткости и материалы». Щелкните левой кнопкой мыши по жесткости <b>Брус 40*40 (колонна)</b> в окне списка типов жесткостей <input checked="" type="checkbox"/> Жесткость (колонна)	Вверху в окне текущих жесткостей отобразится Брус 40*40 (колонна)
1.2 Переход на закладку «Железобетонные конструкции»		Перейдите на закладку «Ж/б». В поле « <b>Задание параметров для железобетонных конструкций</b> » необходимо будет задать: тип, бетон и арматуру	
1.3 Задание типа		Щелкните на кнопку <b>Добавить</b> и в открывшемся окне <b>Общие характеристики</b> в подтаблице <b>Конструктивные особенности стержней</b> выберите Колонна радиальная. Остальные характеристики оставьте по умолчанию. Подтвердите выбор, щелкнув по кнопке <b>Подтвердить</b>	В поле «Задание параметров для железобетонных конструкций» отобразится <b>размеры</b> для железобетонных конструкций
1.4 Задание бетона		Отметьте поле « <b>Бетон</b> ». Щелкните на кнопку <b>Добавить</b> и в открывшемся окне <b>Характеристики бетона</b> выберите с помощью перекрутки класс бетона – В20. Остальные характеристики оставьте по умолчанию. Подтвердите выбор, щелкнув по кнопке <b>Подтвердить</b>	В поле «Задание параметров для железобетонных конструкций» отобразится <b>класс бетона</b> – В20. Остальные характеристики оставьте по умолчанию. Подтвердите выбор, щелкнув по кнопке <b>Подтвердить</b>

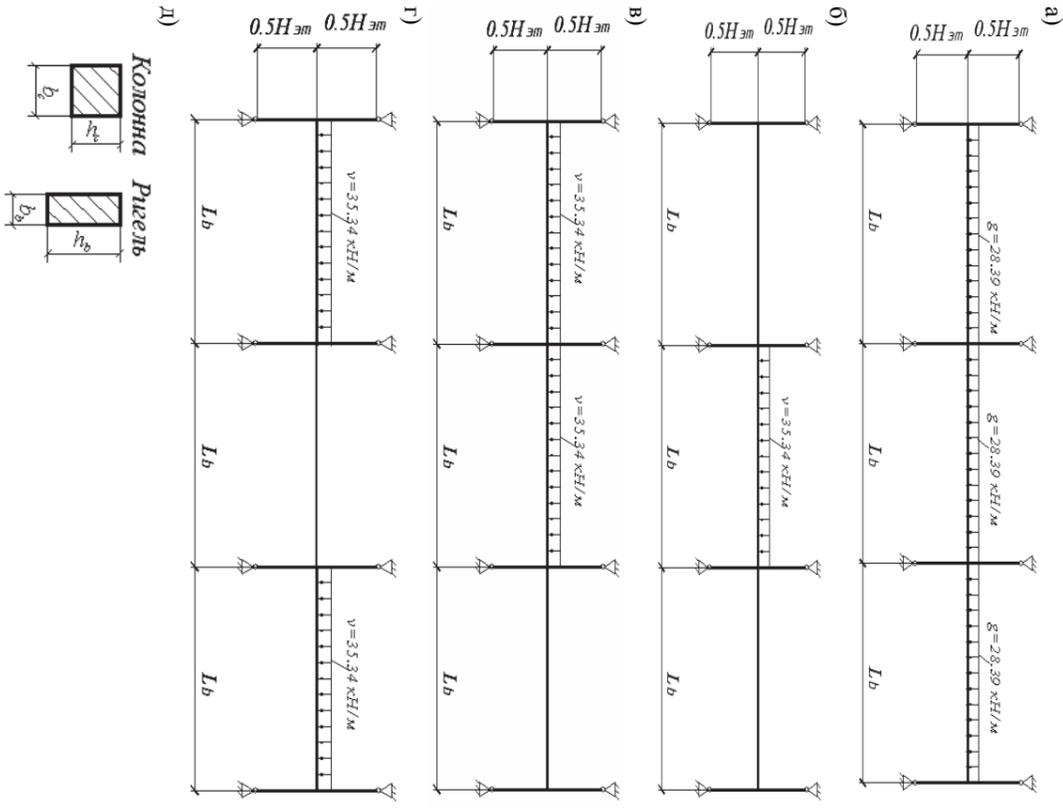
**Примечание.** Если бы не был создан единый конструктивный элемент, то программа рассчитывала бы относительные прогибы балки, делая абсолютные прогибы на длины отдельных КЭ.

Как видно из результатов расчета, балка имеет значительный запас прочности как по первой, так и по второй группе предельных состояний.

Из второй таблицы видно, что был подобран новый профиль – двутавр №14. Подробное описание результатов расчета, приведенных в таблицах (математический и физический смысл каждой проверки), можно посмотреть в [7].



Рис. 3.1. Схема рамы: а – первый вариант загрузки; б – второй вариант загрузки; в – третий вариант загрузки; г – четвертый вариант загрузки; д – сечение элементов



Этапы и операции	Команда и ее иконка	Ваши действия	Рекомендации и комментарии
<b>1.1.1</b> Вывод на экран окна «Жесткости и материалы»		Откройте диалоговое окно «Жесткости и Бет задания текучей матрицы». Отметьте в верхнем поле жесткости <b>Двуэвр 20</b> и <input checked="" type="checkbox"/> Жесткость	Вид закладки <b>Жесткости</b> <b>ЖБ</b> <b>Сталь</b>
<b>1.1.2</b> Переход на клавишу «Сталь»		Перейдите на закладку «Сталь». В поле «Задание параметров для стальных конструкций» необходимо будет задать: материал, дополнительные характеристики и ограничения по подбору	Сталь
<b>1.1.3</b> Задание материала		Щелкните на кнопку <b>Добавить</b> и в открывшемся окне <b>Параметры</b> задайте: тип элемента – колонна, макет – <b>нервнодиффузно стандартно</b> допустимый прогон – 1/250. Подтвердите выбор, щелкнув по кнопке <b>ОК</b> . В поле «Задание параметров для стальных конструкций» отобразится <b>1.1. Материал</b>	Перечуртка появится только после щелчка левой кнопкой мыши на <b>любой</b> класса стали
<b>1.1.4</b> Задание дополнительных характеристик		Отметьте поле « <b>Дополнительные характеристики</b> ». Щелкните на кнопку <b>Добавить</b> и в открывшемся окне <b>Параметры</b> задайте: тип элемента – колонна, макет – <b>нервнодиффузно стандартно</b> допустимый прогон – 1/250. Подтвердите выбор, щелкнув по кнопке <b>ОК</b> . В поле «Задание параметров для стальных конструкций» отобразится <b>1.1. Характеристики</b>	Поле «Задание параметров для стальных конструкций» не будет доступно после щелчка на кнопку <b>ОК</b>
<b>1.1.5</b> Задание организационный подбора		Отметьте поле « <b>Ограничения подбора</b> ». Щелкните на кнопку <b>Добавить</b> и в открывшемся окне <b>Параметры</b> оставьте все параметры по умолчанию, просто щелкнув по кнопке <b>ОК</b>	

#### 4.4. Конструктивный расчет стальных элементов

Основное нововведение в ПК «ЛИРА-САПР 2011» по сравнению с предыдущими версиями – это объединение модуля «ЛИРА-ВИЗОР» с модулями ПК «ЛИРА-СТК» и «ЛИРА-АРМ». В результате можно сразу выполнить и расчет усилий в элементах, и подбор (или проверку) сечений для стальных элементов, и подбор арматуры для железобетонных конструкций. Рассмотрим конструктивный расчет стальной балки – пример из лабораторной работы 2. Откройте файл «Статический расчет балки». Приведем ниже порядок расчета.

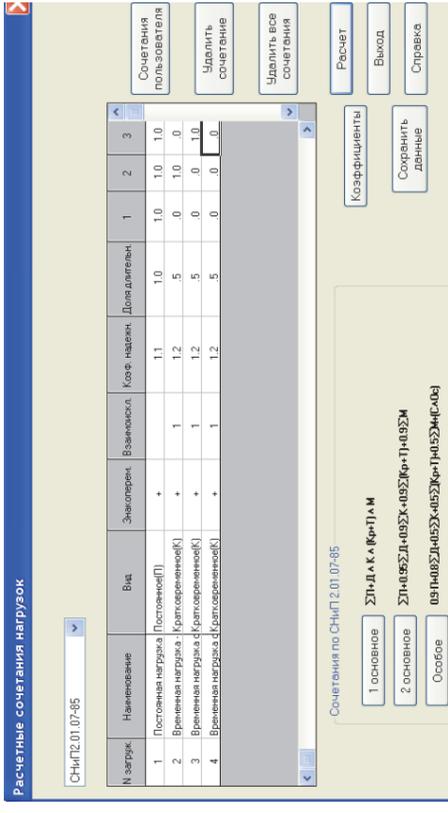


Рис. 4.6. Окно «Расчетные сочетания нагрузок»

Запустите задачу на расчет и после его окончания перейдите в режим «Результаты» расчета. Перейдите в режим анализа результатов по РСН, нажав на кнопку («Перейти к анализу результатов по РСН»).

Подведите курсор мыши к панели «Загрузка» – появится контекстная подсказка «Номер РСН. Имя 1». Переклнитесь с помощью переключки на РСН №4. С помощью пиктограмм и отобразите на экране (рис. 4.7) суммарную эпюру изгибающих моментов по четвертому сочетанию нагрузок (постоянное нагружение 1 + временное нагружение 3).

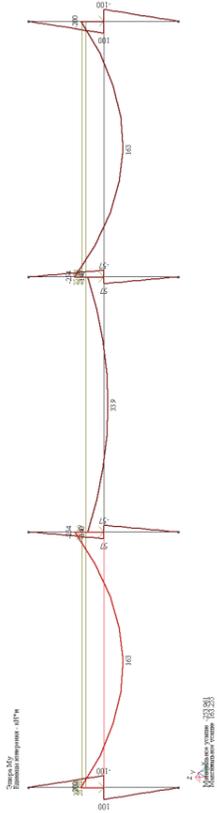


Рис. 4.7. Эпюра изгибающих моментов по четвертому сочетанию нагрузок

#### 3.2.2. Порядок расчета рамы

Этапы и операции	Команда и ее иконка	Ваши действия	Рекомендации и комментарии
Запуск системы ЛИРА-САПР 2011		Выполните команды Windows: <b>Пуск</b> > <b>Программы</b> > <b>Лира-SAPR</b> > <b>ЛИРА-САПР 2011</b> > <b>ЛИРА-САПР</b>	
<b>1</b> Создание новой задачи		В диалоговом окне «Признак схемы» задайте имя задачи: «Плоская рама», введите комментарий «Поперечная рама каркасного здания», отметьте признак схемы: «2»	
<b>2</b> Задание единиц измерения		Выполните команды меню <b>Опции</b> > <b>Закладки измерения</b> . В диалоговом окне «Единицы измерения» установите значения – см, нагрузки – кН и м параметры материала – мПа. Подтвердите выбор новых размерностей, щелкнув по кнопке «подтвердить»	«Схема»: геометрия – м, сечения – см, нагрузки – кН и м параметры материала – мПа <b>Закладка «Результаты расчета»:</b> переключения – см, напряжения – Мпа, усилия – кН и м. <b>Закладка «Арматура»:</b> диаметр арматуры – мм, площадь арматуры – см, вес арматуры – кг, ширина раскрытия трещин – мм, площадь опалубки – м
<b>3</b> Создание геометрической схемы рамы		В диалоговом окне «Создание плоских фрагментов и сетей» активизируйте закладку «Генерация рамы», затем задайте шаг конечных элементов вдоль горизонтальной оси и количество шагов, а также шаг КЭ вдоль вертикальной оси и количество шагов. Шаг вдоль первой оси: Значение Количество Значение Количество L(m) N 7.00 3 L(m) N 2.10 2	
3.1 Генерация рамы		После этого щелкните по кнопке <b>Применить</b> . Закройте окно «Создание плоских фрагментов и сетей», щелкнув по кнопке	



Рекомендации и комментарии	Ваши действия	Команды и ее иконки	Иконки и описание операции
	В диалоговом окне «Задание нагрузки» активизируйте закладку «Нагрузки на стержни». Проверьте опции кнопки – система координат «Глобальная», направление – вдоль оси «Z». Щелчком по кнопке равномерно распределенной нагрузки вызовите диалоговое окно «Параметры». В этом окне введите интенсивность $\nu = 35,34 \text{ кН/м}$ и подтвердите ввод. После этого в диалоговом окне «Задание нагрузки» щелкните по кнопке <b>Применить</b> . Далее по аналогии задайте временную нагрузку для третьего и четвертого загрузки		7.7 Задание временной нагрузки $\nu$ на выделенный элемент 10
<b>Формирование нагрузки в двух первых пролетах</b>			
	В диалоговом окне «Активное грузе-ние» задайте номер и имя нового груза – <b>3, временная нагрузка – схема 2</b>		7.8 Смена номера текущего груза
	Выделите элементы 9 и 10		7.9 Выделение элементов 9 и 10
	В диалоговом окне «Задание нагрузки» должно остаться значение временной нагрузки $\nu = 35,34 \text{ кН/м}$ , поэтому диалоговое окно «Задание нагрузки» достаточно просто щелкнуть по кнопке «Применить»		7.10 Задание временной нагрузки $\nu$ на выделенные элементы 9 и 10
<b>Формирование нагрузки в двух крайних пролетах</b>			
	В диалоговом окне «Активное грузе-ние» задайте номер и имя нового груза – <b>4, временная нагрузка – схема 3</b>		7.11 Смена номера текущего груза
	Выделите элементы 9 и 11		7.12 Выделение элементов 9 и 11
	В диалоговом окне «Задание нагрузки» должно остаться значение временной нагрузки $\nu = 35,34 \text{ кН/м}$ , поэтому диалоговое окно «Задание нагрузки» достаточно просто щелкнуть по кнопке «Применить»		7.13 Задание временной нагрузки $\nu$ на выделенные элементы 9 и 11
	Щелчком по кнопке «Флаги рисования» откройте диалоговое окно «Показать»		7.14 Завершение операции задания нагрузок

Этапы и операции	Команды и ее иконки	Ваши действия	Рекомендации и комментарии
6.7 Закрытие диалогового окна «Жесткости и материалы»		В диалоговом окне «Жесткости и материалы» щелкните по кнопке <b>Закрыть</b>	
<b>7 Задание нагрузок</b>			
<b>Формирование загрузки № 1 (постоянная нагрузка)</b>			
7.1 Задание имени загрузки		Откройте диалоговое окно «Активное грузе-ние». Задайте имя загрузки 1 – <b>постоянная нагрузка</b> . Подтвердите имя в окне «Задание загрузки щелчком по кнопке <b>Применить</b>	Номер активного элемента отображается в окне «Задание загрузки»:
7.2 Вывод на экран номеров элементов		Щелчком по кнопке «Флаги рисования» откройте диалоговое окно «Показать». Активизируйте закладку «Элементы». После этого выберите команду <b>Номера элементов</b> и щелкните по кнопке <b>Перерисовать</b>	На расчетной схеме отображаются номера элементов
7.3 Выделение элементов № 9, 10 и 11		Выделите горизонтальные элементы 9, 10 и 11	
7.4 Задание постоянной нагрузки $\nu$ на выделенные элементы № 9, 10 и 11		В диалоговом окне «Задание нагрузки» активизируйте закладку «Нагрузки на стержни». Укажите (или проверьте) опции кнопки – система координат «Глобальная», направление – вдоль оси «Z». Щелчком по кнопке равномерно распределенной нагрузки вызовите диалоговое окно «Параметры». В этом окне введите интенсивность $\nu = 28,39 \text{ кН/м}$ и подтвердите ввод. После этого в диалоговом окне «Задание нагрузки» щелкните по кнопке <b>Применить</b>	После выполнения команды по заданию постоянной нагрузки на рабочей экранной панели отображаются элементы
<b>Формирование загрузки № 2 (временная нагрузка в среднем пролете)</b>			
7.5 Смена номера текущего груза		В диалоговом окне «Активное грузе-ние» задайте номер и имя нового груза – <b>2, временная нагрузка – схема 1</b>	Номер активного груза можно менять через окно «Задание загрузки».
7.6 Выделение элемента 10		Выделите элемент 10	Но в этом окне нельзя задать новое имя загрузки

Этапы и операции	Ваши действия															
Открытие панели параметров РСУ	Выполните команду меню <b>Нагрузки &gt; РСУ &gt; Генерация</b>															
Выбор строителя	С помощью переключателя выберите строителя															
Задание параметров загрузки	В окне «Вид загрузки» с помощью переключателя выберите «Постояние(0)». Все значения в таблице должны быть по умолчанию. Щелкните по кнопке «Применить»  расположенной рядом с окном «Вид загрузки». Ниже в окне сводной таблицы появится первая запись															
Задание параметров загрузки	Поле «Вид загрузки» станет пустым															
Задание параметров загрузки	В окне «Вид загрузки» с помощью переключателя выберите «Временная(1)». Далее задайте: (а) – 0,5. Коэффициент надежности загрузки оставим по умолчанию – 1,2. Щелкните по кнопке «Применить»  расположенной рядом с окном «Вид загрузки». Ниже в окне сводной таблицы для вычислений РСУ появится еще одна запись															
Задание параметров загрузки	Временная... 1,00 1,00 0,90 1,00															
Задание параметров загрузки	2 Временная... 1,00 1,00 0,80 1,00															
Задание параметров загрузки	Поле «Вид загрузки» станет пустым															
Задание параметров загрузки	Повторите описанные выше действия для третьего и четвертого загрузки (параметры РСУ идентичные). В итоге получаем сводную таблицу РСУ															
Задание параметров загрузки	Сводная таблица для вычисления РСУ:															
Задание параметров загрузки	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Имя загр...</th> <th>Параметры РСУ</th> <th>Коэффициенты РСУ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0 0 0 0 0 1,10 1,00</td> <td>1,00 1,00 0,90 1,00</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0 0 0 0 0 1,20 0,50</td> <td>1,00 1,00 0,80 1,00</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>1 0 0 0 0 1,20 0,50</td> <td>1,00 1,00 0,80 1,00</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0 0 0 0 0 1,20 0,50</td> <td>1,00 1,00 0,80 1,00</td> </tr> </tbody> </table>	Имя загр...	Параметры РСУ	Коэффициенты РСУ	1	0 0 0 0 0 1,10 1,00	1,00 1,00 0,90 1,00	2	0 0 0 0 0 1,20 0,50	1,00 1,00 0,80 1,00	3	1 0 0 0 0 1,20 0,50	1,00 1,00 0,80 1,00	4	0 0 0 0 0 1,20 0,50	1,00 1,00 0,80 1,00
Имя загр...	Параметры РСУ	Коэффициенты РСУ														
1	0 0 0 0 0 1,10 1,00	1,00 1,00 0,90 1,00														
2	0 0 0 0 0 1,20 0,50	1,00 1,00 0,80 1,00														
3	1 0 0 0 0 1,20 0,50	1,00 1,00 0,80 1,00														
4	0 0 0 0 0 1,20 0,50	1,00 1,00 0,80 1,00														
Задание параметров загрузки	Подтвердите создание таблицы РСУ, щелкнув по кнопке «Подтвердить»  расположенной в правом верхнем углу окна «Расчетные сочетания усилий»															
Задание параметров загрузки	Выполните команду меню: <b>Нагрузки &gt; РСУ &gt; Генерация таблицы РСУ</b> . На экране отобразится таблица РСУ. Обратите внимание – программа автоматически сформировала коэффициенты РСУ для основных и особых сочетаний. Так как в данном примере в основном сочетании может быть учтена только временная нагрузка, то коэффициент равен 1															

В табл. 4.1 приведены значения коэффициентов РСУ для сочетаний, принимаемых по умолчанию.

Вид загрузки	Основные сочетания		Особое сочетание
	1-е	2-е	
Постоянное	1	1	0,9
Длительно действующее	1	0,95	0,8
Кратковременное	1	0,9	0,5
Крановое	1	0,9	0
Тормозное	1	0,9	0
Сейсмическое	0	0	1
Особое	0	0	1
Мгновенное	1	0,95	0,9
Ветровое статическое	0	0	0

Таблица 4.1

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

#### 4.3.2. Вычисление расчетных сочетаний усилий

Запустите задачу на расчет. Режим **Выполнить расчет**. В открытом окне «Параметры расчетного процессора» щелкните по кнопке **Подтвердить**. Прогнозируйте появившееся в новом окне предупреждение об отсутствии данных о материалах и параметрах конструирования, щелкнув по кнопке ОК.

Войдите в режим **Результаты расчета** (команды меню **Режим > Результаты расчета**).

Откройте редактор форм (пиктограмма «Интерактивные таблицы» ).

В открывшемся окне **редактора форм** выберите в списке опцию «РСУ(стержни)» и щелкните по кнопке «Применить». Еще раз нажмите на кнопку «Применить» в новом окне. На экране отобразится сводная таблица РСУ для всех элементов расчетной схемы (рис. 4.5).

Программный комплекс вычислил все самые неблагоприятные расчетные сочетания усилий для элементов расчетной схемы. Обратите внимание, что во всех комбинациях учтено только одно из временных нагружений, так как все они были занесены в одну группу взаимосключающих нагружений. Можно сделать следующую проверку. Вернитесь в режим создания расчетной схемы и в таблице РСУ для всех временных нагружений удалите номер группы взаимосключающих нагружений. Выполнив расчет и сформировав новую таблицу РСУ, Вы убедитесь, что программа

Этапы и операции	Команды и ее инструмент	Ваши действия	Рекомендации и комментарии
9.7 Вывод на экран значений усилий на эпюрах		Щелкните «Флаги рисования» откройте диалоговое окно «Показать/Активизировать значки». Укажите опцию <b>Значения на эпюрах</b> и щелкните по кнопке <b>Перерисовать</b>	Щелкните по кнопке «Флаги рисования» откройте диалоговое окно «Показать/Активизировать значки» и щелкните по кнопке <b>Перерисовать</b> (см. приложение 8)
9.8 Добавление эпюры моментов в окно <b>графического контейнера</b>		Щелкните по кнопке инструмента в окне эпюры моментов в окне <b>графического контейнера</b>	В окне <b>графического контейнера</b> выберите элемент <b>графического контейнера</b>
9.9 Вывод на экран эпюры $Q_z$		Щелкните по соответствующей кнопке инструмента на панели <b>Эпюры</b>	На панели <b>Эпюры</b> выберите элемент <b>графического контейнера</b>
9.10 Добавление эпюры поперечных сил в окно <b>графического контейнера</b>		Щелкните по кнопке инструмента в окне эпюры поперечных сил в окне <b>графического контейнера</b>	В окне <b>графического контейнера</b> выберите элемент <b>графического контейнера</b> и щелкните по кнопке <b>Поперечные силы</b>
9.11 Вывод на экран информации о параметрах элемента 9		Щелкните сначала по кнопке «Информация об узле или элементе», а затем по элементу 9. На экране отобразится окно информации для указанного элемента	Другой вариант – <b>Выбор меню: Выбор элемента № 9</b> > <b>9</b> > <b>Подтвердить</b>
9.12 Вывод на экран эпюры $Q_z$ и $M_y$ для элемента 9		Отметьте в информационном окне опцию «Эпюры». В открывшемся окне снимите щелчками мыши выделение всех эпюр, кроме $Q_z$ и $M_y$	Отметьте в информационном окне опцию «Эпюры». В открывшемся окне снимите щелчками мыши выделение всех эпюр, кроме $Q_z$ и $M_y$
9.13 Добавление эпюры $Q_z$ и $M_y$ для элемента 9 в окно <b>графического контейнера</b>		Щелкните по кнопке инструмента в информационном окне «Эпюры усилий»	В окне <b>графического контейнера</b> выберите элемент <b>эпюры <math>Q_z</math> и <math>M_y</math></b> для элемента 9
9.14 Вывод на экран таблицы усилий для элементов 9-11		Выделите одним из способов элементы 9-11. Щелкните по кнопке инструмента на панели <b>Выбор</b> . В открывшемся окне <b>редактора форм</b> выберите в списке опцию «Усилия(стержни)» и щелкните по кнопке «Применить». Отметьте в новом окне опцию «Для выбранных элементов» и нажмите на кнопку «Применить». На экране появится таблица усилий для элементов 9-11	Выделите одним из способов элементы 9-11. Щелкните по кнопке инструмента на панели <b>Выбор</b> . В открывшемся окне <b>редактора форм</b> выберите в списке опцию «Усилия(стержни)» и щелкните по кнопке «Применить». Отметьте в новом окне опцию «Для выбранных элементов» и нажмите на кнопку «Применить». На экране появится таблица усилий для элементов 9-11

никать нормальные и касательные напряжения, изгибающие моменты, поперечные и продольные силы.

4. Стержень балочного ростаевка (тип 3).

Обладает тремя степенями свободы в каждом узле (одним линейным нормальным перемещением и двумя углами поворота).

5. Стержень пространственной фермы (тип 4).

Обладает тремя степенями свободы в каждом узле (тремя линейными перемещениями и одним углом поворота). В таком элементе, как и для первого типа, могут возникать только нормальные напряжения (усилия) сжатия-растяжения вдоль оси элемента.

6. Пространственный стержень без учета сдвига (тип 5).

Аналог универсального стержня (тип 10), с одним исключением – отсутствует учет сдвиговых деформаций. Это актуально для стержней, у которых длина элемента намного превосходит размеры поперечного сечения. Так же, как и для первого типа, имеет шесть степеней свободы в каждом узле (три линейных перемещения и три угла поворота).

#### 4.2. Нормативные и расчетные нагрузки

Особый интерес и много вопросов, и не только у начинающих пользователей, вызывает задача корректного задания нагрузок, составления таблицы расчетных сочетаний усилий (РСУ) и таблицы расчетных сочетаний нагрузок (РСН). Часто многие просто не понимают разницы между РСУ и РСН. Эту тему раскроем ниже. Но сначала разберемся с нормативными и расчетными нагрузками.

Пока пользователь использует ПК «ЛИРА-САПР 2011» как инструмент только для определения усилий от отдельных нагрузжений (без автоматизации составления комбинаций расчетных сочетаний усилий), а дальнейший конструктивный (проектный) расчет элементов делает вручную или в других программах, проблема какие нагрузки задавать – расчетные или нормативные – не актуальна. Пользователь сам решает для себя этот вопрос, задает нагрузки и сам трактует, какие они – нормативные или расчетные.

Но сама идея технологии работы ПК «ЛИРА-САПР 2011» нацелена на то, чтобы полностью автоматизировать процесс расчетов и проектирования строительных конструкций: от сбора нагрузок (с помощью модуля «ЭСПР») до подбора сечений элементов, армирования или проверки. Это уже не простой отдельный расчет усилий в отдельном модуле, а комплексная задача, когда исходные данные (результаты расчетов) экспортируются из одного модуля в другой и необходимо быть уверенным, что этот экспорт выполнен правильно.

Большинство строительных конструкций рассчитываются по двум группам предельных состояний:

- 1) по несущей способности (основные виды расчетов – на прочность и устойчивость);
- 2) по пригодности к эксплуатации (определение прогибов, деформаций, ширины раскрытия трещин).

Расчет по первой группе предельных состояний выполняется по расчетным нагрузкам, расчет по второй группе – по нормативным нагрузкам. (Может быть иная трактовка по расчетным нагрузкам, для которых коэффициент надежности по нагрузке равен единице).

Расчетная нагрузка  $g$  определяется как произведение нормативной  $g_n$  на коэффициент надежности по нагрузке  $\gamma_f$ :

$$g = g_n \cdot \gamma_f \quad (4.1)$$

Технология «ручного» счета предполагает первоначальное определение нормативных нагрузок, а затем определение расчетных нагрузок (по формуле (4.1)). Исключение составляет снеговая нагрузка, для которой в СП приводится расчетное значение. Как же правильно задать нагрузки в ПК «ЛИРА-САПР 2011» при одновременном выполнении статического (динамического) и конструктивного расчета?

В каждом задании необходимо задавать расчетные нагрузки. Возникает вопрос, а как тогда будут определяться нормативные нагрузки для расчета конструкции по второй группе предельных состояний? **Нормативные нагрузки в ПК «ЛИРА-САПР 2011» вычисляются путем деления расчетных на коэффициенты надежности по нагрузке, задаваемые для каждого заданию в таблицах параметрах РСУ или РСН (см. ниже рис. 4.4 и 4.6).**

Отдельно необходимо сказать об учете собственного веса конструкций. В ПК «Мономах», ориентированном, в первую очередь, на расчет железобетонных конструкций, собственный вес конструкций учитывается всегда по умолчанию. В ПК «ЛИРА-САПР 2011» у пользователя есть альтернатива: можно учесть вес конструкций в виде отдельных нагрузок (вычисленных вручную) или автоматически собрать нагрузки от собственного веса элементов через параметры жесткостей.

Опишем второй способ учета собственного веса конструкций.

Откройте файл с примером расчета плоской рамы. Откройте диалоговое окно «Жесткости и материалы» . Выделите тип жесткости «Брус 40\*40 колонна» и нажмите кнопку «Изменить». В открывшемся окне «Задание стандартного сечения» в поле  $R_0$  введите стандартное значение удельного веса железобетона 25 кН/м<sup>3</sup> (рис. 4.1). Щелкните левой кнопкой по мыши по кнопке «Подтвердить».

