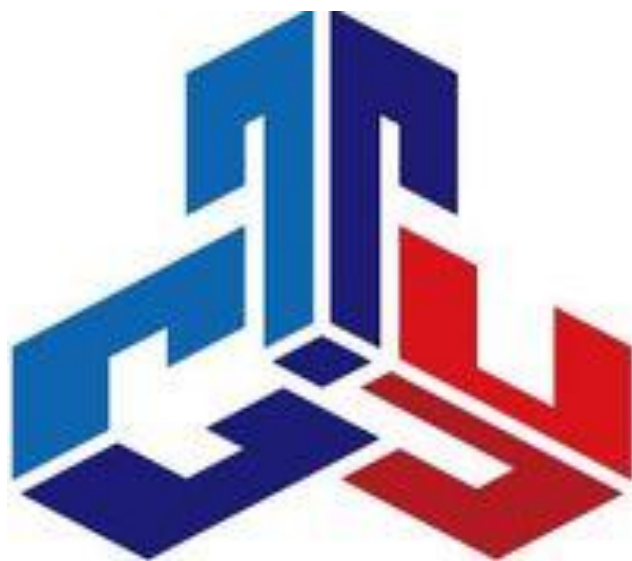


**СОВРЕМЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**



**КОМПЬЮТЕРНЫЕ МЕТОДЫ  
ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЖБ И КАМЕННЫХ  
КОНСТРУКЦИЙ**

**Расчет железобетонного ригеля в**

**ПК «Ли́ра»**

Методические указания

**Рязань 2018**

УДК 621.791.05  
ББК 34.641:30.4  
К85

КОМПЬЮТЕРНЫЕ МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЖБ И КАМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ: Методические  
указания /Сост .Бурмина Е.Н., Ширяев

А.Г., Суворова Н.А.

Современный технический университет. - Рязань, 2018. - 29 с.-50 экз.

Рецензент: к.т.н.,доцент ИГТА Ильяшенко А.Ф.

Методические указания разработаны в помощь студентам профиля ПГС при выполнении ими практических занятий по дисциплине «Компьютерные методы проектирования ЖБ и каменных конструкций», но может быть использовано и студентами других факультетов при проектировании железобетонных конструкций многоэтажного производственного здания.

*Печатается по решению Ученого Совета  
Современного технического университета*

УДК 621.791.05  
ББК 34.641:30.4  
К85

© Е.Н. Бурмина ,А.Г. Ширяев ,Н.А. Суворова

© Современный технический университет, 2018

## Содержание

### ВВЕДЕНИЕ

1 Общие сведения о ПК «Ли́ра».....	5
2 Общие данные о железобетонных ригелях по серии 1.020-1.....	7
3 Расчет железобетонного ригеля в ПК «Ли́ра».....	8
3.1 Создание новой задачи.....	8
3.2 Создание расчетной схемы ригеля.....	8
3.3 Задание нагрузок на ригель.....	11
3.4 Задание жесткости для ригеля.....	12
3.5 Расчет ригеля.....	14
3.6 Результаты расчета ригеля.....	15
3.7 Армирование ригеля.....	20
Список используемых источников	

## ВВЕДЕНИЕ

В практике строительства при возведении различного рода зданий и сооружений, в частности многоэтажных производственных зданий, широко применяются сборные железобетонные конструкции с обычным и предварительно напряженным армированием. Проектирование сборных железобетонных конструкций представляет комплекс расчетных и графических работ, включающих стадии изготовления, транспортирования, монтажа и эксплуатации конструкций. Проектирование экономичных эффективных железобетонных конструкций основывается на знании особенностей их работы под нагрузкой, правильном выборе конструктивных форм, применении более совершенных, предварительно напряженных конструкций, позволяющих достичь экономии материалов, снижения веса, повышения жесткости, трещиностойкости и долговечности, применении легких бетонов на пористых заполнителях и новых эффективных видов высокопрочной арматуры.

Методические указания к курсовому проекту №1 по дисциплине «Железобетонные и каменные конструкции» разработано в соответствии со СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции» [1].

При проектировании железобетонных конструкций рекомендуется пользоваться действующими сводами правил по расчету и конструированию бетонных и железобетонных конструкций без предварительного напряжения арматуры (СП 52-101-2003 [4]) и предварительно напряженных железобетонных конструкций (СП 52-102-2004 [5]).

Расчеты прочности элементов железобетонных конструкций, расчеты трещиностойкости, деформативности, влияния степени предварительного напряжения и других важных вопросов проектирования рекомендуется производить с помощью программных комплексов «Лира», «Мономах» и «SCAD».

Методические указания включают рассмотрение расчета железобетонного ригеля в ПК «Лира».

## 1 Общие сведения о ПК «Ли́ра»

ПК "ЛИРА" предназначен для численного исследования на ЭВМ прочности и устойчивости конструкций, а также и для автоматизированного выполнения ряда процессов конструирования. "ЛИРА" обеспечивает исследование широкого класса конструкций: пространственные стержневые системы, произвольные пластинчатые и оболочечные системы, мембраны, массивные тела, комбинированные системы рамно-связевые конструкции высотных зданий, плиты на грунтовом основании, ребристые пластинчатые системы, многослойные конструкции. Расчет выполняется на статические и динамические нагрузки. Статические нагрузки моделируют силовые воздействия от сосредоточенных или распределенных сил или моментов, температурного нагрева и перемещений отдельных областей конструкции. Динамические нагрузки моделируют воздействия от землетрясения, пульсирующего потока ветра, вибрационные воздействия от технологического оборудования, ударные воздействия.

Исследуемые объекты могут иметь произвольные криволинейные очертания, локальные ослабления в виде различной формы отверстий и полостей, различные условия опирания. ПК "ЛИРА" реализует численный метод дискретизации сплошной среды - метод конечных элементов (МКЭ). Этот метод удобен в алгоритмизации и реализации на ЭВМ. По единой методике рассчитываются стержневые, пластинчатые, массивные и комбинированные системы. Удобно моделируются разнообразные граничные условия и нагрузки.

Основными этапами решения задач по МКЭ являются: синтез дискретной расчетной схемы на основе расчленения исследуемой системы на конечные элементы; построение матриц жесткости; формирование системы канонических уравнений, отражающих кинематическую совместность:

- расчетной системы; решение системы уравнений и вычисление значений узловых перемещений; определение компонентов напряженно-

деформированного состояния исследуемой системы по найденным значениям узловых перемещений.

В "ЛИРА" автоматизированы все этапы решения задач по МКЭ, в том числе и процесс генерации расчетной сетки.

В ПК "ЛИРА" включено большое количество типов конечных элементов: стержни, четырехугольные и треугольные элементы мембраны, плиты, оболочки, четырехугольные и треугольные элементы плиты на упругом основании; пространственные элементы в виде тетраэдра, параллелепипеда, восьмигранника общего вида; одномерный и двумерный (треугольный и четырехугольный); специальные элементы, моделирующие связь конечной жесткости, упругую податливость между узлами; элементы, задаваемые численной матрицей жесткости.

ПК "ЛИРА" имеет развитую систему постпроцессоров конструктора. На основе постпроцессора проектирования железобетонных конструкций пользователь может в автоматизированном режиме подобрать и проверить арматуру в сечениях стержневых и пластинчатых элементов, выполнить эскизные чертежи с увязкой диаметров арматурных стержней по области элемента, для некоторых типов конструкций (ригели, колонны) получить рабочие чертежи. Постпроцессор конструктора стальных конструкций позволяет в автоматизированном режиме подобрать или проверить элементы стальных конструкций произвольного сечения.

Универсальность и легкая адаптация к проблеме позволяют применять "ЛИРА" при автоматизации проектирования различных инженерных объектов:

- строительства - покрытия и перекрытия больших пролетов, конструкции высотных зданий, подпорные стены, фундаментные массивы, каркасные
- конструкции промышленных цехов, отдельные элементы (колонны, ригели, фермы, панели);
- мостостроения, коробчатые конструкции больших пролетов, пилоны и вантовые системы висячих мостов, мостовые опоры, тоннели;

- машиностроения, конструкции транспортных машин, башенных и порталных кранов, дорожно-строительных и горнодобывающих механизмов, турбин;


- специальных сооружений, конструкции высотных башен и мачт, телескопов, магистральных трубопроводов, котлов, корпусов и отдельных фрагментов судов, летательных аппаратов, тяжелые конструкции атомной энергетики, гидротехнических сооружений.


## **2 Общие данные о железобетонных ригелях по серии 1.020-1**

Ригели рам каркаса могут располагаться в продольном и поперечном направлениях. Изменение направления ригелей возможно в любом месте здания. Оно обеспечивается трехконсольными колоннами, где две консоли образованы бетонными приливами, а третья стальным опорным столиком, приваренным к закладным деталям. Для зданий с пролетами 6,0 и 7,2 м предусмотрено применение ригелей высотой 450 и 600 мм; для зданий с пролетами 9,0 м – ригели высотой 600 мм. Ригели опираются на скрытую консоль в колонне. Ригели таврового сечения, с одной или двумя полками, предназначенными для опирания плит перекрытий, лестничных маршей и аналогичных элементов. Длина ригелей на 40 мм короче пролета, равного 6,0; 7,2 и 9,0 м. Сварка ригеля с закладными элементами колонны производится в уровне верха консоли и верха ригеля. Верхняя сварка осуществляется швом «встык» при помощи упирающейся в закладной элемент колонны монтажной стальной «рыбки» («рыбка» поставляется вместе с ригелем). Затем швы заливаются цементным раствором марки 200.

## 3 Расчет железобетонного ригеля в ПК «Лира»

### 3.1 Создание новой задачи

Для создания новой задачи выполните пункт меню **Файл** → **Новый** (пиктограмма  на панели инструментов).

В диалоговом окне **Признак схемы** задайте имя задачи **Ригель** и **Признак схемы 2** и щелкните по кнопке *Подтвердить* (пиктограмма  ). (Рисунок 1)

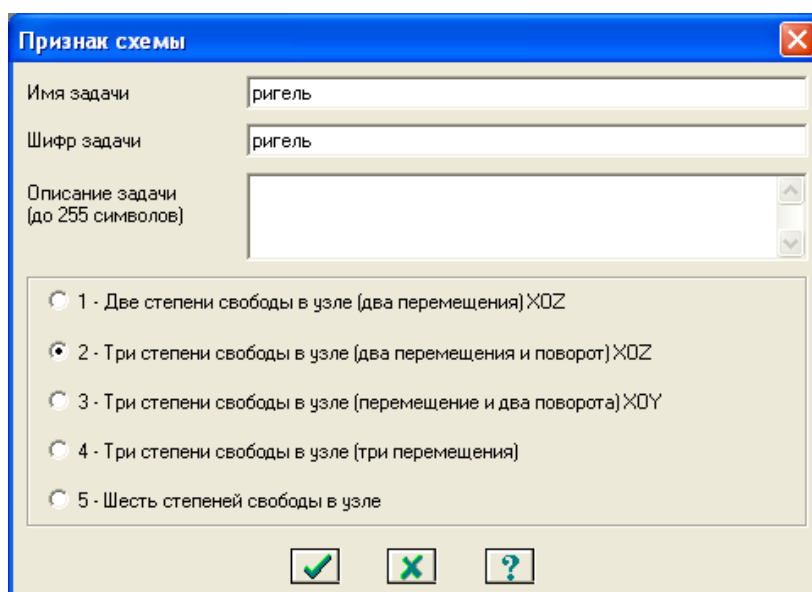



Рисунок 1 – Диалоговое окно «Признак схемы»

### 3.2 Создание расчетной схемы ригеля

В диалоговом окне **Создание регулярных фрагментов и сетей** (Схема → **Создание** → **Регулярные фрагменты и сети**) (пиктограмма  на панели инструментов). (Рисунок 2)



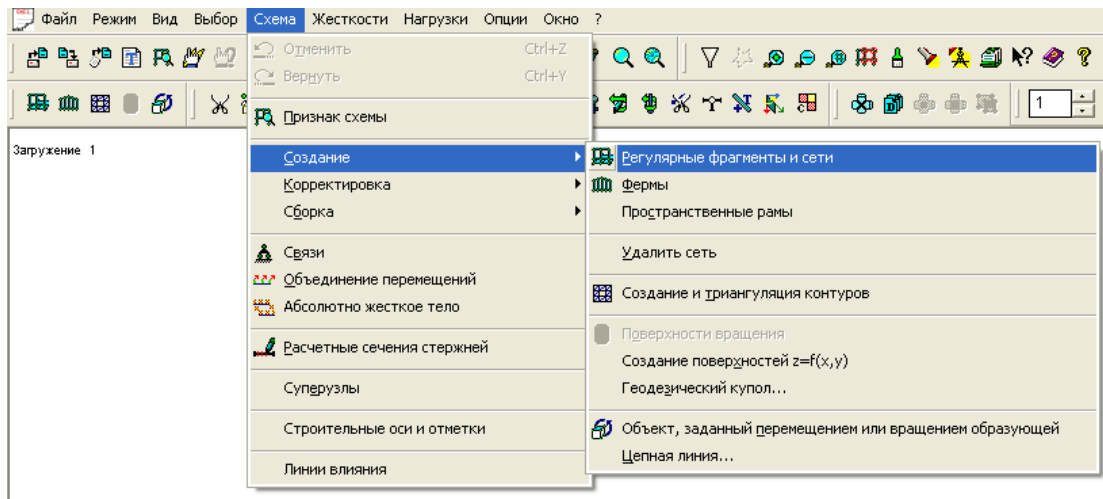



Рисунок 2 - Диалоговое окно «Схема»

Выберите пиктограмму **Генерация рамы** , (Рисунок 3) задайте длину ригеля 5,43м:

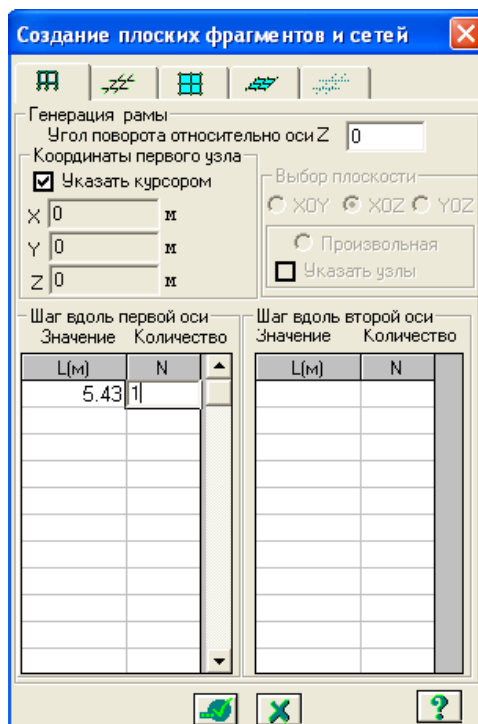


Рисунок 3 -Диалоговое окно «Регулярные фрагменты и сети»

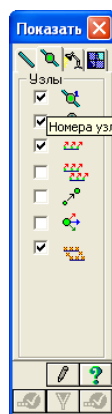
Щелкните по кнопке *Подтвердить*(пиктограмма  ).

Задайте нумерацию узлов и элементов ( **Опции** → **Флаги рисования**)

( пиктограмма  на панели инструментов )



а) нумерация элементов,



б) нумерация узлов

Рисунок 4 – Диалоговые окна «Флаги рисования»

На рисунке 5 представлена полученная геометрическая расчетная схема ригеля

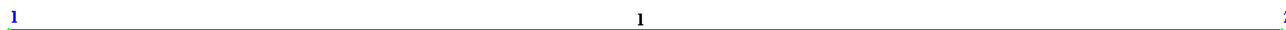



Рисунок 5 - Геометрическая расчетная схема ригеля

Меню **Выбор** → **Отметка узлов**. Выберите узел 1 ( Рисунок 6 )



Рисунок 6 – Отметка узлов

С помощью пиктограммы  на панели инструментов укажите направления, по которым запрещены перемещения узлов ( Рисунок 7 )

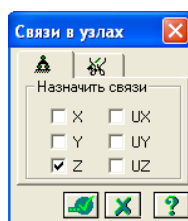


Рисунок 7 – Связи в узлах

Меню **Выбор** → **Отметка узлов**. Выберите узел 2 ( Рисунок 8 )

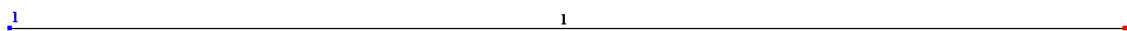



Рисунок 8 – Отметка узлов

С помощью пиктограммы  на панели инструментов укажите направления, по которым запрещены перемещения узлов ( Рисунок 9 )

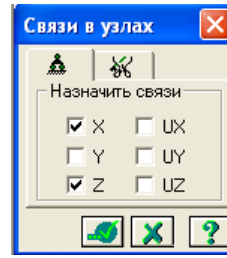


Рисунок 9 – связи в узлах

### 3.3 Задание жесткости для ригеля

Ригель имеет сечение тавра.

Меню **Выбор** → **Отметка** элементов. Выберите элемент 1.



Рисунок 10 – Отметка элементов

В диалоговом окне **Схема** → **Расчетные сечения стержней** ( Рисунок 10а )

с помощью пиктограммы  задайте количество сечений 9 ( Рисунок 11 )

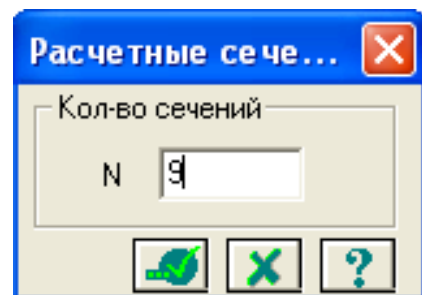
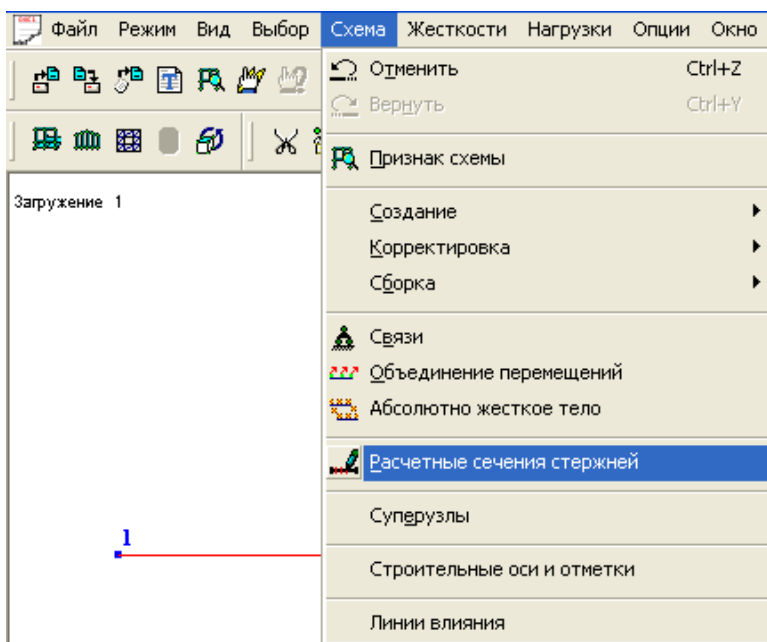
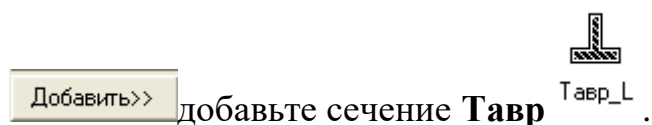



Рисунок 11 - Диалоговое окно «Расчетные сечения

Меню **Выбор**→**Отметка** элементов. Выберите элемент 1. Меню **Жесткости**→**Жесткости** элементов ( Рисунок 12 ).С помощью кнопки



В диалоговом окне **Задание стандартного сечения** задайте характеристики сечения ригеля. С помощью кнопки **Нарисовать** выведите значения сечения ригеля на экран ( Рисунок 13 ). Щелкните по кнопке **Подтвердить** (кнопка ). Выбранное сечение установите как текущий тип **Установить как текущий тип**

и примените кнопку **Назначить**.

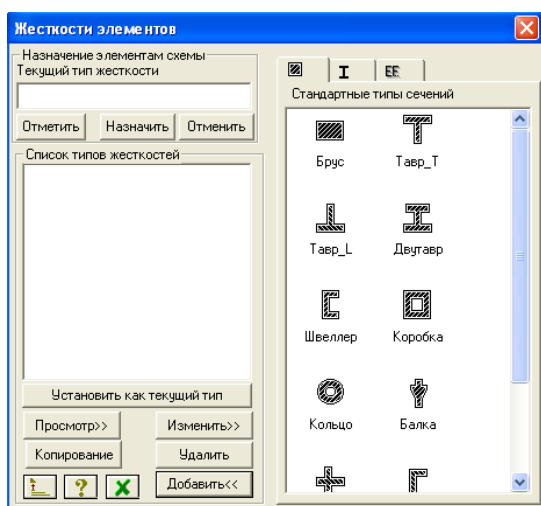


Рисунок 12 - Диалоговое окно «Жесткости элементов»

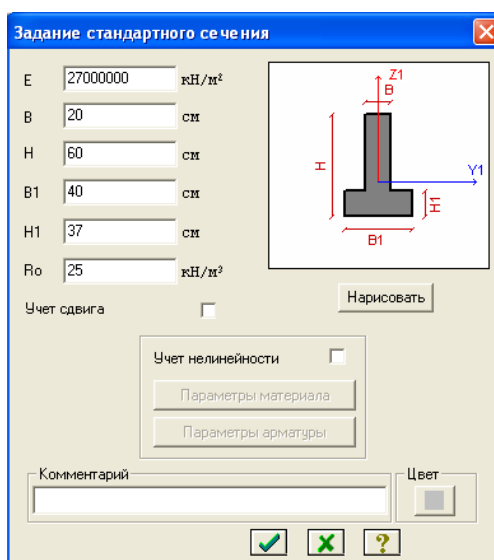





Рисунок 13 - Диалоговое окно «Задание стандартного сечения»

### 3.4 Задание нагрузок на ригель

Меню **Выбор**→**Отметка** элементов. Выберите элемент 1. Меню **Нагрузки**→**Нагрузки** на узлы и элементы ( Рисунок 14 ). Выберите пиктограмму **Нагрузка** на стержни (пиктограмма ) ( Рисунок 15 ).

Задайте местную систему координат, направление по оси z. Выберите равномерно распределенную нагрузку  и задайте параметры нагрузки (Рисунок 16). Щелкните по кнопке *Подтвердить* (кнопка ).

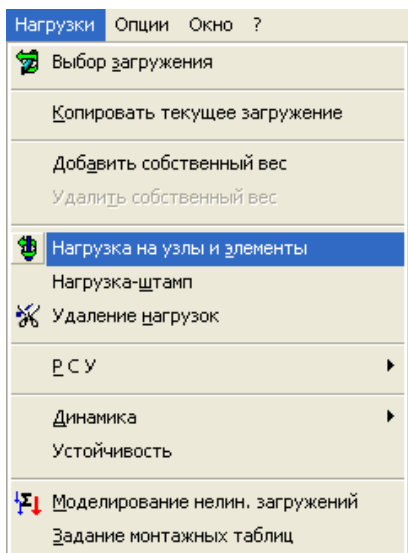


Рисунок 14 - Меню «Нагрузки»

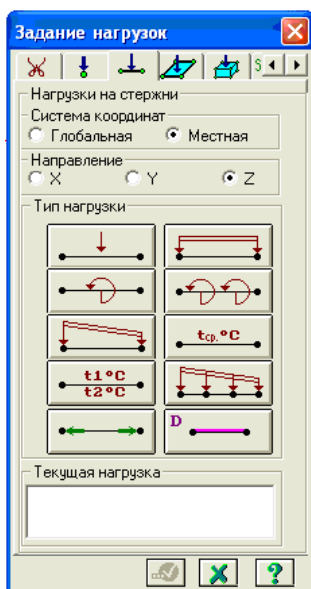


Рисунок 15 - Диалоговое окно «Задание нагрузок»

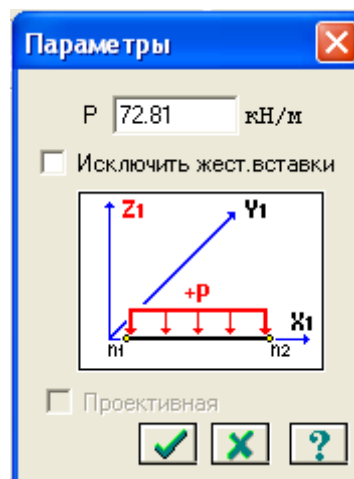





Рисунок 16 - Диалоговое окно «Параметры нагрузки»

Выберите пиктограмму . Выберите пиктограмму  (общие) и с помощью пиктограммы  (величины нагрузок) задайте числовые значения нагрузки (Рисунок 17)

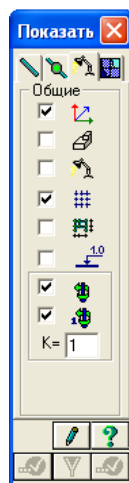


Рисунок 17 - Диалоговое окно «Флаги рисования. Общие»

В результате получится расчетная схема, представленная на Рисунке 18

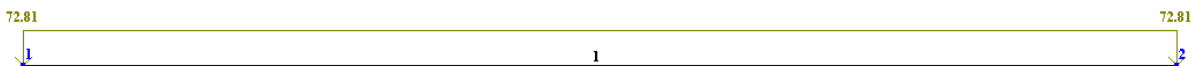


Рисунок 18 – Расчетная схема ригеля

Меню **Режим** → **Выполнить расчет** ( Рисунок 19 ).

### 3.5 Расчет ригеля

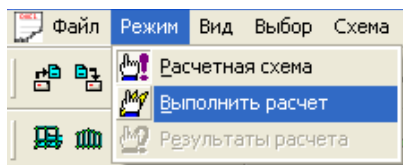



Рисунок 19 - Меню «Режим»

На рисунке 20 представлен экран в момент выполнения расчета. Весь экран предоставлен окну **Выполнить расчет** ( пиктограмма  на панели инструментов ), в котором демонстрируется расчетная схема. Пользователь не может повлиять на ход выполнения задачи, но может остановить расчет кнопкой *Отмена*, помещенной в левой нижней части экрана, а затем закрыть окно.

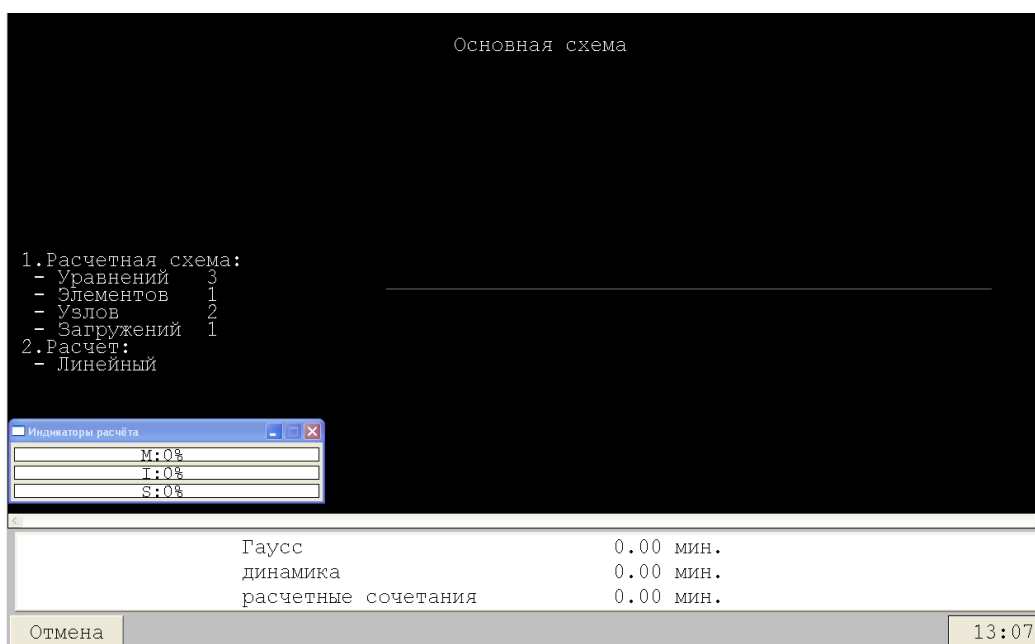



Рисунок 20 – Расчет конструкций

### 3.6 Результаты расчета ригеля

Меню **Режим** → **Результаты расчета** ( Рисунок 21 ). ( пиктограмма  на панели инструментов ).

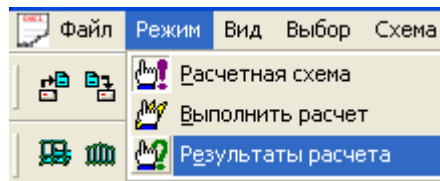


Рисунок 21 - Меню «Режим»

Меню **Усилия** → **Эпюры**( Рисунок 22 ).

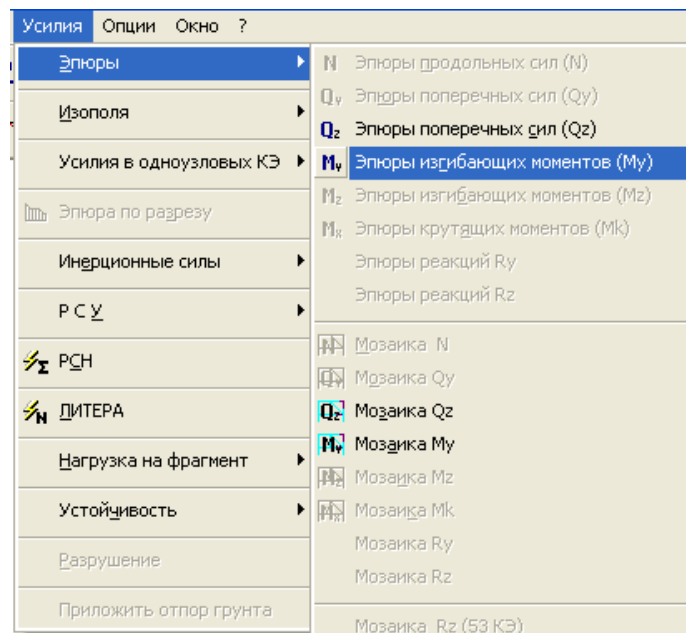


Рисунок 22 - Меню «Усилия»

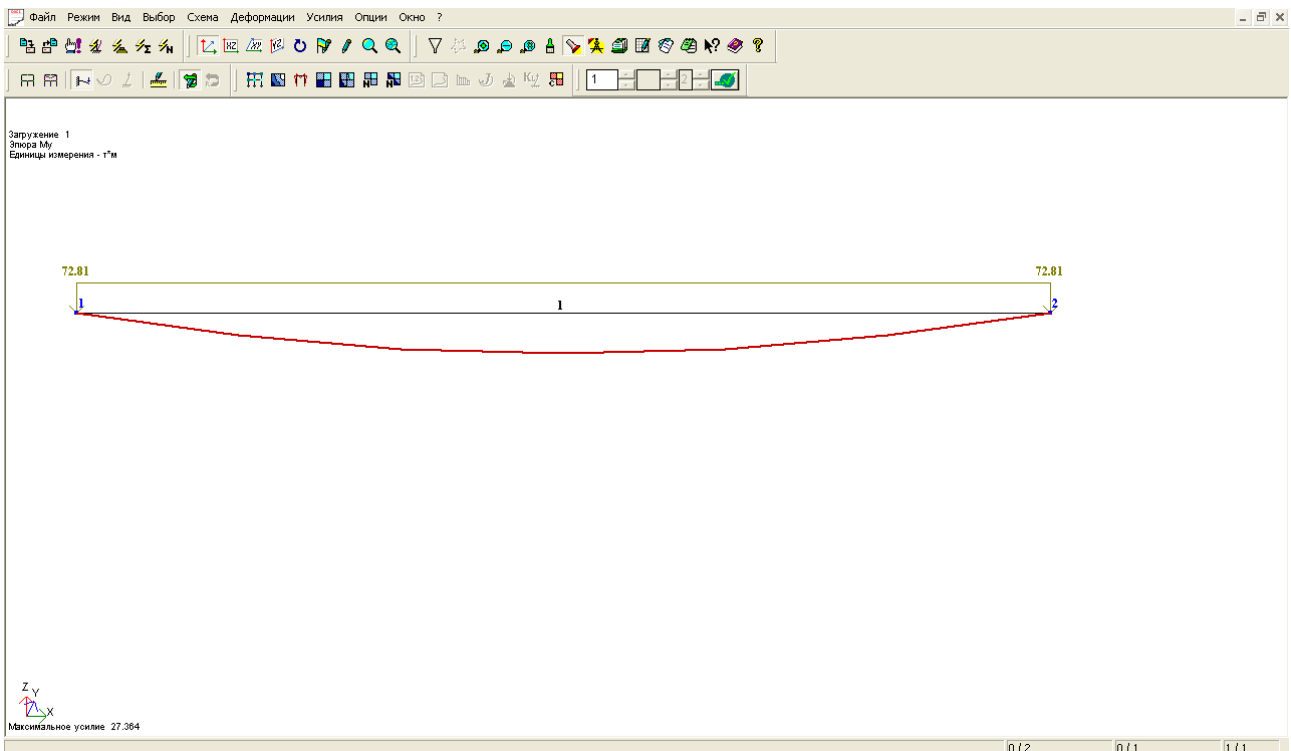


Рисунок23 - Эпюра изгибающих моментов

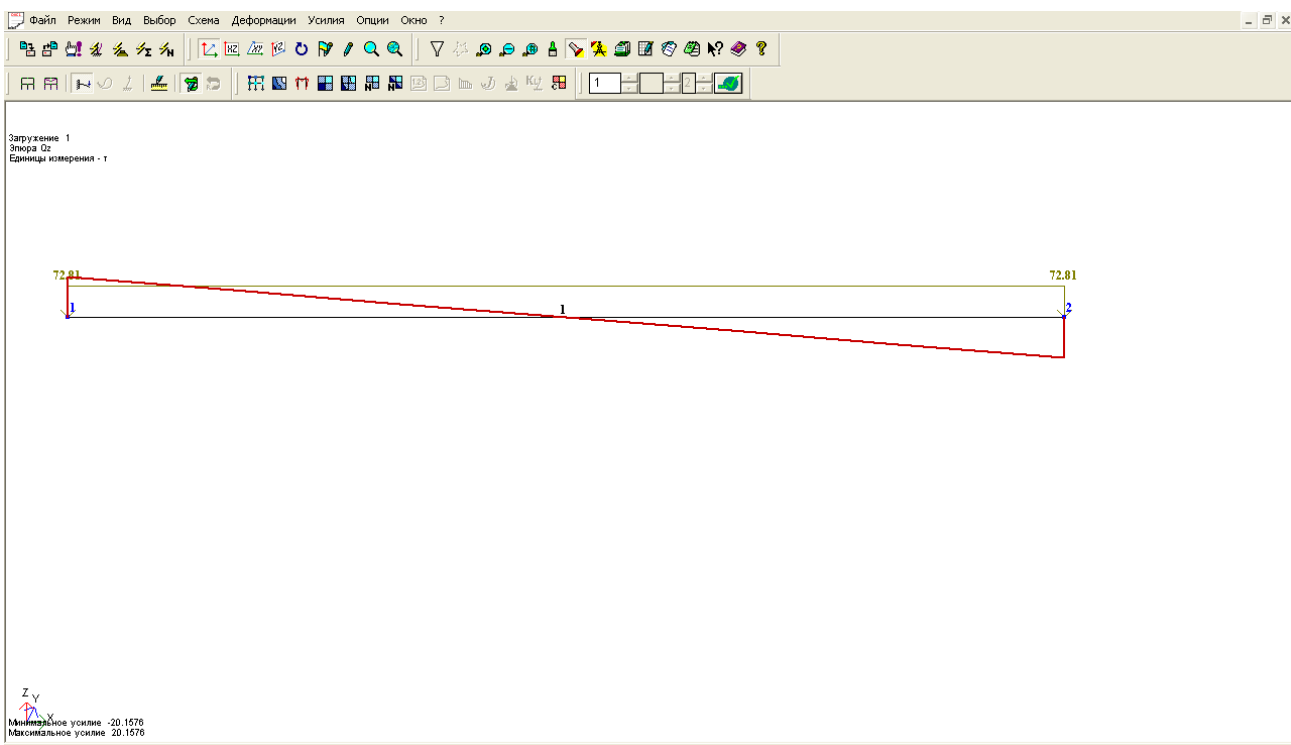





Рисунок 24 - Эпюра поперечных сил

Для назначения числовых значений на эпюрах изгибающих моментов и

поперечных сил выберите пиктограмму , выберите закладку



Результаты (пиктограмма  ). Выберите кнопку  . Нажмите Подтвердить  . ( Рисунок 25 )

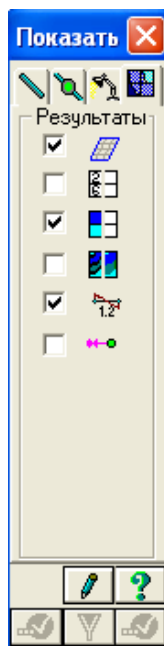


Рисунок 25 - Меню «Флаги рисования. Результаты»

На рисунке 23 показана эпюра моментов.

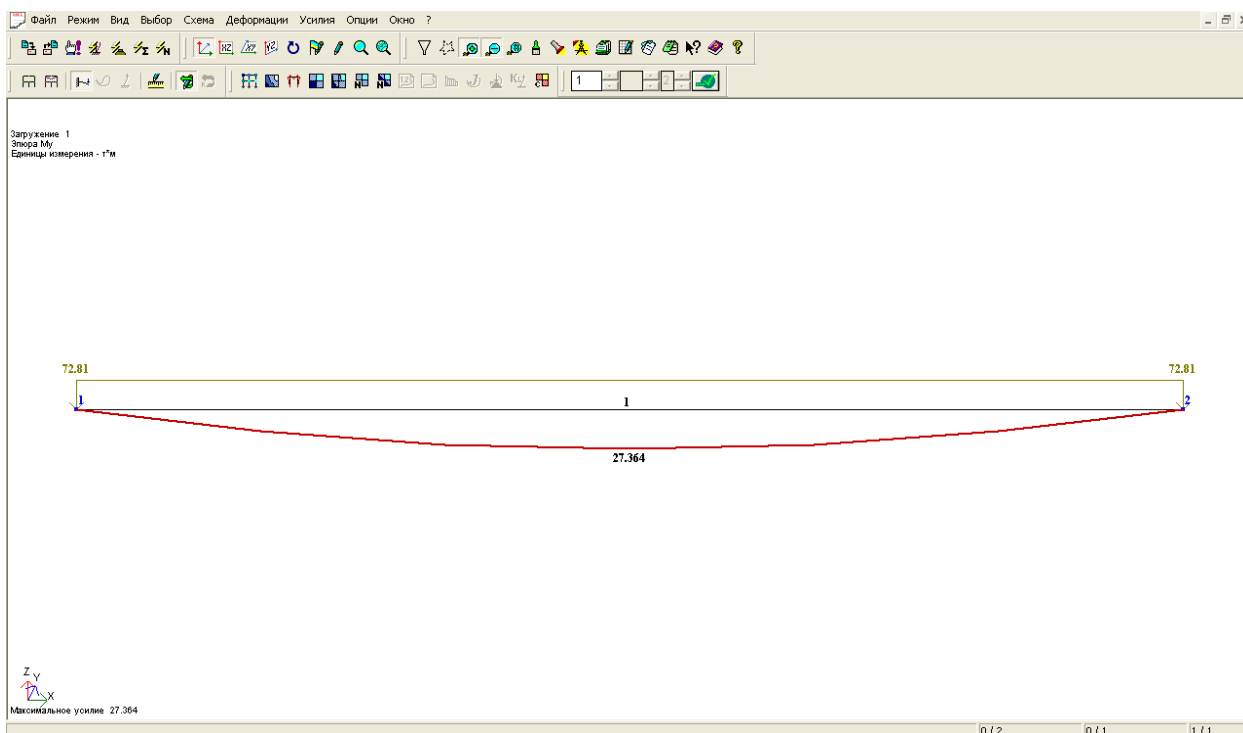


Рисунок 26 - Эпюра моментов

На рисунке 27 показана эпюра поперечных сил.

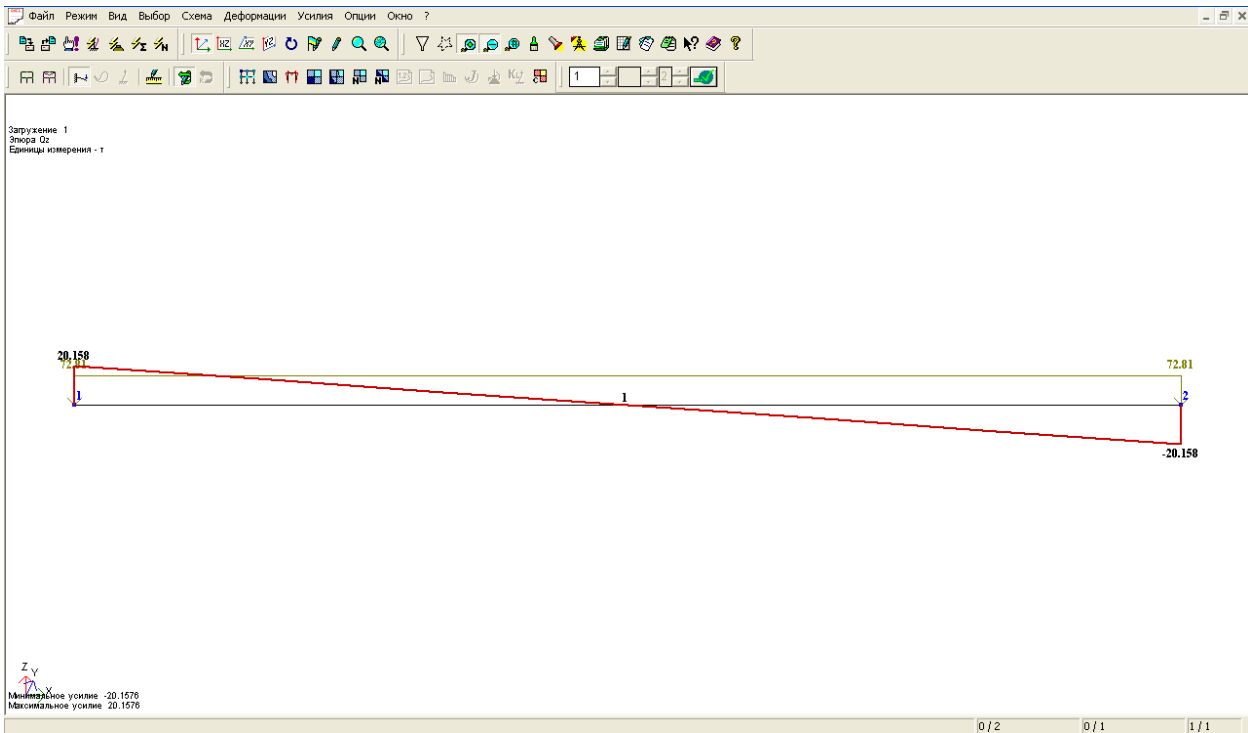


Рисунок 27 - Эпюра поперечных сил

Для вывода результатов в табличной форме **Окно** →

**Интерактивные таблицы (или Стандартные таблицы) (Рисунок 28)**

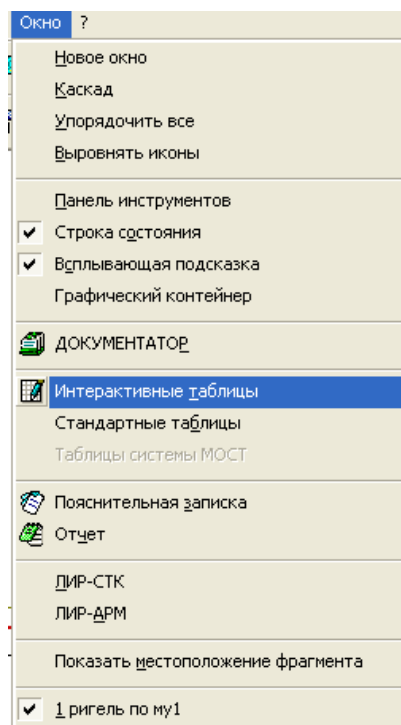


Рисунок 28 - Меню «Окно»

Выберите **Усилия ( стержни )**. Нажмите кнопку **Таблицу - на экран**

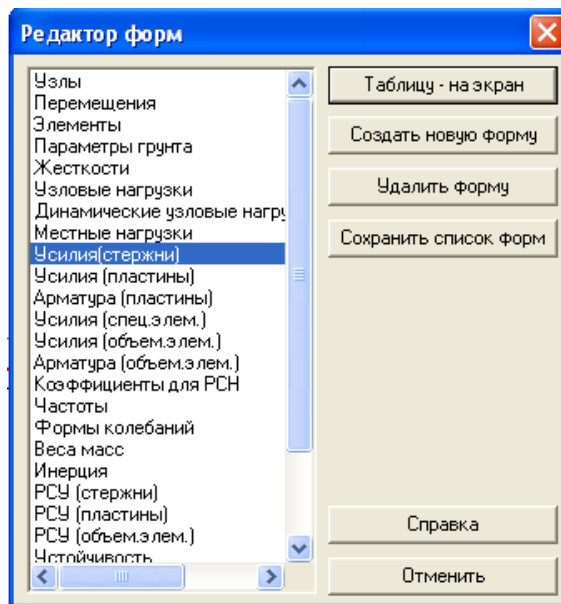
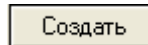


Рисунок 29 – Редактор форм

Создайте таблицу элементов с помощью кнопки



( Рисунок 30 )

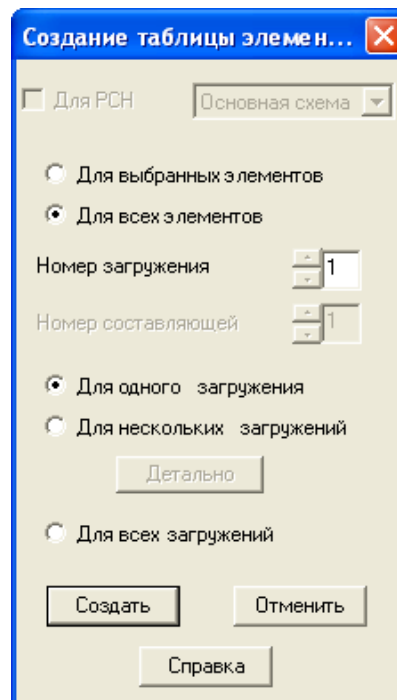


Рисунок 30 - Создание таблицы элементов

На рисунке 31 представлена таблица усилий.

Таблица усилий (стержни)												
Файл Редактировать Опции												
Таблица усилий (стержни)												
№ элем	№ сечен	Усилия								Тип элем	№ загруз	Составл
		N (т)	Mk (т*м)	Mu (т*м)	Qz (т)	Mz (т*м)	Qu (т)	Ry (т/м)	Rz (т/м)			
1	1	0.000	0.000	0.000	20.158	0.000	0.000	0.000	0.000	10	1	-
1	2	0.000	0.000	11.972	15.118	0.000	0.000	0.000	0.000	10	1	-
1	3	0.000	0.000	20.523	10.079	0.000	0.000	0.000	0.000	10	1	-
1	4	0.000	0.000	25.654	5.039	0.000	0.000	0.000	0.000	10	1	-
1	5	0.000	0.000	27.364	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	10	1	-
1	6	0.000	0.000	25.654	-5.039	0.000	0.000	0.000	0.000	10	1	-
1	7	0.000	0.000	20.523	-10.079	0.000	0.000	0.000	0.000	10	1	-
1	8	0.000	0.000	11.972	-15.118	0.000	0.000	0.000	0.000	10	1	-
1	9	0.000	0.000	0.000	-20.158	0.000	0.000	0.000	0.000	10	1	-

Рисунок 31 - Таблица усилий

### 3.7 Армирование ригеля

Меню **Окно** → **ЛИР-ДРМ**.

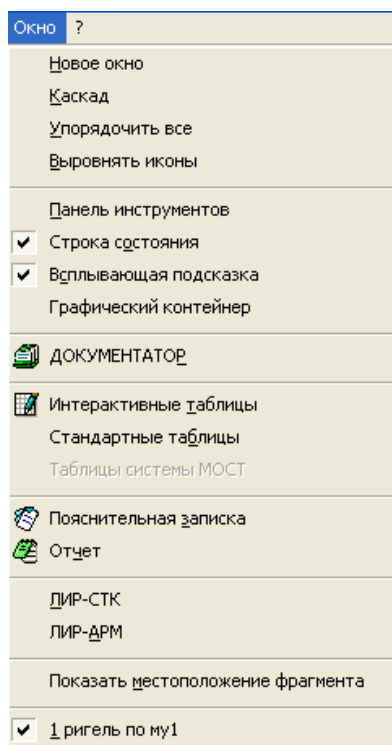



Рисунок 32 - Меню Окно

Меню **Выбор** → **Отметка элементов** ( пиктограмма  на панели инструментов ). ( Рисунок 33 )

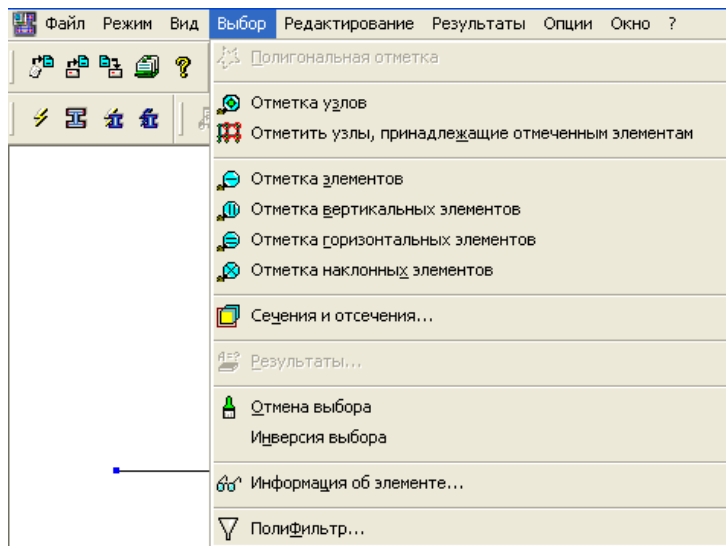



Рисунок 33 - Меню Выбор

Выберите элемент 1.

1

Рисунок 34 – Отметка элементов

Меню **Редактирование** → **Задание и выбор материала** ( пиктограмма  на панели инструментов ). ( Рисунок 35 )

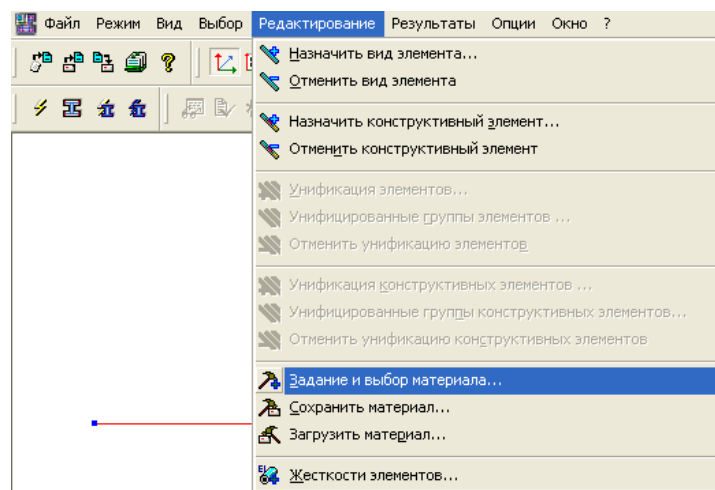


Рисунок 35 - Меню Редактирование

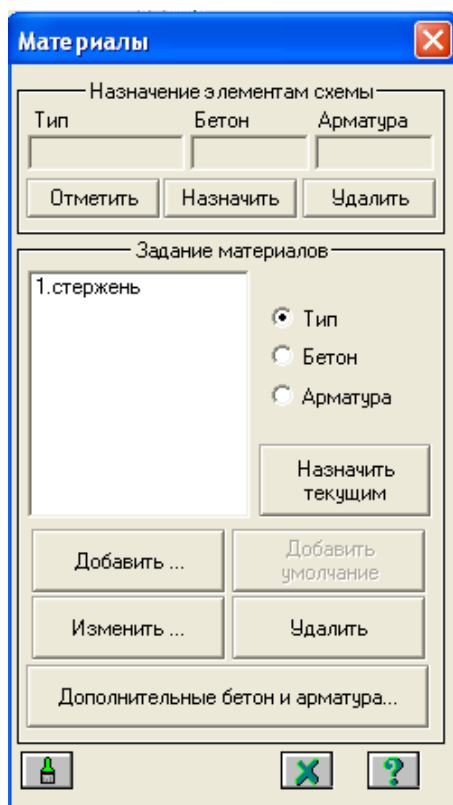


Рисунок 36 - Меню Редактирование

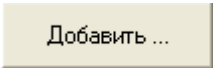

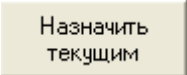
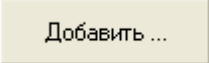

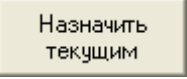
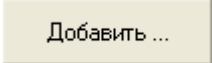

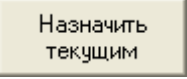
Выберите **Тип**. Нажмите кнопку  и выполните все действия, которые представлены на рисунке 37. Нажмите кнопку , а затем кнопку .

Рисунок 37 – Общие характеристики армирования

Рисунок 38 – Характеристики материалов (бетон)

Выберите **Бетон**. Нажмите кнопку  и выполните все действия, которые представлены на рисунке 38. Нажмите кнопку , а затем кнопку .

Выберите **Арматура**. Нажмите кнопку  и выполните все действия, которые представлены на рисунке 39. Нажмите кнопку , а затем кнопку .

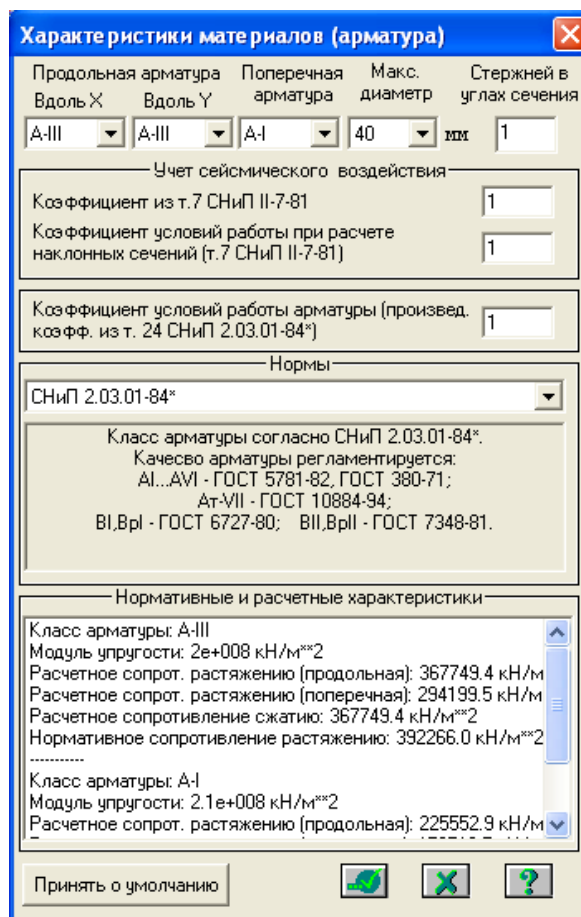


Рисунок 39 - Характеристики материалов ( арматура )

Нажмите кнопку  .

Меню **Выбор** → **Расчет арматуры** ( Рисунок 40 ) .

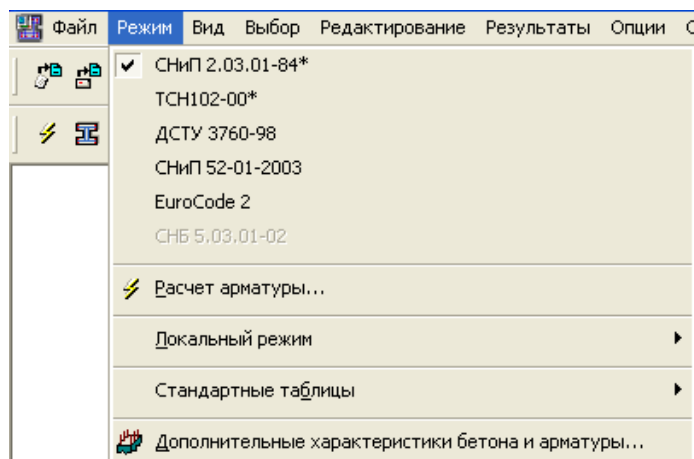


Рисунок 40 – Меню Режим

Нажмите кнопку  ( Рисунок 41 )



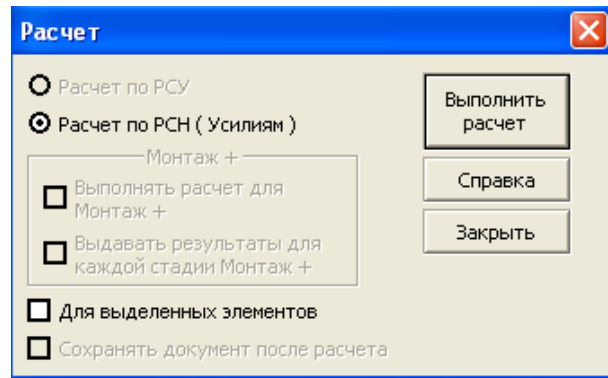



Рисунок 41 – Расчет арматуры

Меню **Результаты** → **Информация о подобранной арматуре** (пиктограмма  на панели инструментов) (Рисунок 42) .

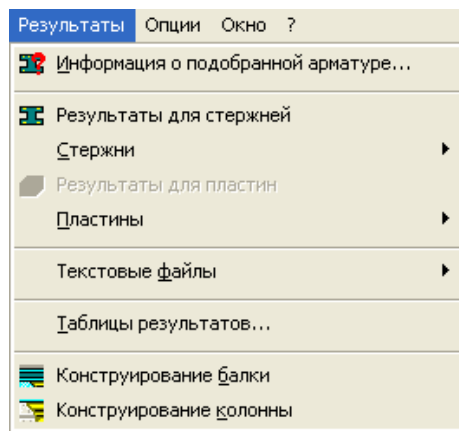


Рисунок 42 – Меню Результаты

Щелкните на элемент. Выберите сечение **5**  .

На рисунке 43 представлены графически результаты подбора арматуры.

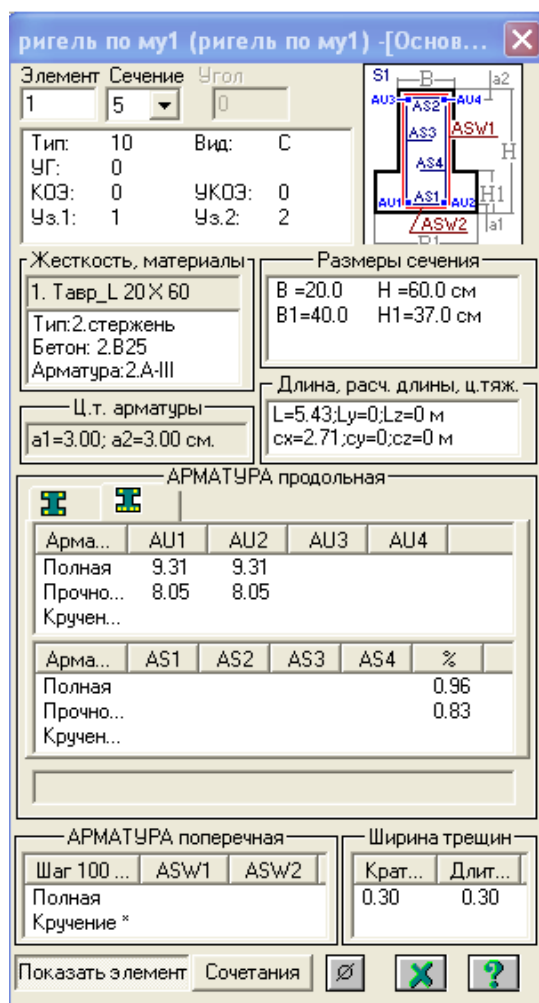


Рисунок 43 – Армирование ригеля

Просмотр результатов армирования в виде HTML таблиц осуществляется командой **Результаты → Таблицы результатов ( Таблица 1 )**.

Таблица 1- Результаты подбора арматуры

07 October		ригель по му1										- 1 -					
Э	С	ПРОДОЛЬНАЯ АРМАТУРА								ПОПЕРЕЧНАЯ АРМАТУРА						ШИРИНА РАСКРЫТИЯ ТРЕЩИН (мм)	
		Угловая (см2)				у граней сечения (см2)				ASW1 (см2) при шаге (см)			ASW2 (см2) при шаге (см)			кра	дли
		AU1	AU2	AU3	AU4	AS1	AS2	AS3	AS4	%	15	20	30	15	20		
<b>РАСЧЕТ ПО УСИЛИЯМ или РСН ОСНОВНАЯ СХЕМА</b>																	
СТЕРЖЕНЬ																	
ТАВР ПОЛКА СНИЗУ B= 20.0 H= 60.0 B1= 40.0 H1= 37.0 (см)																	
БЕТОН: В25 ; АРМАТУРА: ПРОДОЛЬНАЯ А-III ; ПОПЕРЕЧНАЯ А-I																	
ВИД= СТЕРЖЕНЬ																	

1	1 C									0.00	0.6 5	0.8 7	1.3 0					
										0.00								
	1 H									0.00	0.6 5	0.8 7	1.3 0					
										0.00								
	2 C	4.46	4.46	4.46	4.46					0.92	0.3 7	0.4 9	0.7 3				0.3 0	0.3 0
		3.01	3.01	3.01	3.01					0.62								
	2 H	4.56	4.56							0.47	0.3 7	0.4 9	0.7 3				0.2 9	0.2 9
		3.10	3.10							0.32								
	3 C	7.28	7.28	7.28	7.28					1.50	0.1 6	0.2 2	0.3 3				0.3 0	0.3 0
		5.04	5.04	5.04	5.04					1.04								
	3 H	7.37	7.37							0.76	0.1 6	0.2 2	0.3 3				0.3 0	0.3 0
		5.63	5.63							0.58								
	4 C	8.73	8.73	8.73	8.73					1.80	0.0 4	0.0 5	0.0 8				0.3 0	0.3 0
		6.40	6.40	6.40	6.40					1.32								
	4 H	8.92	8.92							0.92	0.0 4	0.0 5	0.0 8				0.3 0	0.3 0
		7.37	7.37							0.76								
	5 C	9.12	9.12	9.12	9.12					1.88							0.3 0	0.3 0
		7.18	7.18	7.18	7.18					1.48								
	5 H	9.31	9.31							0.96							0.3 0	0.3 0
		8.05	8.05							0.83								
	6 C	8.73	8.73	8.73	8.73					1.80	0.0 4	0.0 5	0.0 8				0.3 0	0.3 0
		6.40	6.40	6.40	6.40					1.32								
	6 H	8.92	8.92							0.92	0.0 4	0.0 5	0.0 8				0.3 0	0.3 0
		7.37	7.37							0.76								
	7 C	7.28	7.28	7.28	7.28					1.50	0.1 6	0.2 2	0.3 3				0.3 0	0.3 0
		5.04	5.04	5.04	5.04					1.04								
	7 H	7.37	7.37							0.76	0.1 6	0.2 2	0.3 3				0.3 0	0.3 0

		5.63	5.63							0.58								
	8 C	4.46	4.46	4.46	4.46					0.92	0.3 7	0.4 9	0.7 3				0.3 0	0.3 0
		3.01	3.01	3.01	3.01					0.62								
	8 H	4.56	4.56							0.47	0.3 7	0.4 9	0.7 3				0.2 9	0.2 9
		3.10	3.10							0.32								
	9 C									0.00	0.6 5	0.8 7	1.3 0					
										0.00								
	9 H									0.00	0.6 5	0.8 7	1.3 0					
										0.00								

## **Список используемых источников**

1. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции./ Госстрой России. -М.: ФГУП ЦПП, 2000. –76с.
- 2.СНиП 52-01-2003. Бетонные и железобетонные конструкции. / Госстрой России. -М.:ФГУП ЦПП, 2004.-24с.
3. СНиП 2.01.07-85\*. Нагрузки и воздействия. /Госстрой России. -М.: ФГУП ЦПП, 2004. –44с.
4. Байков В.Н., Сигалов Э.Е. Железобетонные конструкции. Общий курс:5-е изд..М.: Стройиздат,1991.-767с.
- 5.Фролов А.К. и др. Проектирование железобетонных, каменных и армокаменных конструкций: Учебное пособие.  
М.: АСВ, 2001.-170с.

Подписано в печать 12.04.18. Формат 84x108/32  
Гарнитура Таймс. Печать офсетная.  
Бумага мелованная. Усл. Печ. л. – 1,52.  
Тираж 50 экз.

Издательство Современного технического университета  
390048, г. Рязань, ул. Новоселов, 35А.  
(4912) 30-06-30, 30 08 30