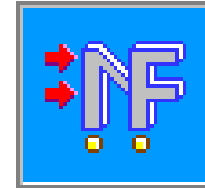




МКЭ - модуль NormFEM в составе пакета NormCAD

Программа NormFEM

для расчета усилий в элементах конструкций
методом конечных элементов
и передачи в NormCAD таблиц усилий



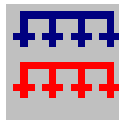
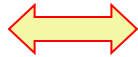
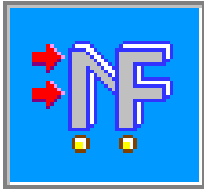
Основные возможности NormFEM:

- статический расчет плоских и пространственных конструкций
- подбор сочетаний нагрузок и воздействий с учетом требований СНиП "Нагрузки и воздействия", СНиП "Строительство в сейсмических районах" и др.
- передача сочетаний усилий и соответствующих коэффициентов условий работы в программу NormCAD для проверок в соответствии с нормативными документами
- учет физической нелинейности (по деформационной модели СП 52-101-2003)
- учет геометрической нелинейности (при предположении малых деформаций)
- расчет пластин ведется на основе использования модели перекрестной сети из стержневых элементов (что упрощает учет физической нелинейности по СП 52-101-2003)
- расчетная схема элементов задается во внешнем графическом редакторе (AutoCAD или ZWCAD)
- примеры расчета

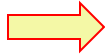


NormFEM

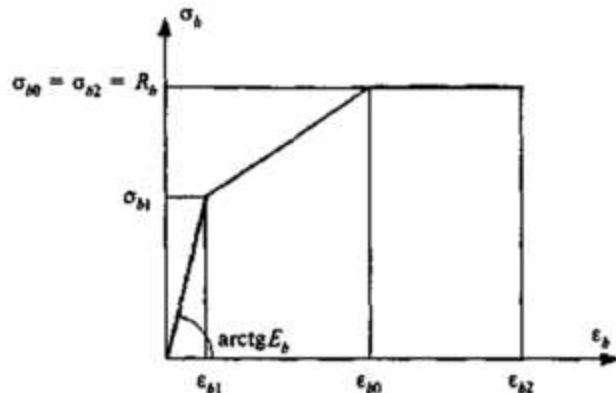
Основные преимущества NormFEM:



γ_{b1} γ_{b2}
 $m_{кр}$



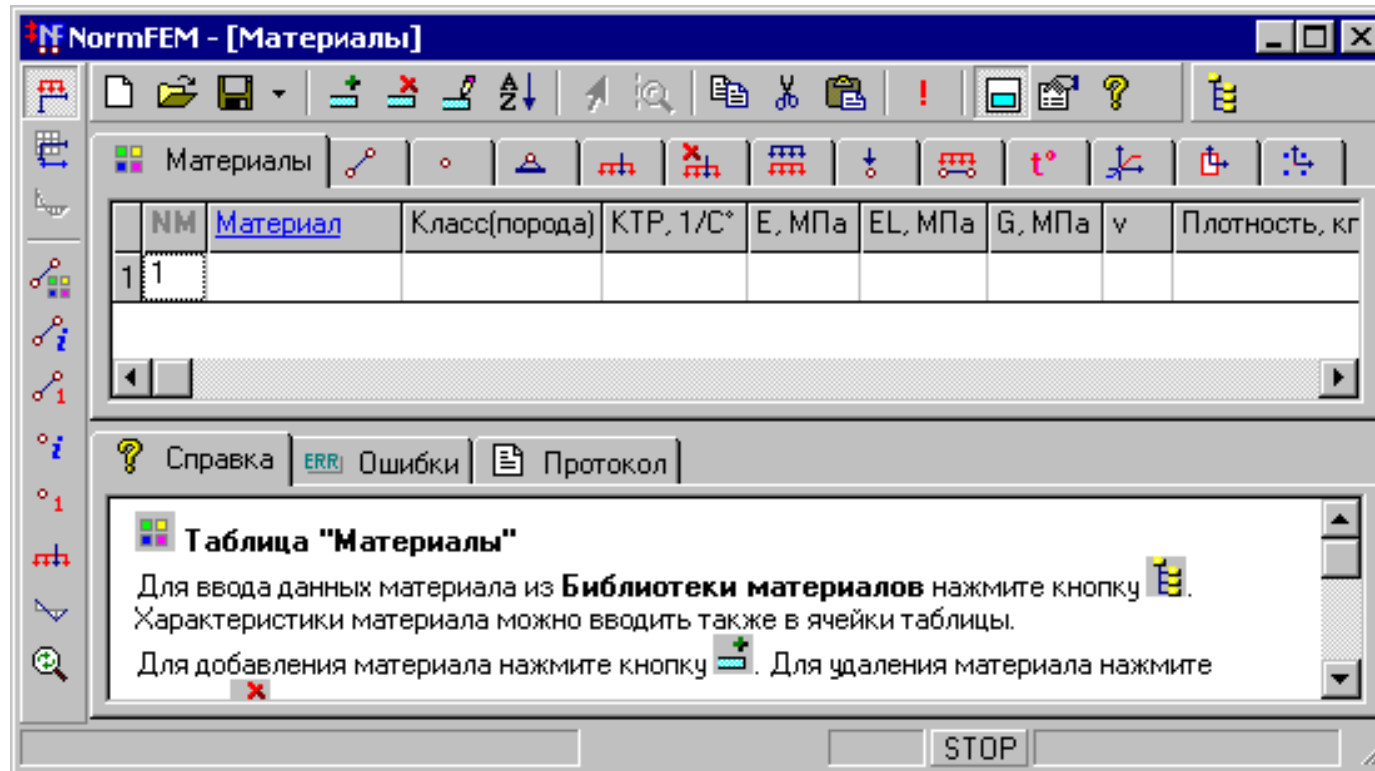
- NormFEM - единственная программа, позволяющая напрямую передавать усилия в NormCAD (без промежуточных действий пользователя)
- Автоматически составляются сочетания нагрузок и воздействий с учетом требований норм
- из NormFEM в NormCAD передаются не только усилия, но и коэффициенты условий работы, учитывающие наличие в сочетаниях кратковременных и сейсмических нагрузок (по СНиП "Нагрузки и воздействия", СНиП "Строительство в сейсмических районах" и др.)
- простой и надежный способ учета физической нелинейности на основе деформационной модели СП 52-101-2003 для стержневых элементов





NormFEM

Основное окно программы NormFEM



— панели инструментов с кнопками

— верхняя панель с вкладками

— нижняя панель с вкладками

— кнопка STOP

! - запуск на расчет

Режим показа:

- 1) исходных данных
- 2) информации об узлах и элементах
- 3) результатов расчета



NormFEM



Таблица "Материалы"

Библиотека материалов

NormFEM - [40] - [Материалы]

Материалы

	NM	Материал	Класс(порода)	KTP, 1/C*	E, МПа	EL, МПа	G, МПа	ν	Плотность, кг/м ³	Кэф.надежн.
1	1	бетон	B25	1E-5	25500	12750	10200	0,2	2500	1,1
2	2	арматура	A-III	1,20E-05	200000	200000	77000	0,3	7850	1,1



NormFEM

Библиотека материалов

Материалы

Дерево каталога:

- бетон
 - по СНиП 2.03.01-84
 - при влажности 40-75%
 - легкий
 - тяжелый
 - естественного твердения
 - с автоклавной обработкой
 - с тепловой обработкой при атмосферном давлении
 - при влажности более 75%
 - при влажности до 40%
 - по СНиП 52-101
- древесина
- железобетон по СП 52-103

Контрольные кнопки: **OK**, **Отмена**

Кoeffициент надежности по нагрузке:

С учетом влияния коэффициента кратковременной ползучести:

		КТР, 1/С°	E, МПа	G, МПа	v	ρ, кг/м ³	E _L , МПа
1	B7,5	1E-5	13600	5440	0,2	2500	6800
2	B10	1E-5	15300	6120	0,2	2500	7650
3	B12,5	1E-5	17850	7140	0,2	2500	8925
4	B15	1E-5	19550	7820	0,2	2500	9775
5	B20	1E-5	22950	9180	0,2	2500	11475
6	B25	1E-5	25500	10200	0,2	2500	12750
7	B30	1E-5	27625	11050	0,2	2500	13812
8	B35	1E-5	29325	11730	0,2	2500	14662



NormFEM



Таблица "Группы элементов"

Выбор элементов

Показ элементов

Библиотека сечений

Создать сеть элементов в регионе

№	№	Группа эл.	№М	Класс(порода)	Профиль	Вх, см	Ву, см	А, см ²	Jх, см ⁴	Jу, см ⁴	Jт, см ⁴	Угол	Плита	X	Y
1	1		1	B25		40	60	2400	720000	320000	128000		<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

выбрать для элементов сети, моделирующих пластины

направление элемента в пластине



NormFEM



Таблица "Группы узлов"

Выбор узлов
Показ узлов

№	NN	Группа узлов	Опорные	Нагруженные	Примечание
1	1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	2		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

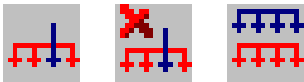


Таблица «Закрепления»

№	Группа узлов	X	Y	Z	MX	MY	MZ
1	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



NormFEM



Таблицы “Загрузки”, “Несочетаемые нагрузки”,
“Сочетания нагрузок”

NN	Нагрузка	Вариант	Тип	Косн.	Кособ.	Ксейсм.	γ_f
1	собственный вес		постоянная	1	1	0,9	
2	на перекрытия	с полным значением	кратковременная	0,9	0,8	0,5	1,2
3	на перекрытия	с пониженным значе	длительная	0,95	0,95	0,8	1,2

	п.СНиП	Нагрузка	Вариант	Тип	Косн.	Кособ.	Ксейсм.	γ_f
1	1.6а	собственный вес		постоян	1	1	0,9	
2	1.8в	на перекрытия	с полны	кратков	0,9	0,8	0,5	
3	1.7з	на перекрытия	с пониж	длитель	0,95	0,95	0,8	
4	1.8е	температурная климатическая	с полны	кратков	0,9	0,8	0	1,1

Таблица коэффициентов сочетаний нагрузок заполняется автоматически по данным из таблиц **Загрузки** и **Несочетаемые нагрузки** при нажатии кнопки **Обновить**

NL1	Нагрузка 1	NL2	Нагрузка 2
1			

NormFEM - [шаг 0.6] - [Сочетания нагрузок]

NN	Примечание	Козф. при полной нагрузке	Козф. при длительной нагрузке
1		1; 1; 0	1; 0; 0
2		1; 0; 1	1; 0; 1



NormFEM

Таблицы нагрузок

	NE	Гр. элементов	NL	Имя загрузки	Местная	X	Y	Z	Значение 1, тс/м	Значение 2, тс/м
1	1		2	на перекрытия	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	,06	,06
2	1		3	на перекрытия	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	,021	,021
3	2		2	на перекрытия	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	,06	,06
4	2		3	на перекрытия	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	,021	,021

Таблицы для ввода нагрузок:



Нагрузки на узлы



Нагрузки на элементы



Температура



NormFEM

Таблицы для учета
физической нелинейности

Библиотека диаграмм



Диаграммы работы материала



Участки сечения



Участки сечения арматуры

NormFEM - [40] - [Диаграммы работы материала]

Диаграммы работы материала

	NM	Класс	Деформации	Напряжения, МПа	$\varepsilon_{\text{до}}$	Деформации длит.	Напряжения длит., МПа	$\varepsilon_{\text{до}L}$
1	1	B25	-0,0035; -0,002	-14,5; -14,5; -8,7; 0; 0	0,002	-0,0048; -0,0034; -0,0017	-13,05; -13,05; -7,83; 0; 0,51	0,0034
2	2	A-III	-0,025; -0,0017	-355; -355; 0; 355; 355	0,002	-0,025; -0,001775; 0; 0,0017	-355; -355; 0; 355; 355	

Участки сечения

	NE	Гр. элементов	b, см	h, см	Xo, см	Yo, см	Сетка
1	1		40	60	0	0	10x10

Участки сечения арматуры

	NE	Гр. элементов	NM	Марка материала	A, см ²	Xo, см	Yo, 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



NormFEM



Библиотека диаграмм

Диagramмы

Диagramма для основного материала (бетона) | Арматура

Диagramмы работы материалов

- Бетон
 - С бетонированием в вертикальном положении
 - Влажность выше 75 процентов
 - Влажность ниже 40 процентов
 - Влажность от 40 до 75 процентов
 - С бетонированием в горизонтальном положении
 - Влажность выше 75 процентов
 - Влажность ниже 40 процентов
 - Влажность от 40 до 75 процентов

В20
В25
В30
В35
В40
В45
В50
В55
В60

При кратковременном нагружении:

Деформации	Напряжения(МПа)
-0,0035	-14,5
-0,002	-14,5
-0,00029	-8,7
0	0
0,000021	0,63
0,0001	1,05

При длительном нагружении:

Деформации	Напряжения(МПа)
-0,0048	-13,05
-0,0034	-13,05
-0,0009135	-7,83
0	0
0,00006615	0,567
0,00024	0,945

Файлы диаграмм ...

OK Отмена



NormFEM

Таблицы результатов



Перемещения



Усилия



Усилия от длительной нагрузки



Деформации

Показ эпюр

Передача в NormCAD для выбранного сочетания

Передача в NormCAD для всех сочетаний

Вставка цветовой шкалы результатов

Вставка max/min значений

Вставка заголовка

NormFEM - [40] - [Усилия]

Перемещения | **Усилия** | Усилия от длительной нагрузки | Деформации

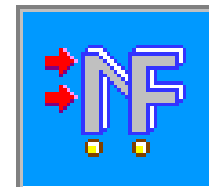
Элемент	N, тс	MX, тс*м	MY, тс*м	MZ, тс*м	QX, тс	QY, тс	$\gamma_{b1(2)}$	$\gamma_{f1(2)}$
1	1	-260	25	20	0	0	1	1
2	1	-260	25	20	0	0	1	1



NormFEM

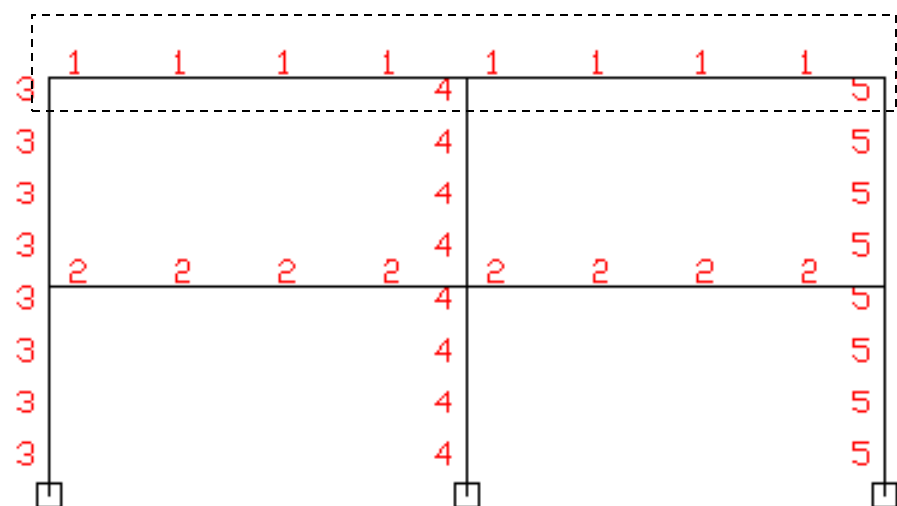
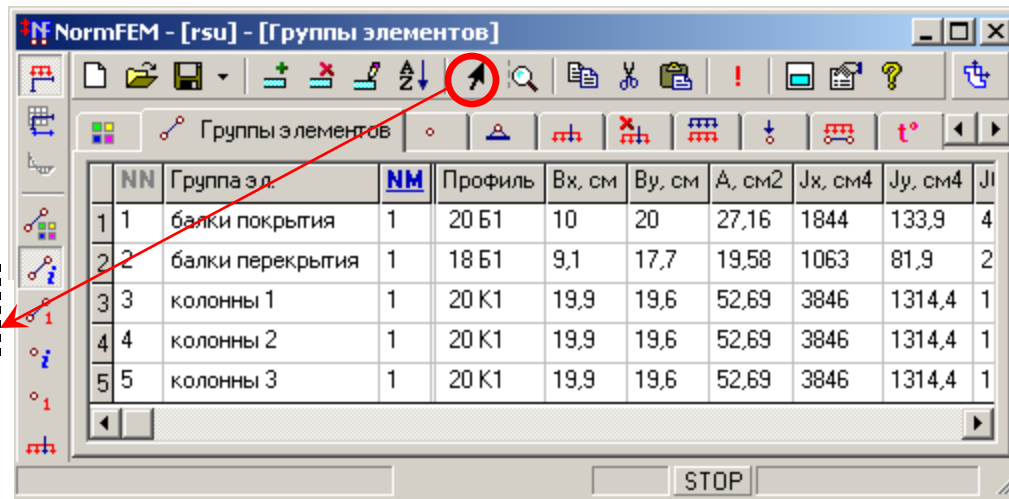
Пример расчета РСУ

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



NormFEM - NormCAD

Пример расчета РСУ

6. Вводим 7 загрузок (собственный вес, снеговые, ветровые нагрузки, нагрузки на перекрытие – с полным и пониженным значением)

Данные по коэффициентам сочетаний и надежности по нагрузки вводятся из раскрывающегося списка

The screenshot shows the 'NormFEM - [rsu] - [Загрузки]' window. The main table contains the following data:

	NN	Нагрузка	Вариант	Тип	Косн.	Кособ.	Ксейсм	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

Below this table, a dropdown menu is open, showing a list of load types with their corresponding coefficients:

	п.СНиП	Нагрузка	Вариант	Тип	Косн.	Кособ.	Ксейсм	γ_f	
6	6								
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
		3.1.7з	на перекрытия		с пониж	длитель	0,95	0,95	0,8
		4.1.8ж	ветровая		кратков	0,9	0,8	0	1,4



NormFEM - NormCAD

Пример расчета РСУ

8. Сочетания нагрузок создаются автоматически

кнопкой **Обновить**



	NN	Кэф. при полной нагрузке	Кэф. 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



NormFEM - NormCAD

Пример расчета РСУ

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

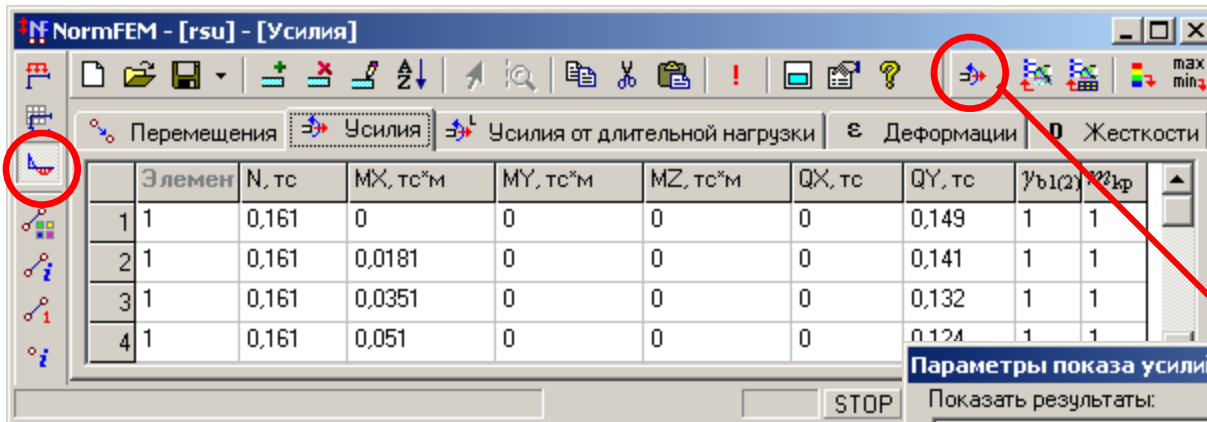
9. Запускаем задачу на расчет (кнопка)



NormFEM - NormCAD

Пример расчета РСУ

10. Переходим к показу результатов (кнопка )



Элемент	N, тс	MX, тс*м	MY, тс*м	MZ, тс*м	QX, тс	QY, тс	Yb1(2)	Zkr
1	0,161	0	0	0	0	0,149	1	1
2	0,161	0,0181	0	0	0	0,141	1	1
3	0,161	0,0351	0	0	0	0,132	1	1
4	0,161	0,051	0	0	0	0,124	1	1

Параметры показа усилий

Показать результаты:

- Нормальная сила N
- Изгибающий момент Mx
- Изгибающий момент My
- Крутящий момент Mкр
- Поперечная сила Qx
- Поперечная сила Qy

Поворот элюр на 90°

Число промежуточных точек для вывода усилий в элементах (0-8):

Для групп элементов: Для всех групп элементов

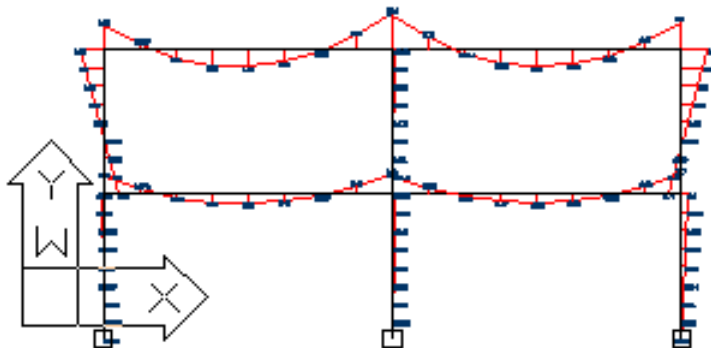
NN	Группа элементов	Плита	X	Y
<input type="checkbox"/> 3	колонны 1			
<input type="checkbox"/> 4	колонны 2			

Для сочетания нагрузок:

- (7)
- [1] = 1 x (1) + 1 x (2) + 1 x (3)
- [2] = 1 x (1) + 1 x (2) + 1 x (4)
- [3] = 1 x (1) + 1 x (2) + 1 x (5)
- [4] = 1 x (1) + 1 x (2) + 1 x (6)
- [5] = 1 x (1) + 1 x (2) + 1 x (7)
- [6] = 1 x (1) + 1 x (2) + 0,9 x (3) + 0,9 x (5)

Усилия, Изгибающий момент Mx, тс*м.

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

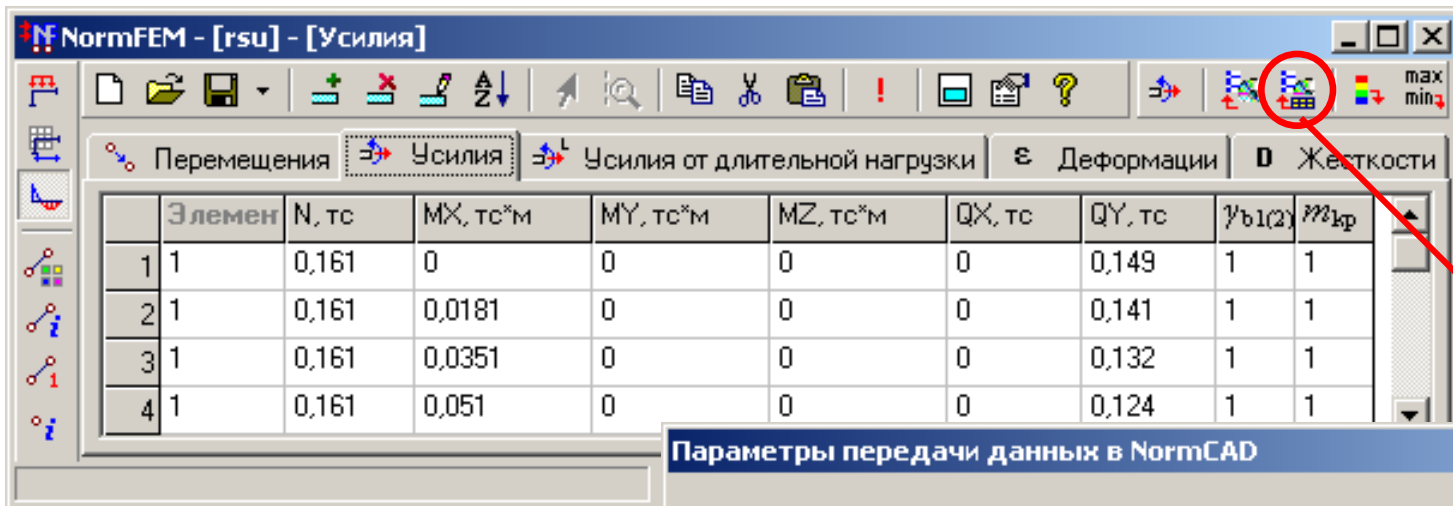




NormFEM - NormCAD

Пример расчета РСУ

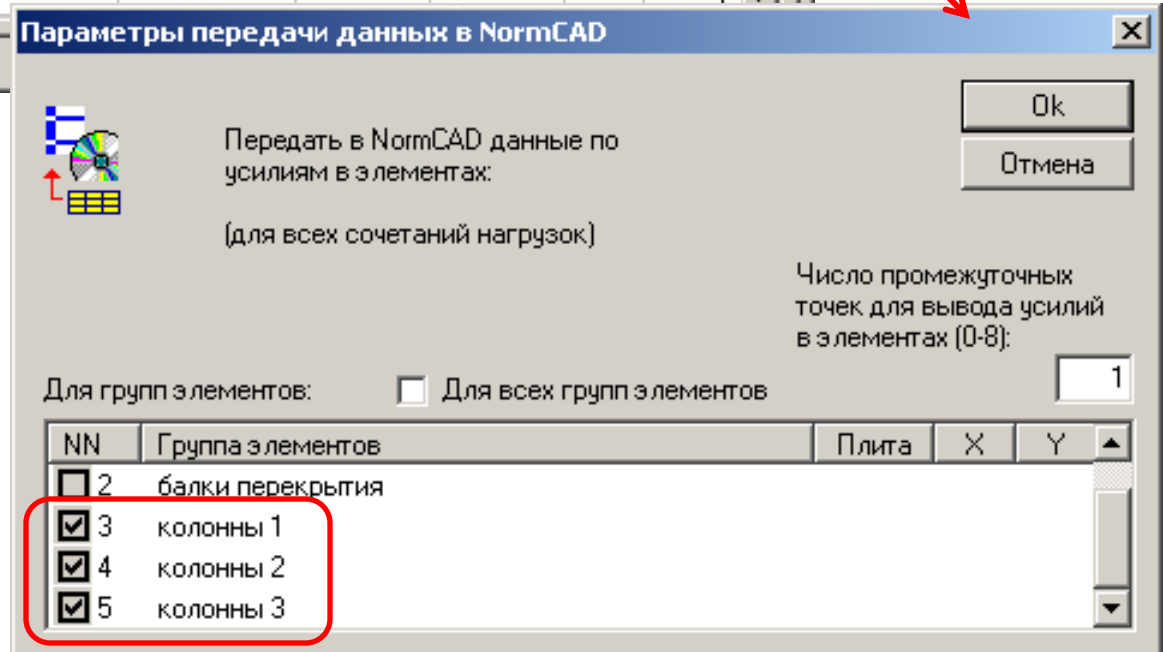
11. Передаем сочетания усилий в колоннах для расчета в NormCAD (кнопка )



NormFEM - [rsu] - [Усилия]

Перемещения **Усилия** Усилия от длительной нагрузки Деформации Жесткости

	Элемен	N, тс	MX, тс*м	MY, тс*м	MZ, тс*м	QX, тс	QY, тс	Уб1(2)	Мкр
1	1	0,161	0	0	0	0	0,149	1	1
2	1	0,161	0,0181	0	0	0	0,141	1	1
3	1	0,161	0,0351	0	0	0	0,132	1	1
4	1	0,161	0,051	0	0	0	0,124	1	1



Параметры передачи данных в NormCAD

Передать в NormCAD данные по усилиям в элементах:
(для всех сочетаний нагрузок)

Число промежуточных точек для вывода усилий в элементах (0-8):

Для групп элементов: Для всех групп элементов

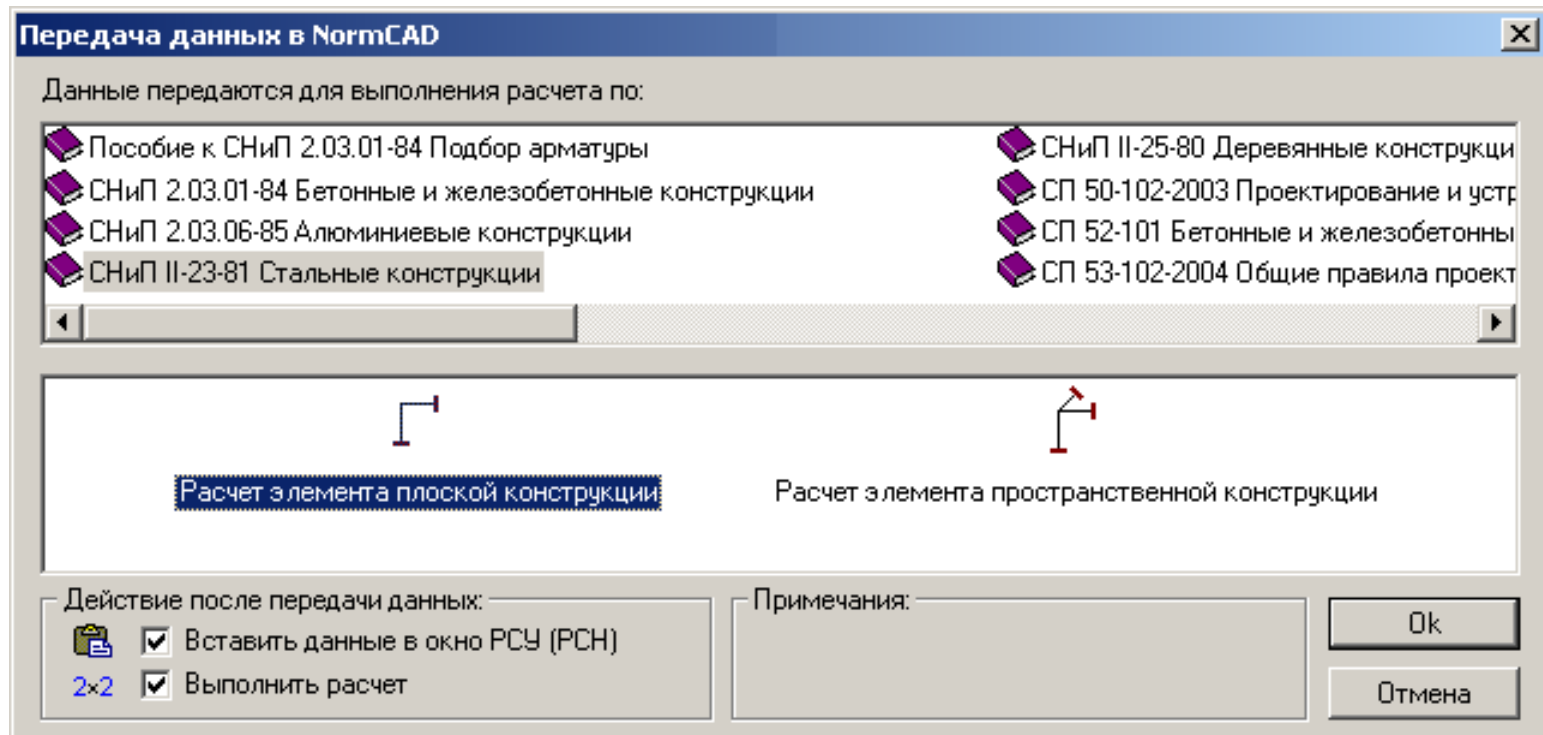
NN	Группа элементов	Плита	X	Y
<input type="checkbox"/>	2 балки перекрытия			
<input checked="" type="checkbox"/>	3 колонны 1			
<input checked="" type="checkbox"/>	4 колонны 2			
<input checked="" type="checkbox"/>	5 колонны 3			



NormFEM - NormCAD

Пример расчета РСУ

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

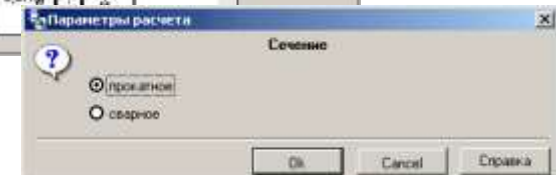
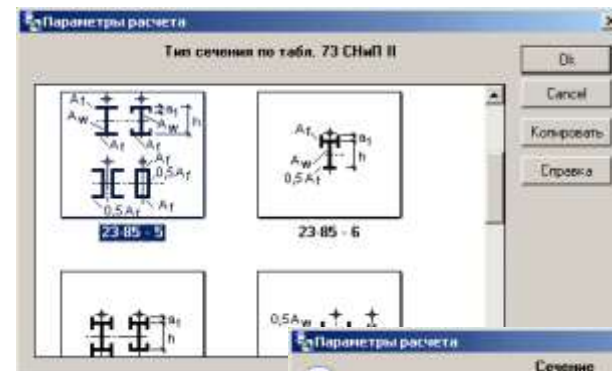
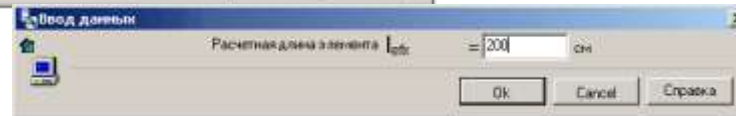
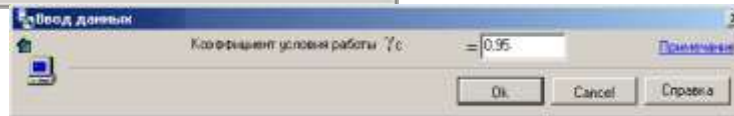
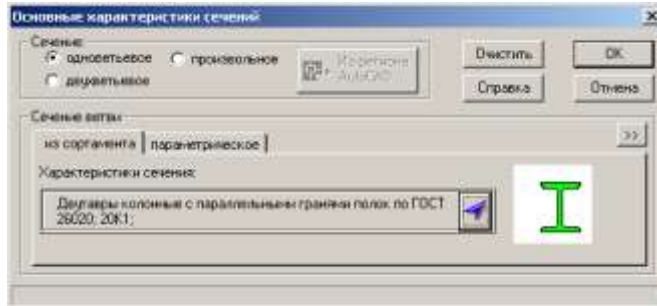




NormFEM - NormCAD

Пример расчета РСУ

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





NormFEM - NormCAD

Пример расчета РСУ

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

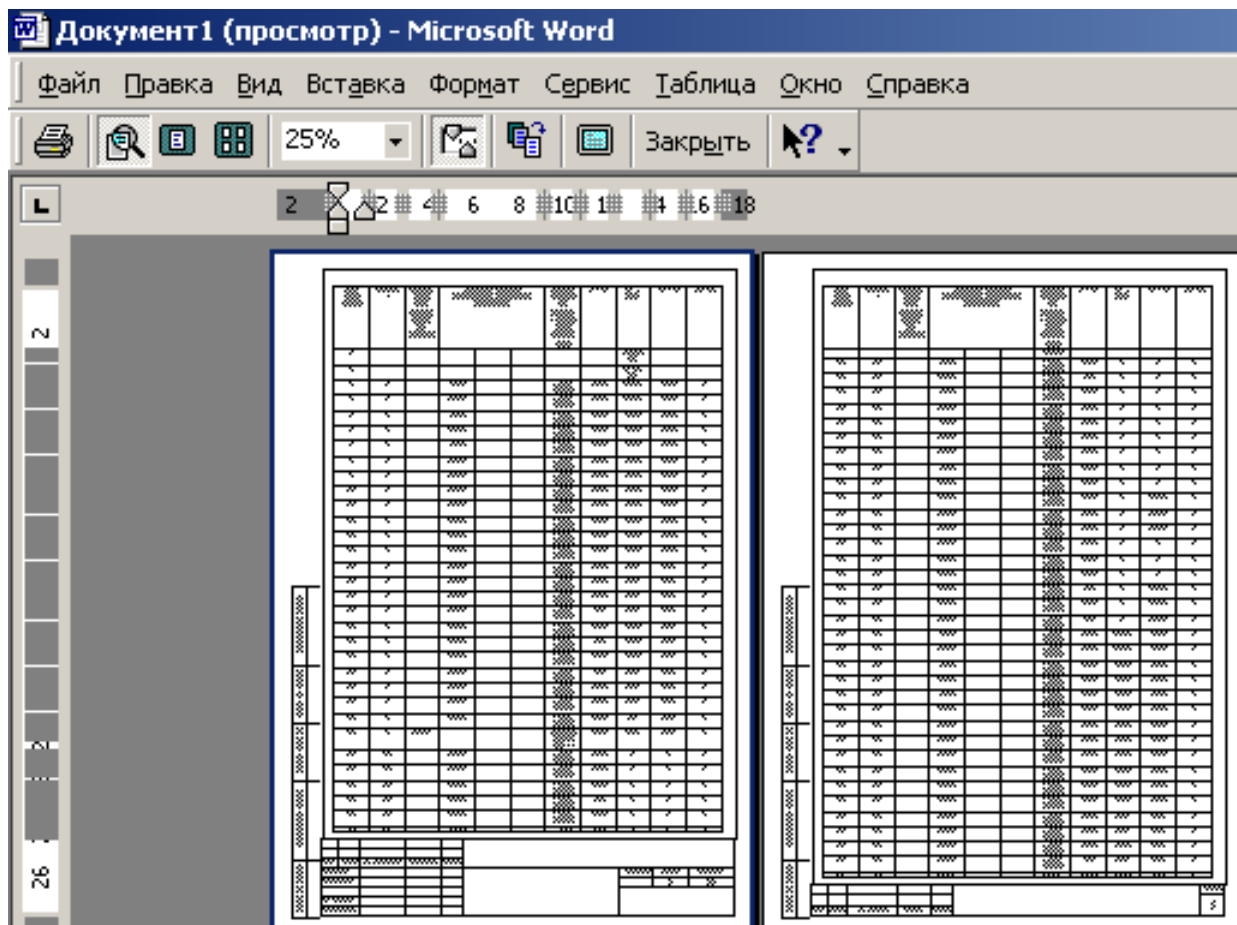
	Элемент	K1	K2	K3	K4	расчет (ссылка на нормы)	N,тс	M_х,тс*м	Q_у,тс	m_кр(K)
max1						/	11,75	1,61	1,27	
max2						оценка (N²N² сочетаний)				
max3										
	231	5	0,2653			формула (29); п. 5.12 / -	-2,04	1,36	1,27	1
	232	5		0,1753		- / 244, 26, 231	-2,06	1,04	1,27	1
	233	5		0,1736		- / 244, 26, 231	-2,04	0,72	1,27	1
	234	7		0,1719		- / 244, 26, 231	-2,02	0,72	1,27	1



NormFEM - NormCAD

Пример расчета РСУ

15. Для оформления результатов передаем их в Word (кнопка **Отправить в Word** )





NormFEM - NormCAD

Пример расчета РСУ

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	Козф-т несущей способности по расчету	Козф-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