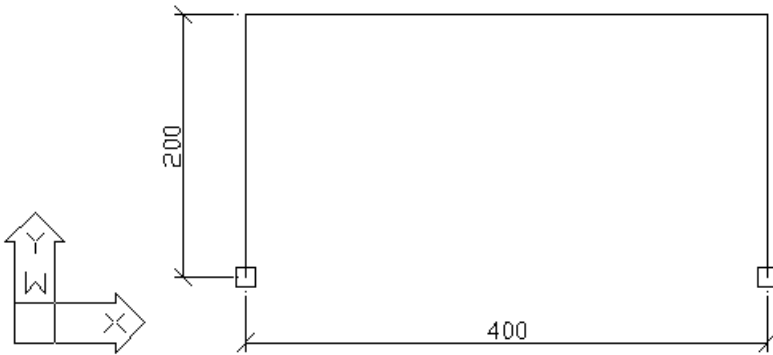




Пример расчета в NormFEM

1. В графическом редакторе (AutoCAD / ZwCAD) нарисуем схему элементов П-образной рамы высотой 2 м и шириной 4 м. Размеры элементов вводятся в см. Элементы задаем линиями длиной по 100 см. Опорные узлы задаем точками (в AutoCAD командой Point).




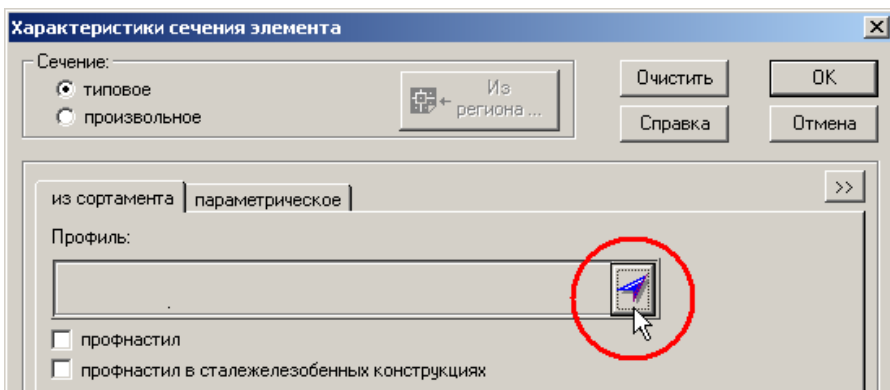
2. В NormFEM в первой таблице **Материалы**  выбираем материал с помощью кнопки **Библиотека материалов** .

The screenshot shows the NormFEM software interface. The main window is titled "NormFEM - [1] - [Материалы]". The "Материалы" (Materials) dialog box is open, showing a tree view of material categories. The "Библиотека материалов" (Material Library) button is highlighted with a red circle. The dialog box also displays a table of material properties.

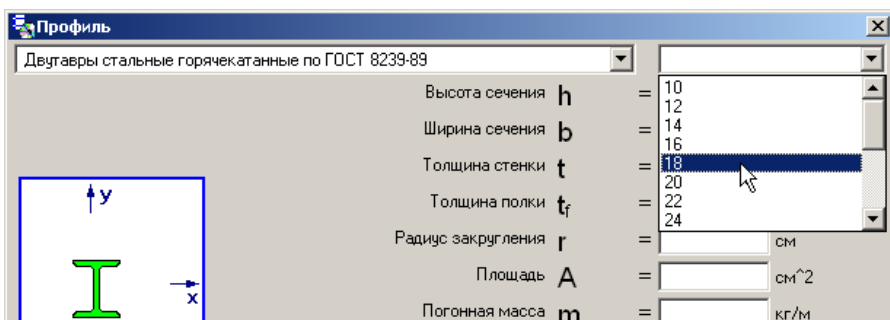
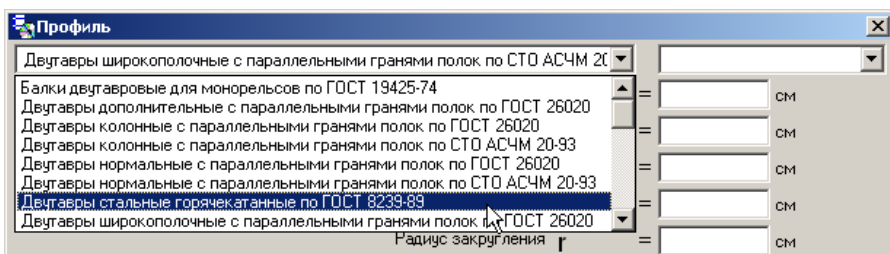
№	Материал	Класс(порода)	КТР, 1/С°	E, МПа	EL, МПа	G, МПа	v	Плотность, кг/м ³	Коеф.надежн.
1	по СНиП II-23-81*		1,20E-05	206000	78000	0,3	7850		
2	по СП 53-102-2004		1,20E-05	206000	79000	0,3	7850		


3. В следующей таблице **Группы элементов**  с помощью

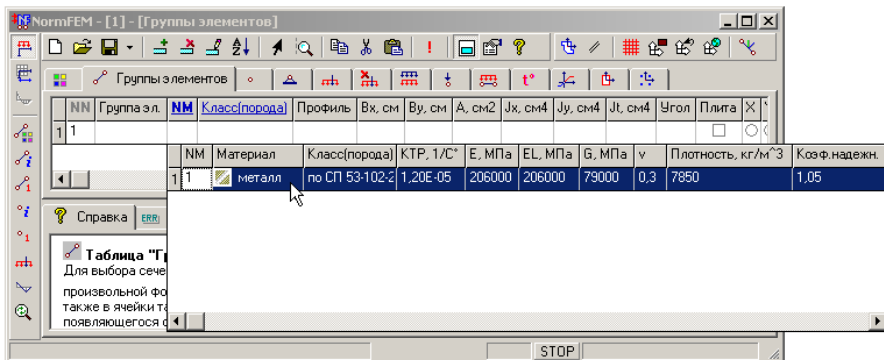
кнопки **Библиотека сечений**  задаем сечение ригелей рамы (I18). Для выбора профиля из сортамента нажмем кнопку с синей стрелкой:




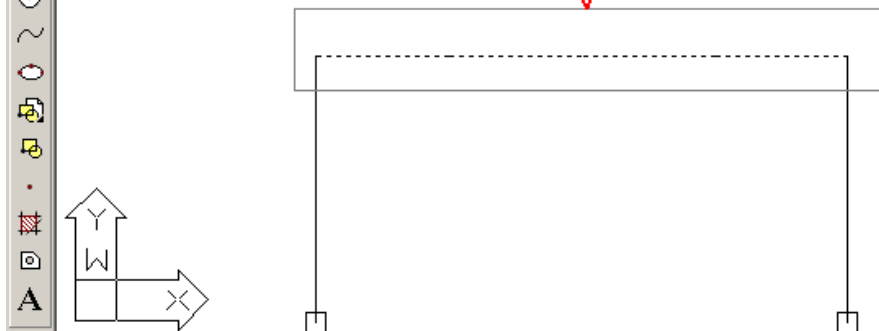
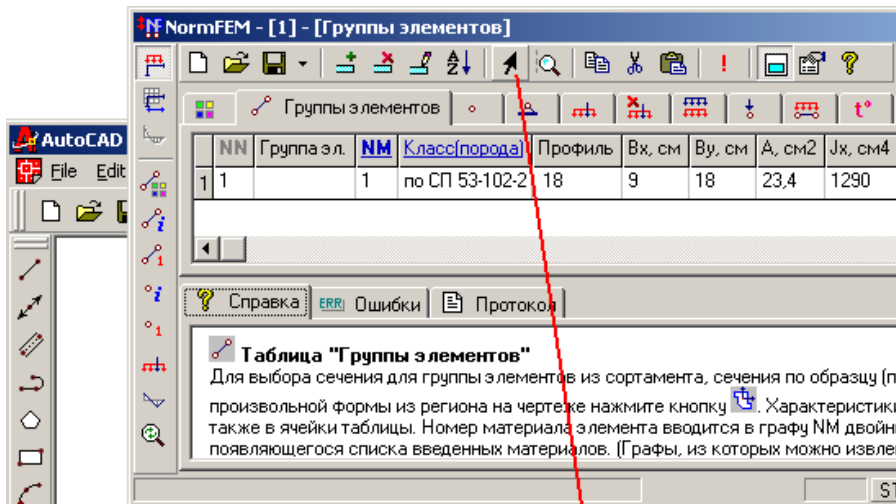
4. В окне **Профиль** устанавливаем тип и марку профиля




5. В первой строке таблицы **Группы элементов**  двойным щелчком по ячейке в колонке **NM** (номер материала) раскрываем список, из которого выбираем материал номер 1.




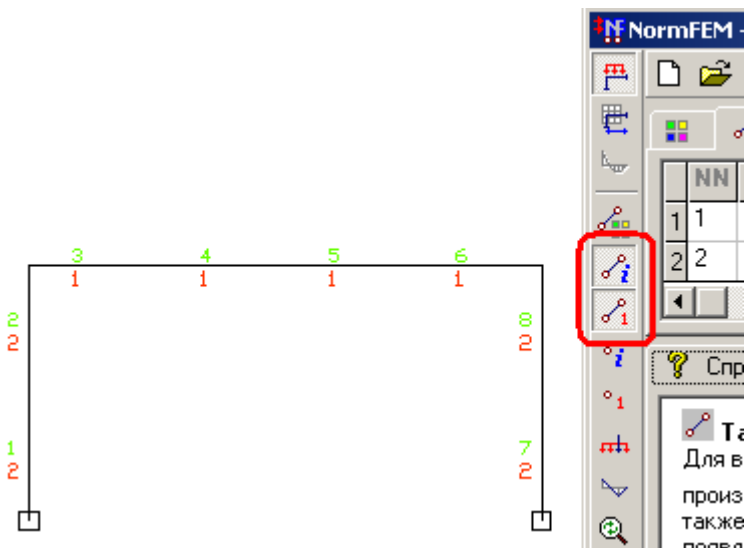
6. Указываем горизонтальные элементы на чертеже с помощью кнопки . Им присваивается номер группы элементов 1.





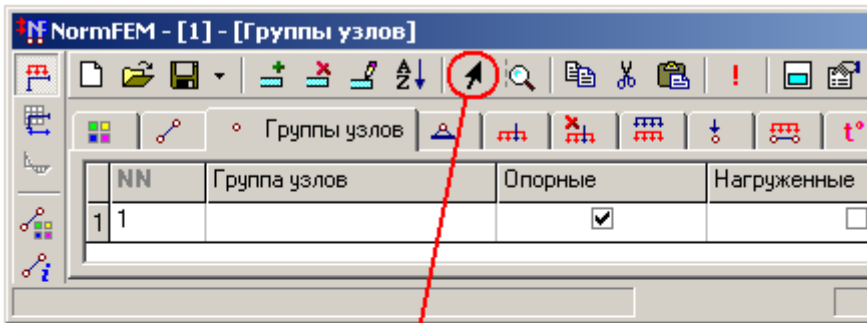
7. Для ввода группы элементов стоек рамы добавим строку в


таблицу (кнопка ). Группе элементов автоматически присваивается номер 2. Выберем номер материала после двойного щелчка по ячейке во второй строке в колонке NM (номер материала). В раскрывающемся списке выбираем материал номер 1.

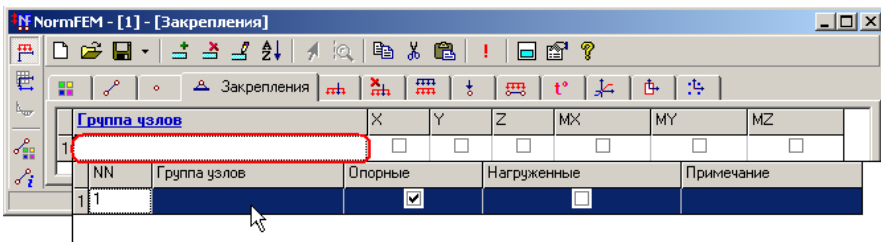
8. С помощью кнопки **Библиотека сечений**  задаем сечение стоек рамы (при этом должна быть выделена одна из ячеек строки, соответствующей группе элементов 2). Например, двутавр 20К1.
9. Для контроля номеров элементов и групп элементов нажмем кнопки режима показа нумерации на левой вертикальной панели инструментов.



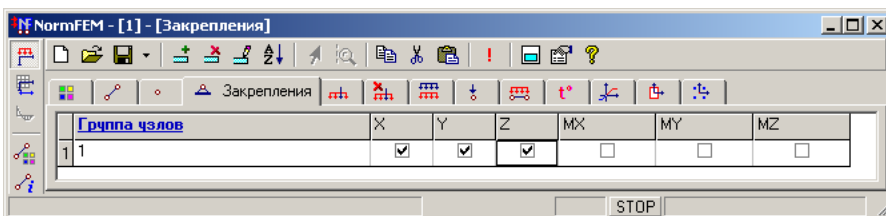
10. В третьей таблице **Группы узлов**  указываем тип узлов - опорные и выбираем опорные точки рамы рамкой на чертеже с помощью кнопки .





11. В следующей таблице **Закрепления**  двойным щелчком по колонке **Группа узлов** выбираем из списка группу узлов 1.

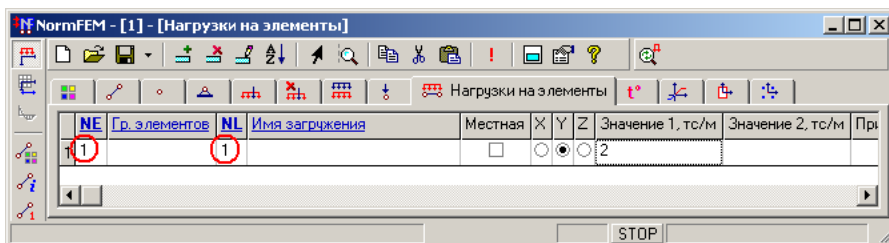





12. Устанавливаем закрепления по направлениям X, Y и Z (шарнир).

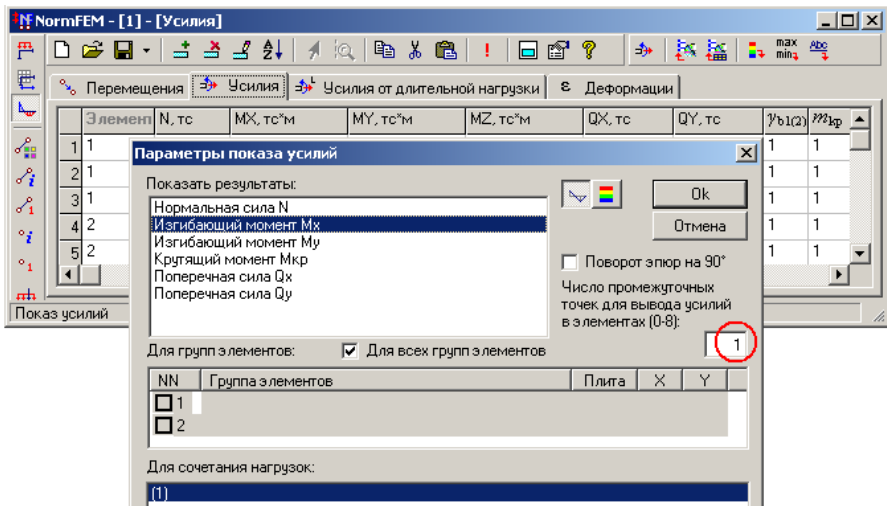


13. Вводим вертикальную равномерно распределенную нагрузку на

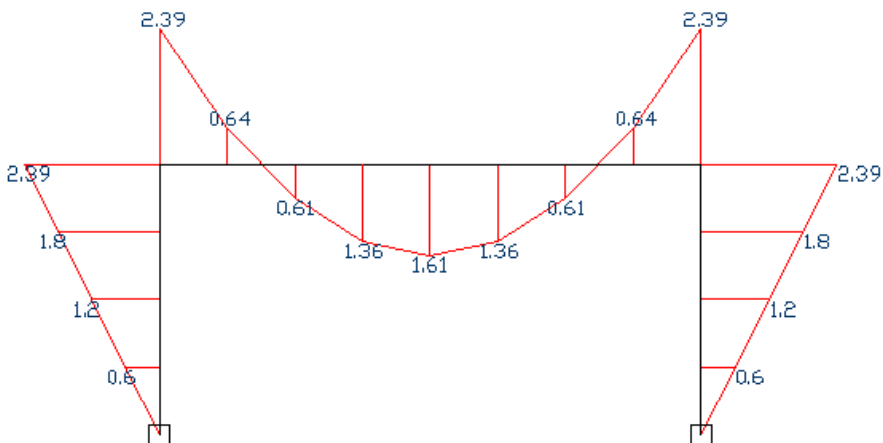
ригель рамы 2 тс/м. В таблице **Нагрузка на элементы**  двойным щелчком по ячейке в колонке NE (номер элемента) раскрываем список, из которого выбираем материал элемента 1. Аналогично в колонке NL (номер загрузки) выбираем загрузку 1. По умолчанию в новом проекте имеется одно загрузку - номер 1 (загрузки вводятся в таблице **Загрузки** ). Вводим направление (Y) и значение нагрузки (2 тс/м).



14. Запускаем задачу на расчет (кнопка ).
15. Переходим к просмотру результатов расчета. Для показа результатов расчета нажмите кнопку (в левом верхнем углу NormFEM) .
16. В таблице **Усилия** нажимаем кнопку **Параметры показа усилий** . Выберем показ эпюры изгибающих моментов. Устанавливаем вывод усилий в промежуточных точках элементов. Количество промежуточных точек выбрано равным одной на элемент (при этом усилия вычисляются по концам и в середине элементов).



На чертеже будет показана эпюра изгибающих моментов:

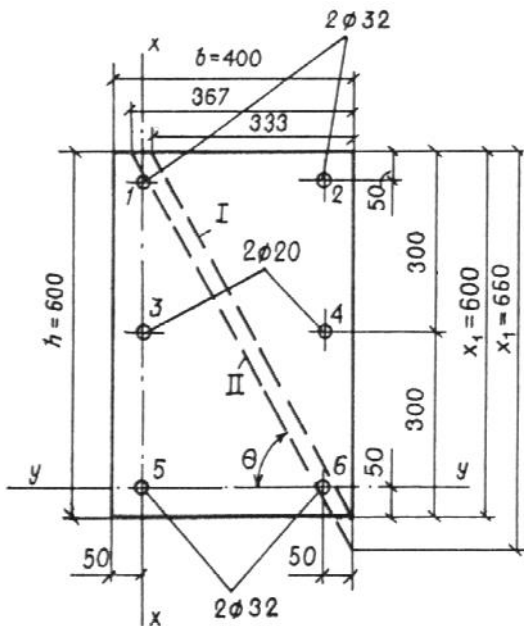


Пример расчета с учетом физической нелинейности (по деформационной модели СП 52-101; по примеру 40 Пособия к СНиП 2.03.01)

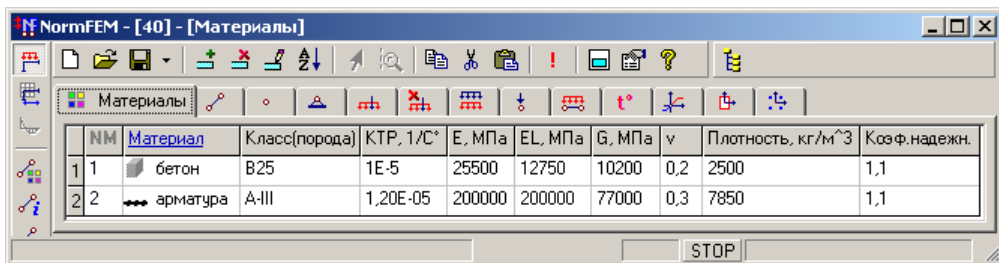
Расчет в NormFEM с учетом физической нелинейности ведется на основе деформационной модели СП 52-101 с использованием диаграмм работы бетона и арматуры. Производится итерационный расчет, при котором жесткостные характеристики сечения определяются в зависимости от усилий в сечениях.

В примере 40 Пособия к СНиП 2.03.01 ведется расчет прямоугольного сечения с арматурой по контуру сечения на действие сжимающей силы и изгибающих моментов в двух направлениях (общий случай расчета внецентренно-сжатых элементов; см. программу **Общий случай** в составе пакета NormCAD). Расчет на основе деформационной модели СП 52-101 можно выполнить в программе **Деформационная модель**, входящей в пакет NormCAD.

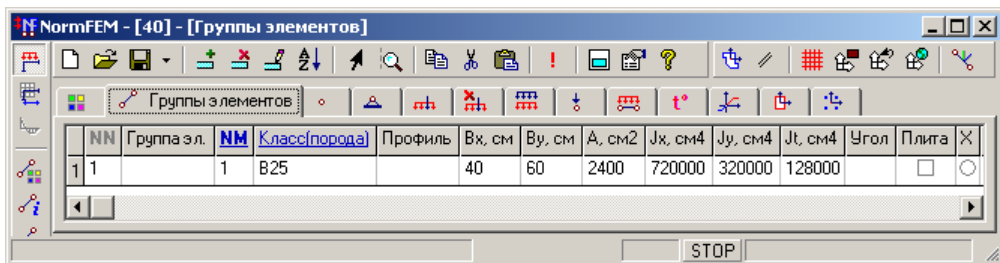
Проведем тот же расчет в программе **NormFEM**. Учет физической нелинейности устанавливается в окне **Параметры**. Сечение элемента показано на схеме:



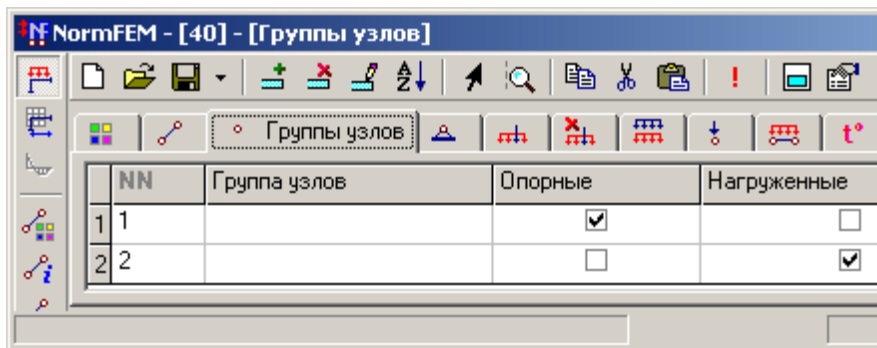
1. В графическом редакторе (AutoCAD / ZWCAD) нарисуем схему из одного элемента линией длиной 100 единиц. По концам линии введем точки.
2. В NormFEM в первой таблице **Материалы** введем два материала бетона (B25) и арматуры (A-III) для с помощью кнопки **Библиотека материалов** и кнопки **Вставить ряд**.



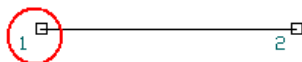
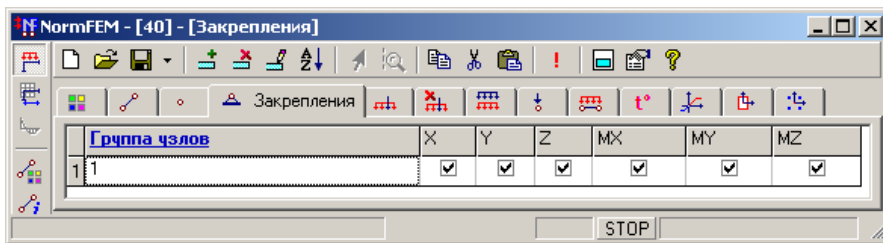
3. В следующей таблице **Группы элементов** с помощью кнопки **Библиотека сечений** задаем параметрическое прямоугольное сечение 40 (ширина) x 60 (высота) см:



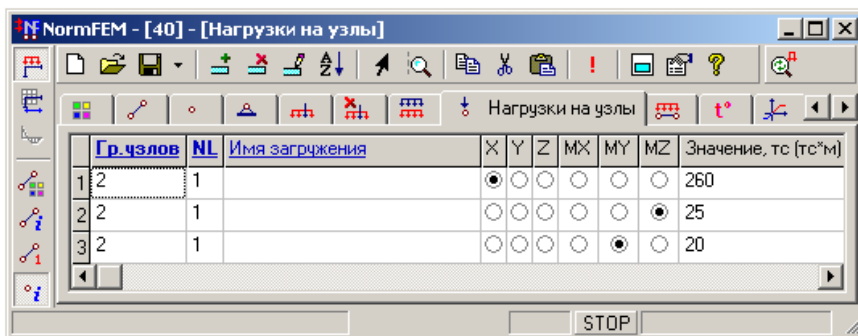
- В первой строке таблицы **Группы элементов** двойным щелчком по ячейке в колонке **NM** (номер материала) раскрываем список, из которого выбираем материал номер 1. Указываем линию, соответствующую элементу, на чертеже с помощью кнопки .
- В таблице **Группы узлов** вводим две группы узлов – (1 – опорные; 2 – нагруженные). Выбираем соответствующие им точки по концам элемента на чертеже с помощью кнопки .






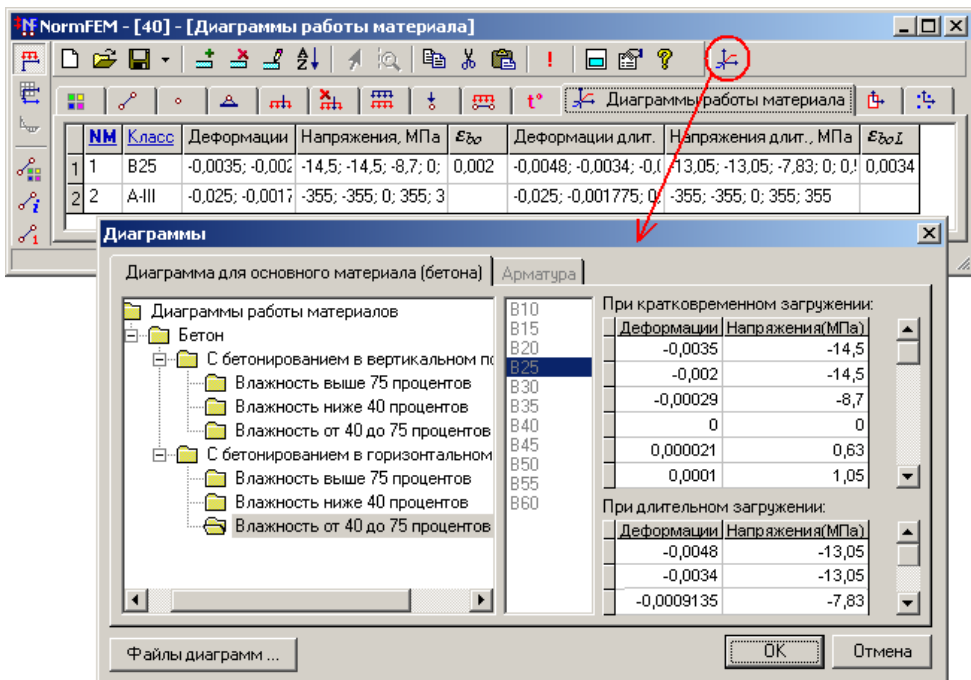
- В следующей таблице **Закрепления** двойным щелчком по колонке **Группа узлов** выбираем из списка группу узлов 1 и устанавливаем закрепления по всем направлениям (жесткая заделка).




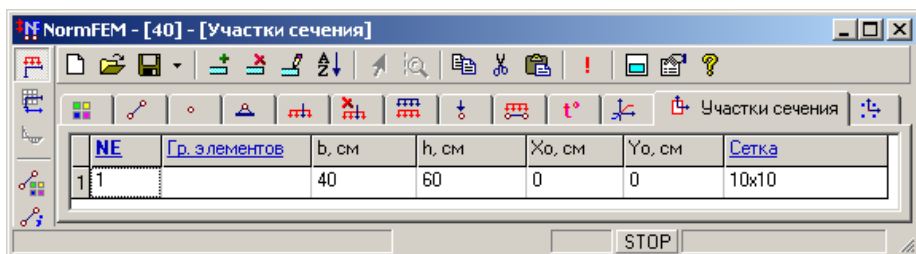
7. В таблице **Нагрузка на узлы**  вводим нагрузку на узел 2.




8. В таблице **Диаграммы работы материала**  введем два материала бетона (класса В25) и арматуры (класса А400, что в СП 52-101 соответствует классу арматуры А-III) для с помощью кнопки **Библиотека диаграмм**  и кнопки **Вставить ряд** .



9. В таблице **Участки сечения**  достаточно ввести одну строку. Вводим участок шириной 40 и высотой 60 см с нулевыми координатами его центра. Выбираем разбивку участка сеткой 10 x 10. В графе NE (номер группы элементов) выбираем группу элементов 1.







10. В таблице **Участки сечения арматуры**  вводим шесть строк для каждого стержня в сечении. Вводим площади и координаты участков арматуры. В графе NE (номер группы элементов) выбираем группу элементов 1. В графе NM (номер материала) выбираем материал 2 (A-III).

NormFEM - [40] - [Участки сечения арматуры]

Участки сечения арматуры

NE	Гр. элементов	NM	Марка материала	A, см ²	X ₀ , см	Y ₀ , см
1	1	2	A-III	8,04	-15	25
2	1	2	A-III	8,04	-15	-25
3	1	2	A-III	8,04	15	-25
4	1	2	A-III	8,04	15	25
5	1	2	A-III	3,14	-15	0
6	1	2	A-III	3,14	15	0

STOP

11. Запускаем задачу на расчет (кнопка ).
12. Переходим к просмотру результатов расчета. Для показа результатов расчета нажмите кнопку (в левом верхнем углу NormFEM) .
13. В таблице **Деформации**  нажимаем кнопку **Параметры показа деформаций** . Выберем показ деформаций в бетоне.

Параметры показа деформаций

Показать результаты:

- Деформации (x 1000) в бетоне
- Деформации (x 1000) в арматуре
- Запас по деформациям в бетоне, %
- Запас по деформациям в арматуре, %

Поворот эпюр на 90°

Для групп элементов: Для всех групп элементов

NN	Группа элементов	Плита	X	Y
<input checked="" type="checkbox"/> 1				

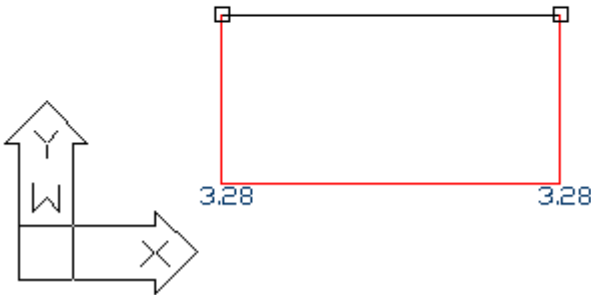
Ok
Отмена

На чертеже будет показана эпюра деформаций:

Деформации. Деформации ($\times 1000$) в бетоне.

max = -3,28

min = -3,28



Близкий результат получим в программе Деформационная модель. Так выглядит окончание отчета (при точности решения в обеих программах 0,001 или 0,1%):

Предельные значения относительной деформации арматуры и бетона:

$$\varepsilon_{s,ult} = 0,025; \varepsilon_{b,ult} = 0,0035.$$

Максимальные значения относительной деформации арматуры и бетона:

$$\varepsilon_{s,max} = 0,00277098; |\varepsilon_{b,max}| = \underline{0,00329337}.$$

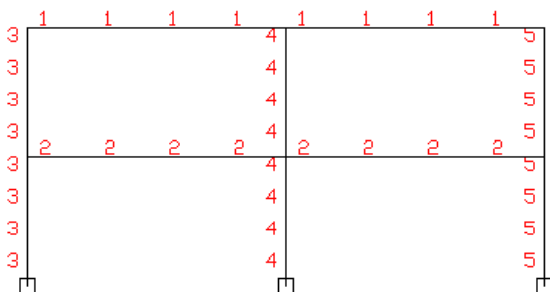
Следовательно, условия прочности выполняются.


Запас 5,9036%.


Пример расчета двухэтажной рамы на сочетания нагрузок (нагрузок на покрытия и перекрытия, снеговых и ветровых нагрузок) с передачей данных в NormCAD и проверкой РСУ по СНиП II-23-81

1. Создаем новый проект **NormFEM**

2. В **AutoCAD** создаем файл с расчетной схемой каркаса двухэтажного здания (размеры вводим в *см*)



3. Вводим 5 типов элементов и указываем их на чертеже с помощью кнопки .


4. Данные из сортамента вводим кнопкой **Библиотека сечений** .

5. Вводим шарнирные опоры.

6. Вводим 7 загрузений (собственный вес, снеговые, ветровые нагрузки, нагрузки на перекрытие – с полным и пониженным значением) Данные по коэффициентам сочетаний и надежности по нагрузке вводятся из раскрывающегося списка:

NormFEM - [rsu] - [Загрузки]

№	NN	Нагрузка	Вариант	Тип	Косн.	Кособ.	Ксейс.	γ_f	
1	1	собственный вес		постоянная	1	1	0,9		
2	2	собственный вес		постоянная	1	1	0,9	1,2	
3	3	снеговая	с полным значением	кратковремен	0,9	0,8	0,5	1,4286	
4	4	снеговая	с пониженным значе	длительная	0,95	0,95	0,8	1,4286	
5	5	ветровая		кратковремен	0,9	0,8	0	1,4	
6	6	п.СНиП	Нагрузка	Вариант	Тип	Косн.	Кособ.	Ксейс.	γ_f
7	7	1.6а	собственный вес		постоян	1	1	0,9	
		2.1.8в	на перекрытия	с полны	кратков	0,9	0,8	0,5	
		3.1.7э	на перекрытия	с пониж	длитель	0,95	0,95	0,8	
		4.1.8ж	ветровая		кратков	0,9	0,8	0	1,4

7. Сочетания нагрузок создаются автоматически кнопкой **Обновить** . (В таблице приводятся коэффициенты в сочетаниях при действии полных и длительных нагрузок)


NormFEM - [rsu] - [Сочетания нагрузок]


№	NN	Козф. при полной нагрузке	Козф. при длительной нагрузке
1	1	1; 1; 1; 0; 0; 0; 0	1; 1; 0; 0; 0; 0; 0
2	2	1; 1; 0; 1; 0; 0; 0	1; 1; 0; 1; 0; 0; 0
3	3	1; 1; 0; 0; 1; 0; 0	1; 1; 0; 0; 0; 0; 0
4	4	1; 1; 0; 0; 0; 1; 0	1; 1; 0; 0; 0; 0; 0
5	5	1; 1; 0; 0; 0; 0; 1	1; 1; 0; 0; 0; 0; 1
6	6	1; 1; 0,9; 0; 0,9; 0; 0	1; 1; 0; 0; 0; 0; 0
7	7	1; 1; 0,9; 0; 0,9; 0,9; 0	1; 1; 0; 0; 0; 0; 0
8	8	1; 1; 0,9; 0; 0,9; 0; 0,95	1; 1; 0; 0; 0; 0; 0,95
9	9	1; 1; 0,9; 0; 0; 0,9; 0	1; 1; 0; 0; 0; 0; 0
10	10	1; 1; 0,9; 0; 0; 0; 0,95	1; 1; 0; 0; 0; 0; 0,95

STOP

8. Задаем значения нагрузок:

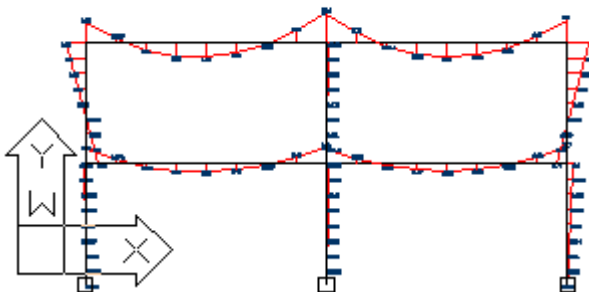
NE	Гр. элементов	NL	Имя загрузки	Местная	X	Y	Z	Значение 1, тс/м
1	балки покрытия	2	собственный вес	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	1
2	балки перекрытия	2	собственный вес	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	0,8
3	балки покрытия	3	снеговая	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	0,48
4	балки покрытия	4	снеговая	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	0,24
5	балки перекрытия	6	на перекрытия	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	1
6	балки перекрытия	7	на перекрытия	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	0,35
7	колонны 1	5	ветровая	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	-0,066
8	колонны 3	5	ветровая	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	-0,033
9	балки покрытия	5	ветровая	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	-0,033


9. Запускаем задачу на расчет (кнопка **Расчет** )

10. Переходим к показу результатов (кнопка )

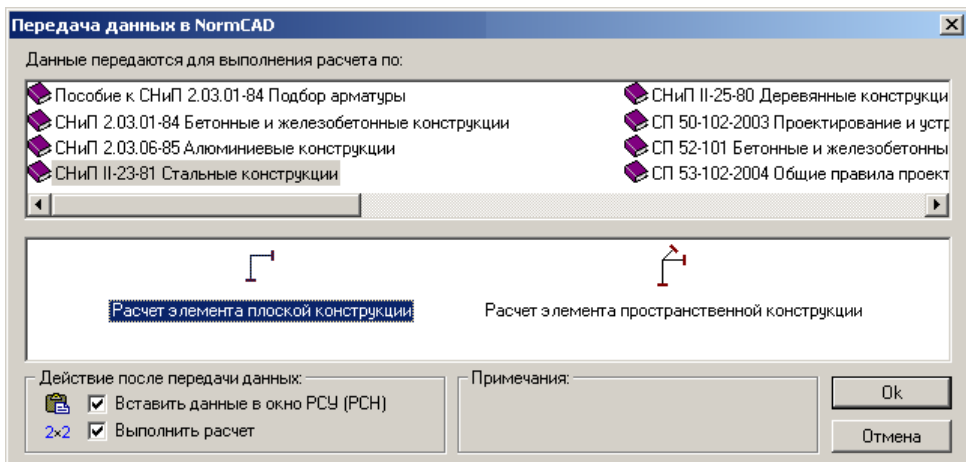
Усилия. Изгибающий момент Мх, тс*м.

Загрузка [6] = 1 × (1) + 1 × (2) + 0,9 × (3) + 0,9 × (5).

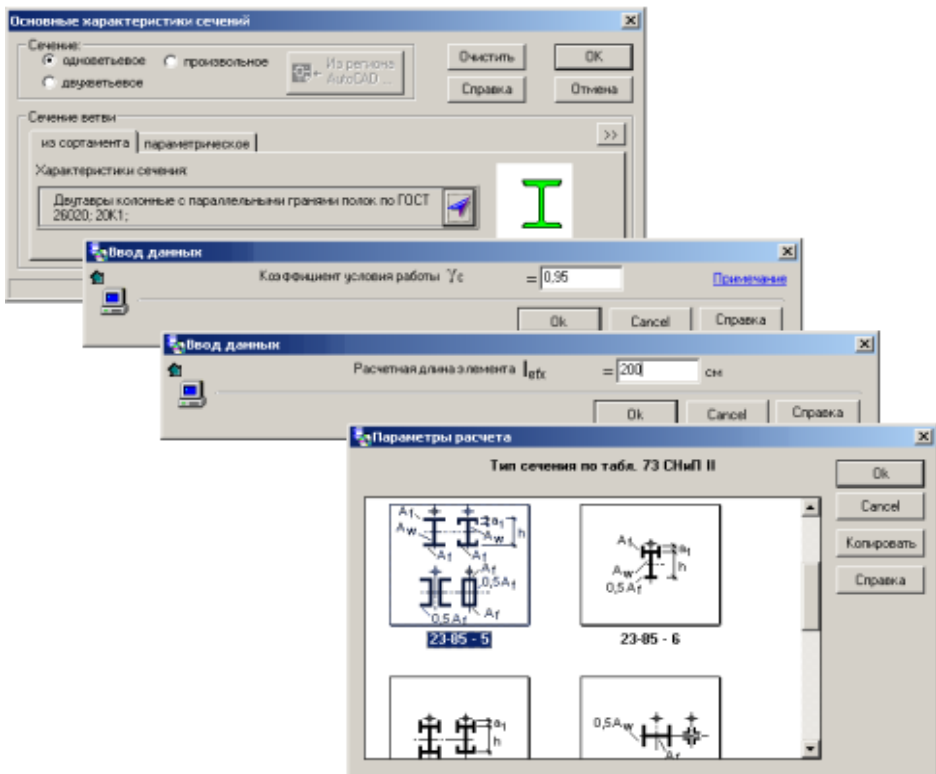



11. Передаем сочетания усилий в колоннах для расчета в NormCAD (кнопка )

12. В окне **Передача данных в NormCAD** выбираем нормативный документ и задачу для расчета



13. Далее производится обычный расчет в NormCAD для сочетаний усилий, принятых расчетными (PCY). Запрашиваются необходимые для расчета данные (из сортамента, расчетные длины и др.).



Для запуска расчета нужно в появившемся окне РСУ (РСН) нажать кнопку **Расчет всех сочетаний** .

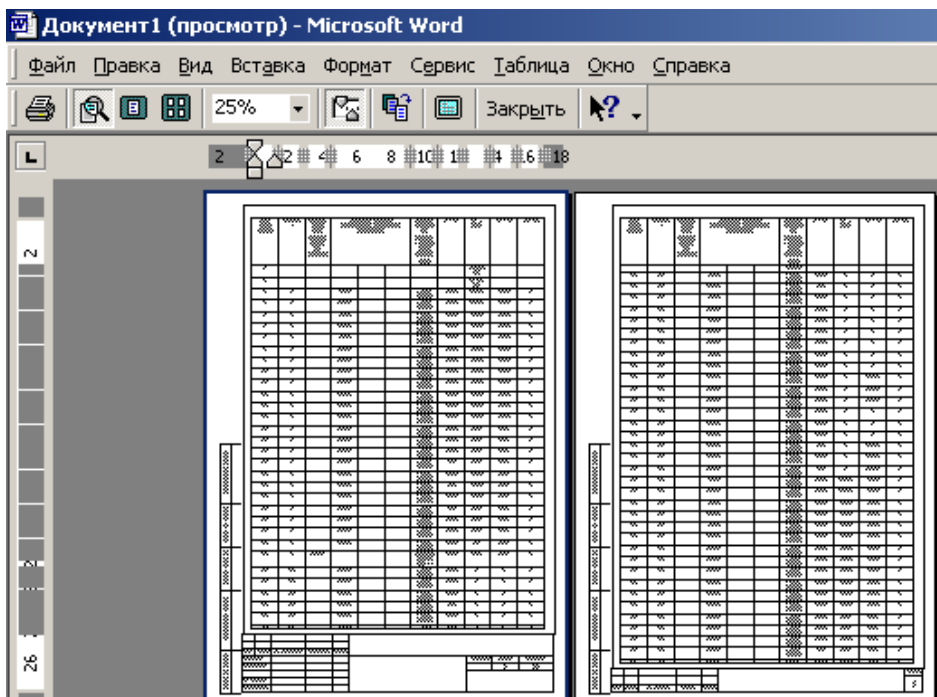
The screenshot shows the 'РСУ (РСН) - [Расчет элемента плоской конструкции]' window. A red circle highlights the 'Расчет всех сочетаний' button in the toolbar. Below is a table of calculation results:

	Элемент	K1	K2	K3	K4	расчет (ссылка на нормы)	N, тс	M, кг.тс*м	Q, кг.тс	m, кг(К)
max1						/	11,75	1,61	1,27	
max2						оценка (№№ сочетаний)				
max3						формула (29); п. 5.12 / -	-2,04	1,36	1,27	1
231	5	0,2653				- / 244, 26, 231	-2,06	1,04	1,27	1
232	5		0,1753			- / 244, 26, 231	-2,04	0,72	1,27	1
233	5		0,1736			- / 244, 26, 231	-2,02	0,72	1,27	1
234	7		0,1719			- / 244, 26, 231	-2,02	0,72	1,27	1

14. Результаты расчета сочетаний сводятся в таблицу в окне РСУ (РСН).

15. Для оформления результатов передаем их в MS Word (кнопка **Отправить в Word**  в окне РСУ (РСН)). При этом

появляется окно, в которое можно ввести данные для заполнения надписей по ГОСТ). Затем открывается окно для предварительного просмотра и печати таблиц результатов.



В таблицах результатов расчета введен столбец с указанием ссылки на нормы для основной проверки при расчете сочетаний или на номера сочетаний, используемых при оценке сочетания без выполнения расчета.

№№ сочетаний	Элемент	Кэф-т несущей способности по расчету	Кэф-ты несущей способности при оценке сочетаний	расчет (ссылка на нормы) / оценка (№№ сочетаний)	N , тс	Mx , тс*м	Qy , тс
230	4		0,48	- / 244, 26, 231	-5,64	0,91	0,46
231	5	0,2653		формула (29); п. 5.12 / -	-2,04	1,36	1,27
232	5		0,1753	- / 244, 26, 231	-2,06	1,04	1,27
233	5		0,1736	- / 244, 26, 231	-2,04	0,72	1,27
234	7		0,1719	- / 244, 26, 231	-2,02	0,72	1,27

Дополнительно можно получить подробный отчет для любого выбранного сочетания усилий. Для запуска сочетания на расчет выделите соответствующую строку в таблице и нажмите кнопку **!** в окне **PCY (PCH)**.

Элемент	K1	K2	K3	K4	расчет (ссылка на нормы)	N,tc	M_x,tc*m	Q_y,tc	m_kp(K)
max1					/	11,75	1,61	1,27	
max2					оценка (N#N# сочетаний)				
max3									
231	5	0,2653			формула (29): п. 5.12 / -	-2,04	1,36	1,27	1
232	5		0,1753		- / 244, 26, 231	-2,06	1,04	1,27	1
233	5		0,1736		- / 244, 26, 231	-2,04	0,72	1,27	1
234	7		0,1719		- / 244, 26, 231	-2,02	0,72	1,27	1