



# Пример обработки сочетаний усилий, полученных в программе SCAD

1. В программе **SCAD** производится расчет по сочетаниям нагрузений (в данном примере производится расчет плоской рамной системы).

2. В разделе **Документирование** (в документаторе SCAD) результаты расчета сохраняются в файле **MS Excel**.

3. Выбираем последнюю таблицу файла.

4. Выделяется столбцы со значениями усилий и копируются в буфер обмена командой Копировать.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Усилия и напряжения элементов при комбинации нагрузений, т, м						
2	Номер эл	Номер сечен.	Номер комб.	Усилия и напряжения			
3				N	M	Q	
4	1	1	1	-9,13948	-0,05449	0,040172	
5			2	-9,60591	-0,06742	0,047248	
6		2	1	-9,13139	-0,00338	0,032079	
7			2	-9,59781	-0,0063	0,039155	
8		3	1	-9,12329	0,036271	0,023986	
9			2	-9,58972	0,043353	0,031062	
10	2	1	1	1,00891	-0,02424	0,01724	
11			2	0,920515	-0,02637	0,01915	
12		2	1	1,01701	-0,007	0,01724	
13			2	0,928609	-0,00722	0,01915	
14		3	1	1,0251	0,010241	0,01724	
15			2	0,936702	0,011927	0,01915	



# Пример обработки сочетаний усилий, полученных в программе SCAD

5. В программе NormCAD в окне новый расчет выбирается требуемый вид расчета.

Например, задание "Расчет сжато-изогнутых элементов" (по СНиП II-23-81 "Стальные конструкции").

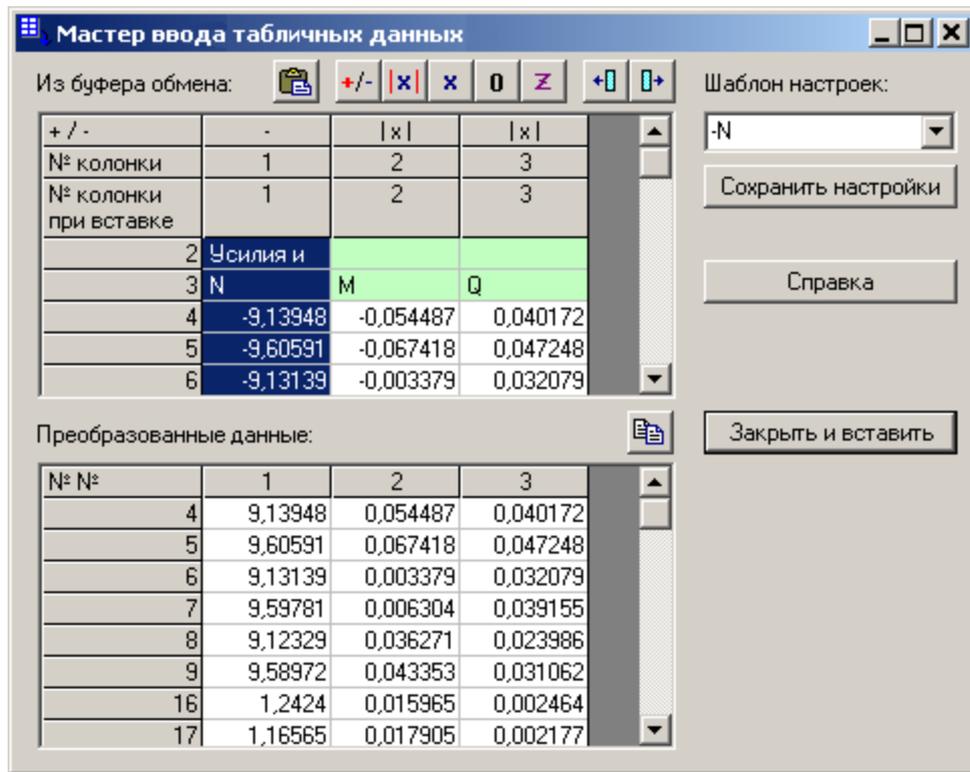
6. Окно РСУ (РСН) вызывается командой **Расчет РСУ (РСН)** в меню **Операции** или кнопкой  на панели инструментов.

7. В окне  РСУ (РСН) нажимаем кнопку  для вызова **Мастера ввода табличных данных**.

Содержимое буфера обмена вставляется автоматически.

8. Выбираем шаблон настроек **-N** (для ввода данных по внецентренно-сжатым элементам)

9. Нажимаем кнопку **Вставить и закрыть**.



Мастер ввода табличных данных

Из буфера обмена:

+ / -	-	x	x
N° колонки	1	2	3
N° колонки при вставке	1	2	3
2	Усилия и		
3	N	M	Q
4	-9,13948	-0,054487	0,040172
5	-9,60591	-0,067418	0,047248
6	-9,13139	-0,003379	0,032079

Преобразованные данные:

N° N°	1	2	3
4	9,13948	0,054487	0,040172
5	9,60591	0,067418	0,047248
6	9,13139	0,003379	0,032079
7	9,59781	0,006304	0,039155
8	9,12329	0,036271	0,023986
9	9,58972	0,043353	0,031062
16	1,2424	0,015965	0,002464
17	1,16565	0,017905	0,002177

Шаблон настроек: -N

Сохранить настройки

Справка

Закреть и вставить



# Пример обработки сочетаний усилий, полученных в программе SCAD

10. В окне **PCY (PCH)** производится обработка сочетаний усилий командой  **Обработка всех вариантов PCY (PCH)**.

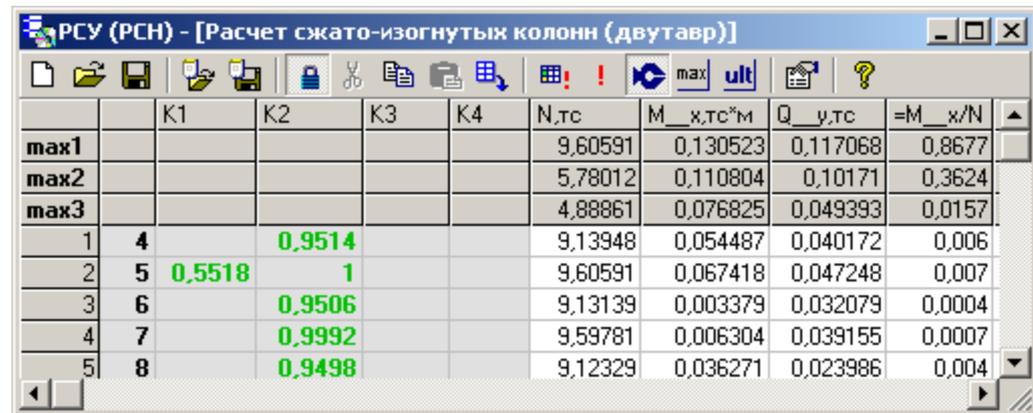
11. Результаты обработки сочетаний приводятся в виде таблицы.

В первом столбце – номера строк исходной таблицы.

В столбце **K1** приводится безразмерный коэффициент - показатель выполнения требований норм (только для тех сочетаний, в которых выполняется полный расчет).

В столбцах **K2-K4** приводятся безразмерные коэффициенты – критерии оценки сочетаний.

12. Результаты обработки сочетаний можно скопировать в буфер обмена или передать в **MS Excel** командой контекстного меню.



		K1	K2	K3	K4	N,тс	M_х,тс*м	Q_у,тс	=M_х/N	
	<b>max1</b>					9,60591	0,130523	0,117068	0,8677	
	<b>max2</b>					5,78012	0,110804	0,10171	0,3624	
	<b>max3</b>					4,88861	0,076825	0,049393	0,0157	
1	<b>4</b>		<b>0,9514</b>			9,13948	0,054487	0,040172	0,006	
2	<b>5</b>	<b>0,5518</b>	<b>1</b>			9,60591	0,067418	0,047248	0,007	
3	<b>6</b>		<b>0,9506</b>			9,13139	0,003379	0,032079	0,0004	
4	<b>7</b>		<b>0,9992</b>			9,59781	0,006304	0,039155	0,0007	
5	<b>8</b>		<b>0,9498</b>			9,12329	0,036271	0,023986	0,004	



## Анализ сочетаний

В NormCAD 5.0 введено средство для быстрой обработки большого количества сочетаний исходных данных

	K1	K2	K3	K4	N,тс	M,тс*м	Q
max					26	0,3	
ult					36	0,15	
R					48	45	
8	0,4302	7,5	1,1923	1,75	15	0,2	
9		1			2	0,3	
10		1,5	0,4231		3	0,1	

Окно **PCU (PCH)** предназначено для обработки таблиц с вариантами исходных данных. В частности ими могут быть PCU (PCH) – расчетные сочетания усилий или нагрузок.

K1 – K4 – столбцы со значениями критериев для оценки сочетаний.



# Окно PCY (PCH)

PCY (PCH) - [Расчет сжато-изогнутых колонн (двуставр)]

		K1	K2	K3	K4	N,TC	M_х,TC*М	Q_у,TC	=M_х/N
max1						9,60591	0,130523	0,117068	0,8677
max2						5,78012	0,110804	0,10171	0,3624
max3						4,88861	0,076825	0,049393	0,0157
1	4		0,9514			9,13948	0,054487	0,040172	0,006
2	5	0,5518	1			9,60591	0,067418	0,047248	0,007
3	6		0,9506			9,13139	0,003379	0,032079	0,0004
4	7		0,9992			9,59781	0,006304	0,039155	0,0007
5	8		0,9498			9,12329	0,036271	0,023986	0,004

## Основные Кнопки панели инструментов окна PCY (PCH):



Оценка всех сочетаний (без подробного отчета)



Обработка выделенной строки данных - одного сочетания

(с подробным отчетом при нажатой кнопке )



Параметры



# Мастер ввода табличных данных

Мастер ввода табличных данных предназначен для упрощения ввода в NormCAD таблиц с результатами расчета, полученных в других расчетных программах.

Для вызова окна мастера служит кнопка  в окне РСУ (РСН)

**Мастер переноса табличных данных**

Из буфера обмена:  +/- |x| x 0 z +0 0+

Шаблон настроек: -N

Сохранить настройки

Справка

Закреть и вставить

+ / -	-	x	x
N° колонки	1	2	3
N° колонки при вставке	1	2	3
2	Усилия и		
3	N	M	Q
4	-9,13948	-0,054487	0,040172
5	-9,60591	-0,067418	0,047248
6	-9,13139	-0,003379	0,032079

Преобразованные данные:

N° N°	1	2	3
4	9,13948	0,054487	0,040172
5	9,60591	0,067418	0,047248
6	9,13139	0,003379	0,032079
7	9,59781	0,006304	0,039155
8	9,12329	0,036271	0,023986
9	9,58972	0,043353	0,031062
16	1,2424	0,015965	0,002464
17	1,16565	0,017905	0,002177



# Мастер ввода табличных данных

Мастер переноса табличных данных

Из буфера обмена: +/- |x| x 0 z + | ->

+ / -	-	x	x
№ колонки	1	2	3
№ колонки при вставке	1	2	3
2	Усилия и		
3	N	M	Q
4	-9,13948	-0,054487	0,040172
5	-9,60591	-0,067418	0,047248
6	-9,13139	-0,003379	0,032079

Шаблон настроек:  
-N  
Сохранить настройки  
Справка  
Закрыть и вставить

Преобразованные данные:

№ №	1	2	3
4	9,13948	0,054487	0,040172
5	9,60591	0,067418	0,047248
6	9,13139	0,003379	0,032079
7	9,59781	0,006304	0,039155
8	9,12329	0,036271	0,023986
9	9,58972	0,043353	0,031062
16	1,2424	0,015965	0,002464
17	1,16565	0,017905	0,002177

- кнопка **Вставить** служит для вставки содержимого буфера обмена

- кнопка **Копировать** для копирования преобразованных данных

Кнопки для задания параметров преобразования данных:

- в нижнюю таблицу преобразованных данных передаются только те строки, в которых данные выделенных столбцов положительны (или отрицательны)

- передаются абсолютные значения

- передаются значения данных выделенных столбцов без изменений

- вместо значений данных выделенных столбцов передается 0 .

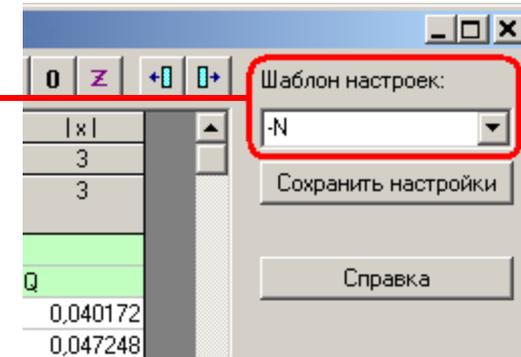
- выделенные столбцы не передаются

- для задания порядка передачи столбцов



# Мастер ввода табличных данных

## Примеры шаблонов настроек:



Для трехмерных систем общего вида:  
- для плит и оболочек:

Номер эл	Номер сеч	Номер ком	Усилия и моменты								
			NX	NY	TXY	MX	MY	MXY	QX	QY	
21	1	1	-12,7675	-20,8382	26,302	0,013881	-0,01511	-0,00127	-0,05353	0,0638	
		2	-14,4697	-22,8626	24,1853	0,012169	-0,01504	-0,00106	-0,04761	0,072368	
22	1	1	-5,90975	-33,1	-20,8937	0,015122	-0,01666	0,002248	0,058941	0,05568	
		2	-8,70022	-33,1786	-19,6353	0,013214	-0,01635	0,001875	0,052161	0,065537	
23	1	1	-30,6194	-2,16129	8,86627	-0,0797	0,021937	-0,01608	-0,27032	0,123175	
		2	-30,9389	-5,3337	8,81057	-0,07213	0,018393	-0,01432	-0,2424	0,126282	

- NX MX QX** для сжатых (внецентренно-сжатых) элементов для сечений перпендикулярных оси X
- +**NX MX QX** для растянутых (внецентренно- растянутых) элементов для сечений перпендикулярных оси X
- NY MY QY** для сжатых (внецентренно-сжатых) элементов для сечений перпендикулярных оси Y
- +**NY MY QY** для растянутых (внецентренно- растянутых) элементов для сечений перпендикулярных оси Y

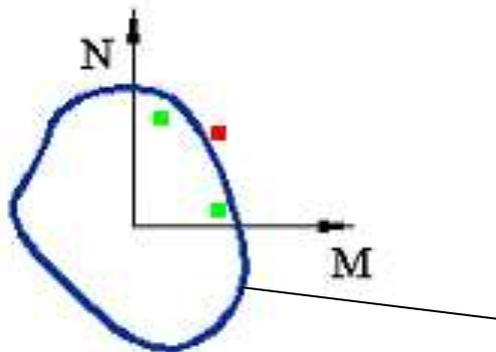
Подробнее см. **Справку** 



# Анализ сочетаний

Большой объем данных, получаемых из расчетных программ, создает сложности при обработке сочетаний исходных данных (например сочетаний усилий) на соответствие многочисленным требованиям нормативных документов.

Не всегда наиболее опасными являются сочетания исходных данных с максимальными значениями параметров.



Область допустимых сочетаний

Расчет всех сочетаний обычно не производится. Однако часто для исключения из расчета применяются интуитивные или сложные и не всегда надежные методы их оценки, например:

- оценка сочетаний **по напряжениям** (оценка только по напряжениям не позволяет учесть всех требований норм)
- оценка сочетаний **по параметрам, подбираемым, исходя из расчета по нормативным документам** (метод не является универсальным и сопряжен со сложностью в отборе критериев оценки)
- **ограничение области допустимых значений выпуклой областью** (этот метод универсален, но требует сложных расчетов, и, что более важно, не во всех случаях область допустимых значений являются выпуклой).

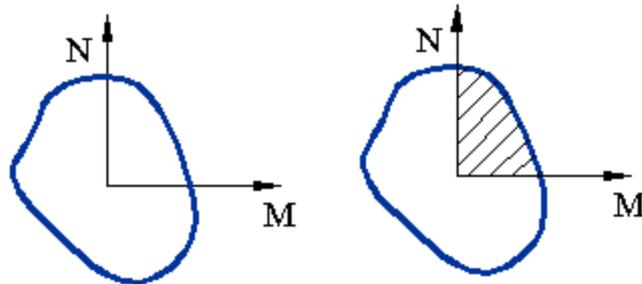


# Анализ сочетаний

Для оценки сочетаний используются предположения:

- 1) 1) Оцениваются только сопоставимые сочетания, например, для элементов близких размеров и условий работы.
- 2) 2) Область проверяемых сочетаний, ограничивается теми сочетаниями, в которых значения имеют один знак

Это вызвано тем, что расчет внецентренно-сжатых и внецентренно-растянутых элементов обычно выполняется по разным пунктам нормативных документов, и их оценку целесообразно разделить на отдельные задачи.

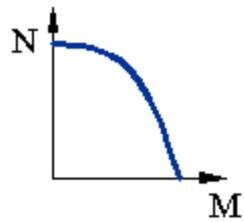




# Анализ сочетаний

Для оценки сочетаний используются предположения:

- 3) 3) Предполагается, что область допустимых сочетаний ограничивается монотонно убывающей поверхностью, любое сечение которой является монотонно убывающей функцией.

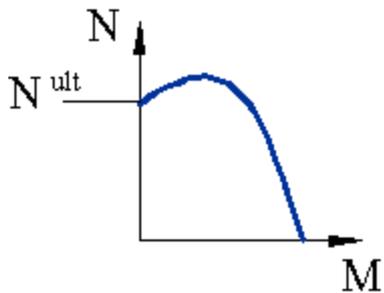


Например, предполагаем, что с ростом усилий несущая способность уменьшается.

- 4) 4) Допускается, что предположение 3 может не выполняться в некоторых областях пространства значений.

Например, когда имеется разгружающее действие одного из усилий.

В этом случае сочетание не исключается из расчета и по нему производится полный расчет на соответствие нормам.

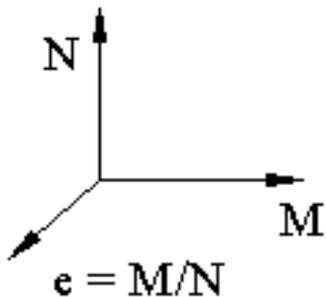




# Анализ сочетаний

Для оценки сочетаний используются предположения:

- 5) 5) В качестве дополнительных параметров в сочетания возможно использование формул, включающих другие параметры в сочетаниях или другие исходные данные, используемые в расчете. Например,  $e = M / N$  (в расчетах конструкций часто встречаются ограничения по  $e$ ).



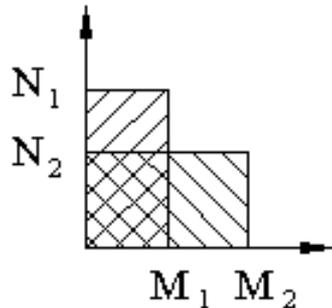
Использование дополнительного параметра  $e = M / N$ , делает процедуру оценки сочетаний более простой и универсальной, т.к. не при этом не требуется усложнять задачу наложением дополнительных условий на параметры  $N$  и  $M$ .



# Анализ сочетаний

## Порядок оценки сочетаний:

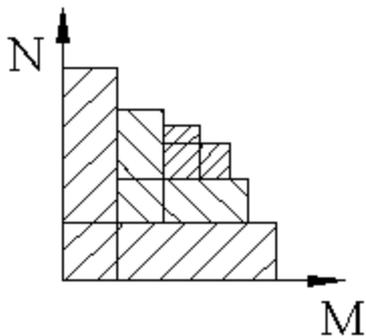
1. Для сочетаний, в которых один или несколько параметров в сочетании принимает максимальное значение, производится полный расчет на выполнение всех требований норм.
2. Оставшиеся сочетания оцениваются по критерию, например упрощенно, при двух параметрах N и M при двух сочетания с максимальными значениями параметров (N1, M1) и (N2, M2):



$$K = \min (\max (N / N1; M / M1); \max (N / N2; M / M2))$$

При  $K < 1$  сочетание исключается из расчета.

3. Пункты 1 и 2 повторяются несколько раз.
4. Производится полный расчет для оставшихся сочетаний (для которых  $K > 1$ ).



Подробнее см. **Справку**

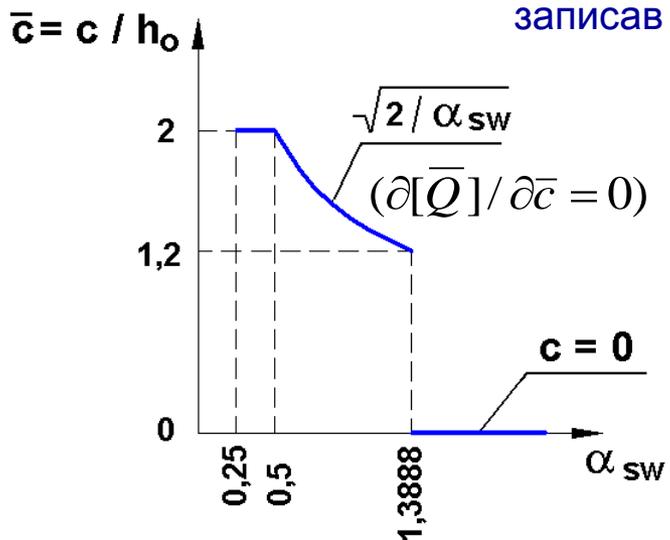




# Особенности анализа сочетаний при расчете железобетонных конструкций

## Определение ширины проекции наклонного сечения $c$ (при расчете на действие поперечных сил $Q$ )

Находим  $c$  из условия (6.66) СП 52-101, при котором  $[Q]$  минимально  
(с учетом ограничений  $c \leq 2h_o$  и  $Q_b \leq 2,5 R_{bt}bh_o$ ),  
записав его через безразмерные переменные:



$$\bar{Q} \leq [\bar{Q}] = \min(1,5 / \bar{c}; 2,5) + 0,75 \alpha_{sw} \bar{c}$$

где:  $\bar{Q} = Q / (R_{bt}bh_o)$ ;  $\bar{c} = c / h_o$ ;  $\alpha_{sw} = R_{sw}A_{sw} / (s_w R_{bt}b)$

**Вывод:** для определения наиболее опасного значения  $c$  не требуется рассматривать весь конструктивный элемент.

Это упрощает процедуру оценки сочетаний.

$\bar{c}$	$[\bar{Q}]$ при $\alpha_{sw}$								
	0,25	0,5	0,75	1	1,25	1,3888	1,5	1,75	2
0	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
0,2	2,54	2,58	2,61	2,65	2,69	2,71	2,73	2,76	2,80
0,4	2,58	2,65	2,73	2,80	2,88	2,92	2,95	3,03	3,10
0,6	2,61	2,73	2,84	2,95	3,06	3,12	3,18	3,29	3,40
0,8	2,03	2,18	2,33	2,48	2,63	2,71	2,78	2,93	3,08
1	1,69	1,88	2,06	2,25	2,44	2,54	2,63	2,81	3,00
1,1	1,57	1,78	1,98	2,19	2,39	2,51	2,60	2,81	3,01
1,2	1,48	1,70	1,93	2,15	2,38	2,50	2,60	2,83	3,05
1,3	1,40	1,64	1,89	2,13	2,37	2,51	2,62	2,86	3,10
1,4	1,33	1,60	1,86	2,12	2,38	2,53	2,65	2,91	3,17
1,6	1,24	1,54	1,838	2,14	2,44	2,60	2,74	3,04	3,34
1,8	1,17	1,51	1,846	2,18	2,52	2,71	2,86	3,20	3,53
2	1,13	1,50	1,88	2,25	2,63	2,83	3,00	3,38	3,75



# Особенности анализа сочетаний при расчете железобетонных конструкций

## Расчет внецентренно-сжатых элементов

Производятся отдельно два расчета (в расчетной программе МКЭ):

- 1) без кратковременных нагрузок
- 2) с кратковременными нагрузками

Заполняются соответствующие столбцы в таблице сочетаний:

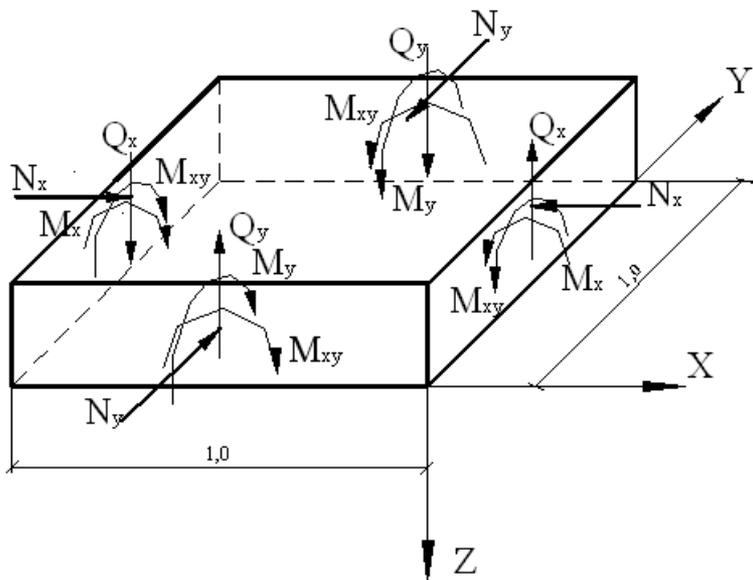
1)		2)			
$N_{l,tc}$	$M_{l,tc} \cdot m$	$N_{N,tc}$	$M_{N,tc} \cdot m$	$=M/N_{N,m}$	$=M_{l,N,m}$
55	4	60	4	0,4	0,1818
20	3	50	3	0,06	0,15
55	4	60	2	0,0333	0,0727
20	3	45	1	0,0222	0,15
15	2	50	3	0,06	0,1333
22	4	25	2	0,08	0,1818
8	1	10	4	0,4	0,125

Далее производится оценка сочетаний обычным образом.



# Особенности анализа сочетаний при расчете железобетонных конструкций

## Учет требований СП 52-103-2007 «Железобетонные монолитные конструкции зданий»



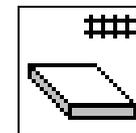
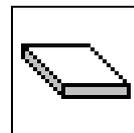
При расчете плит в СП 52-103:

- введен учет  $M_{xy}$
- для  $Q_{ult}$  введены упрощенные формулы (без учета  $c$ ):

При расчете по СП 52-101 в NormCAD можно выполнить расчет плит с учетом СП 52-103-2007 «Железобетонные монолитные конструкции зданий».

Задания:

- Расчет плоских плит
- Расчет плоских плит с поперечной арматурой



$$(M_{x,ult} - M_x) \cdot (M_{y,ult} - M_y) - M_{xy}^2 \geq 0 ;$$

$$M_{x,ult} \geq M_x ;$$

$$M_{y,ult} \geq M_y ;$$

$$M_{xy,ult} \geq M_{xy} ,$$

$$\frac{Q_x}{Q_{x,ult}} + \frac{Q_y}{Q_{y,ult}} \leq 1$$

$$Q_{ult} = Q_b + Q_{sw}$$

$$Q_b = 0,5 R_{bt} b h_0$$

$$Q_{sw} = q_{sw} h_0$$