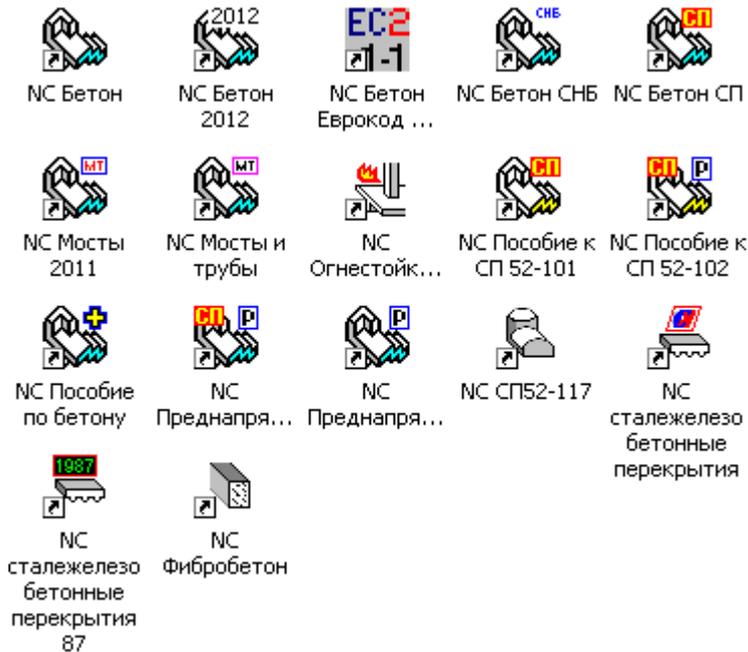




# Расчет железобетонных конструкций



Введен расчет железобетонных конструкций:

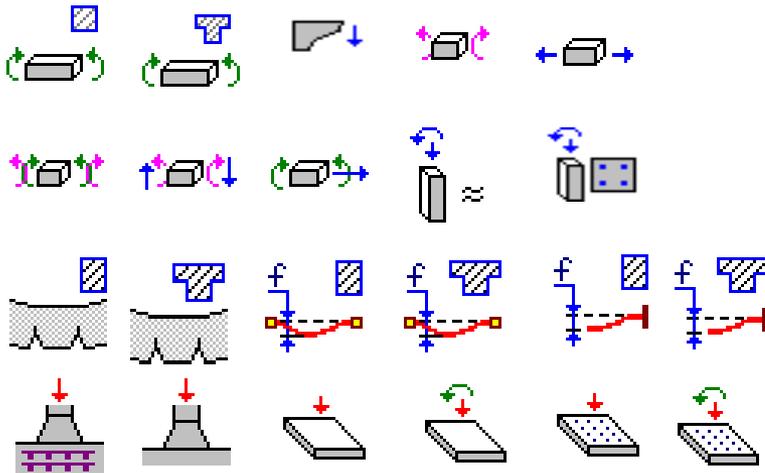
- по СНиП 2.03.01-84 "Бетонные и железобетонные конструкции"
- по Пособиям к СНиП 2.03.01-84
- по СНиП 2.05.03-84 "Мосты и трубы"
- по новым нормам (СП 52-101-2003 и СП 52-102-2004)
- по Пособиям к СП 52-101-2003 и СП 52-102-2004
- по актуализированным нормам СП 63.13330.2012 "Бетонные и железобетонные конструкции" и СП 35.13330.2011 "Мосты и трубы"
- расчеты по Eurocode EN 1992-1-1
- расчеты сталежелезобетонных покрытий
- расчеты фибробетонных конструкций
- расчеты пространственных железобетонных конструкций (куполов, сводов)
- расчеты огнестойкости железобетонных конструкций



# Расчет железобетонных конструкций

Выполняются расчеты:

- по прочности, трещиностойкости и прогибу
- при изгибе, центральном и внецентренном нагружении, действии поперечных сил, кручении, смятии, продавливании
- при совместном действии усилий разного вида
- с учетом предварительного напряжения



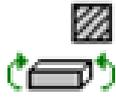
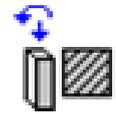
Возможен выбор прямоугольных, кольцевых, круглых, тавровых и двутавровых сечений, а также сечений произвольной формы и армирования, с передачей данных о сечении из AutoCAD.

Обрабатываются таблицы сочетаний усилий, полученных из других расчетных программ, используются методы ускоренной оценки сочетаний усилий.



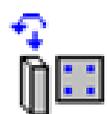
# Виды расчета в NORMCAD по СП 52-101-2003

## 1. Расчет бетонных конструкций

	Расчет изгибаемых бетонных элементов прямоугольного сечения	п.п. 5.1.8; 5.1.9; 5.1.10; 6.1.12
	Расчет внецентренно-сжатых бетонных элементов прямоугольного сечения	п.п. 5.1.8; 5.1.9; 5.1.10; 5.1.13; 4.2.6; 6.1.9

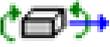


## 2. Расчет железобетонных конструкций на прочность при различных силовых воздействиях

	Расчет изгибаемых элементов прямоугольного сечения	п.п. 5.1.8; 5.1.9; 5.1.10; 5.2.7; 5.2.10; 6.2.7; 6.2.9; 8.3.4
	Расчет изгибаемых элементов таврового или двутаврового сечения	п.п. 5.1.8; 5.1.9; 5.1.10; 5.2.7; 5.2.10; 6.2.7; 6.2.9; 8.3.4
	Приближенный расчет внецентренно-сжатых элементов прямоугольного сечения	п.п. 5.1.8; 5.1.9; 5.1.10; 5.2.7; 4.2.6; 5.1.13; 5.2.10; 6.2.18; 6.2.17; 8.3.4
	Расчет внецентренно-сжатых элементов прямоугольного сечения	п.п. 5.1.9; 5.1.13; 5.1.10; 5.2.7; 5.2.10; 4.2.6; 6.2.18; 6.2.16; 6.2.7; 6.2.15; 8.3.4
	Расчет железобетонных элементов по наклонным сечениям	п.п. 5.1.8; 5.1.9; 5.1.10; 5.2.7; 6.2.33; 6.2.34; 6.2.35; 8.3.4
	Расчет на действие крутящего момента	п.п. 5.1.8; 5.1.9; 5.1.10; 6.2.37; 5.2.7; 6.2.38
	Расчет элементов при центральном растяжении	п.п. 5.2.7; 6.2.19; 8.3.4

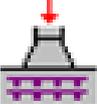


### 3. Расчет железобетонных конструкций на прочность при совместном действии различных силовых воздействиях

	Расчет на совместное действие крутящего и изгибающего моментов	п.п. 5.1.8; 5.1.9; 5.1.10; 5.2.7; 5.2.10; 6.2.7; 6.2.40
	Расчет на совместное действие крутящего момента и поперечной силы	п.п. 5.1.8; 5.1.9; 5.1.10; 5.2.7; 6.2.41; 6.2.42
	Расчет внецентренно-растянутых элементов прямоугольного сечения	п.п. 5.1.8; 5.1.9; 5.1.10; 5.2.7; 6.2.20; 8.3.4

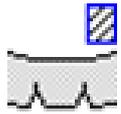
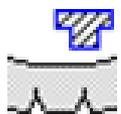
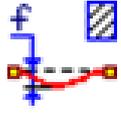
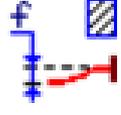
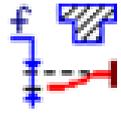


## 4. Расчет железобетонных конструкций на смятие и продавливание

	Расчет элементов на местное смятие при наличии косвенной арматуры	п.п. 5.1.8; 5.1.9; 5.1.10; 5.2.7; 6.2.45
	Расчет элементов на местное смятие при отсутствии косвенной арматуры	п.п. 5.1.8; 5.1.9; 5.1.10; 6.2.44
	Расчет элементов без поперечной арматуры на продавливание при действии сосредоточенной силы	п.п. 5.1.8; 5.1.9; 5.1.10; 6.2.47
	Расчет элементов без поперечной арматуры на продавливание при действии сосредоточенной силы и изгибающего момента	п.п. 5.1.8; 5.1.9; 5.1.10; 6.2.49
	Расчет элементов с поперечной арматурой на продавливание при действии сосредоточенной силы	п.п. 5.1.8; 5.1.9; 5.1.10; 5.2.7; 6.2.48
	Расчет элементов с поперечной арматурой на продавливание при действии сосредоточенной силы и изгибающего момента	п.п. 5.1.8; 5.1.9; 5.1.10; 5.2.7; 6.2.48; 6.2.50



## 5. Расчет прогибов и трещиностойкости железобетонных конструкций

	Расчет по раскрытию трещин, нормальных к продольной оси изгибаемых элементов прямоугольного сечения	п.п. 5.1.8; 5.1.9; 5.2.10; 7.2; 8.3.4
	Расчет по раскрытию трещин, нормальных к продольной оси изгибаемых элементов таврового сечения	п.п. 5.1.8; 5.1.9; 5.2.10; 7.2; 8.3.4
	Прогиб балки прямоугольного сечения при равномерно-распределенной нагрузке	п.п. 5.1.8; 5.1.9; 5.2.10; 7.3.6; 8.3.4
	Прогиб балки таврового сечения при равномерно-распределенной нагрузке	п.п. 5.1.8; 5.1.9; 5.2.10; 7.3.6; 8.3.4
	Прогиб консоли прямоугольного сечения при равномерно-распределенной нагрузке	п.п. 5.1.8; 5.1.9; 5.2.10; 7.3.6; 8.3.4
	Прогиб консоли таврового сечения при равномерно-распределенной нагрузке	п.п. 5.1.8; 5.1.9; 5.2.10; 7.3.6; 8.3.4
	Прогиб консоли таврового сечения при равномерно-распределенной нагрузке	п.п. 5.1.8; 5.1.9; 5.2.10; 7.3.6; 8.3.4



# Расчет железобетонных конструкций

Примечания к расчету на NormCAD по СНиП 2.03.01-84  
«Бетонные и железобетонные конструкции»:

Принятые ограничения:

- бетон тяжелый или легкий плотной структуры класса В30 и ниже
- при систематическом воздействии температурой не выше плюс 500С и не ниже минус 700С
- арматура классов А-I, А-II, А-III, Вр-I
- в условиях неагрессивной среды и без повышенной влажности



# Расчет железобетонных конструкций

Примечания к расчету на NormCAD по СНиП 2.03.01-84  
«Бетонные и железобетонные конструкции»:

Коэффициент условия работы бетона  $\gamma_{b2}$  вводится в соответствии с табл. 15 СНиП:

2а) при учете постоянных, длительных и кратковременных нагрузок, кроме нагрузок непродолжительного действия, суммарная длительность действия которых за период эксплуатации мала (например, крановые нагрузки; нагрузки от транспортных средств; ветровые нагрузки; нагрузки, возникающие при изготовлении, транспортировании и возведении и т.п.), а также при учете особых нагрузок, вызванных деформациями просадочных, набухающих, вечномерзлых и подобных грунтов	
для тяжелого, мелкозернистого и легкого бетонов естественного твердения и подвергнутых тепловой обработке:	
в условиях эксплуатации конструкций, благоприятных для нарастания прочности бетона (например, под водой, во влажном грунте или при влажности воздуха окружающей среды свыше 75%)	1
в остальных случаях	0,9
для ячеистого и поризованного бетонов независимо от условий эксплуатации	0,85
2б) при учете в рассматриваемом сочетании кратковременных нагрузок (непродолжительного действия) или особых нагрузок*, не указанных в поз. 2а, для всех видов бетона	1,1



# Построение графиков и их использование в расчете

Команда **Оценка влияния** служит для оценки влияния любой заранее выбранной переменной на результаты расчета.

- В отчете курсором выделяется переменная



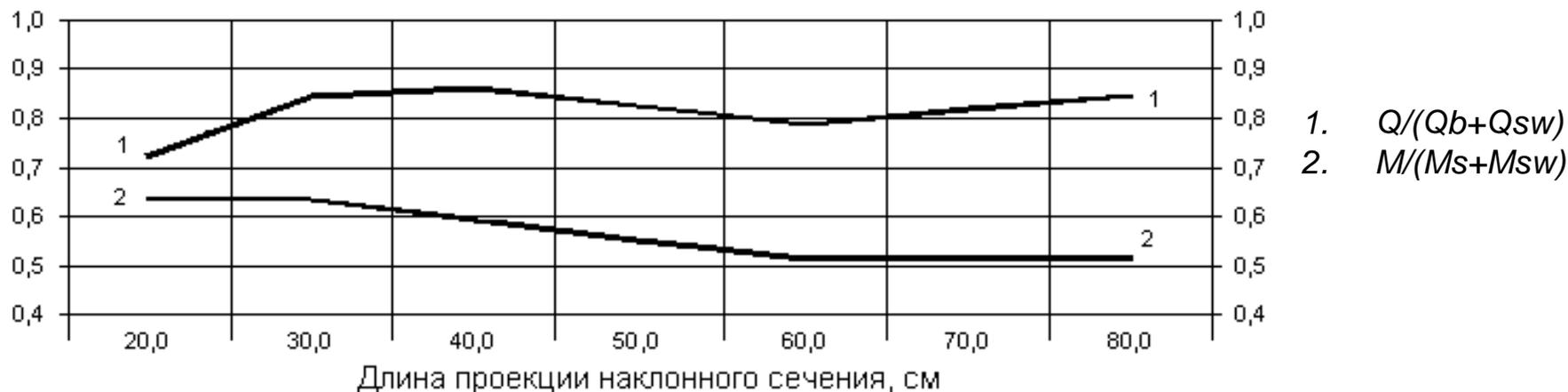
- Нажимается кнопка **Оценка влияния**



- Устанавливаются параметры:

- *Диапазон значений*, в котором производится поиск решения
- *Количество значений*, которое будет принимать переменная в выбранном диапазоне

Результат получаем в виде графика:





## Расчет по деформационной модели

В общем случае расчет ведется на основе деформационной модели. Решается система уравнений:

$$M_x = D_{11} \cdot \frac{1}{r_x} + D_{12} \cdot \frac{1}{r_y} + D_{13} \cdot \varepsilon_o$$

$$M_y = D_{12} \cdot \frac{1}{r_x} + D_{22} \cdot \frac{1}{r_y} + D_{23} \cdot \varepsilon_o$$

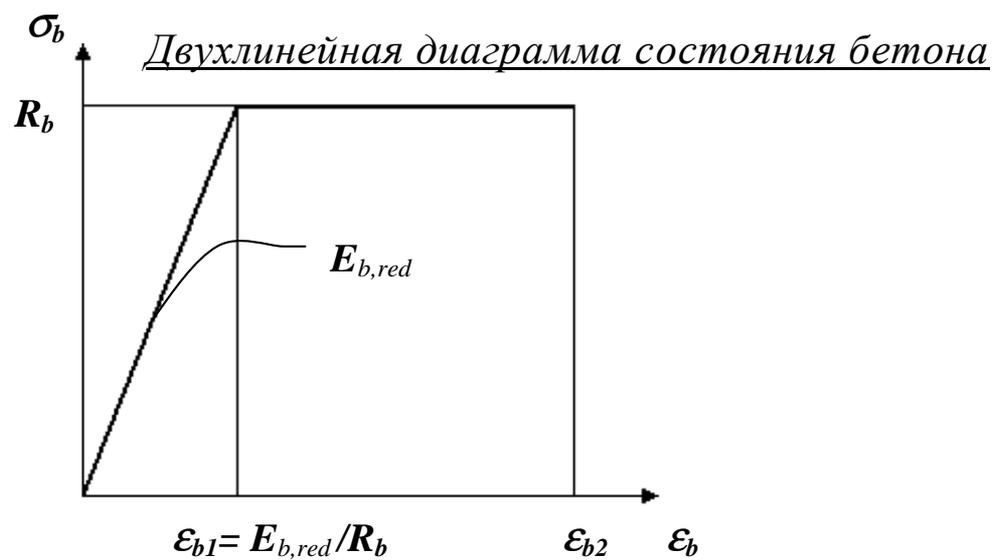
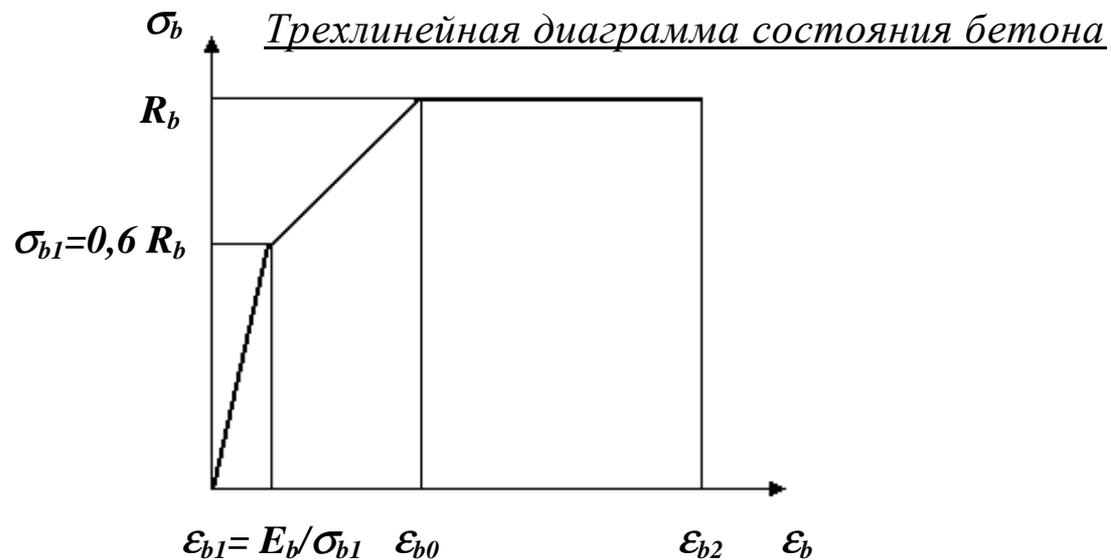
$$N = D_{13} \cdot \frac{1}{r_x} + D_{23} \cdot \frac{1}{r_y} + D_{33} \cdot \varepsilon_o$$

Полученные из решения этой системы уравнений деформации не должны превышать предельных значений:  $|\varepsilon_{b,\max}| \leq \varepsilon_{b,ult}$  ;  $\varepsilon_{s,\max} \leq \varepsilon_{s,ult}$  .

Жесткостные характеристики  $D_{11} - D_{33}$  определяются с помощью процедуры численного интегрирования по участкам сечения с использованием диаграмм состояния бетона и арматуры.



# Диаграммы состояния бетона





## Выбор типа диаграммы состояния бетона

Предпочтительно использование **трехлинейной** диаграммы.

Как наиболее простая в ряде случаев может быть использована **двухлинейная** диаграмма:

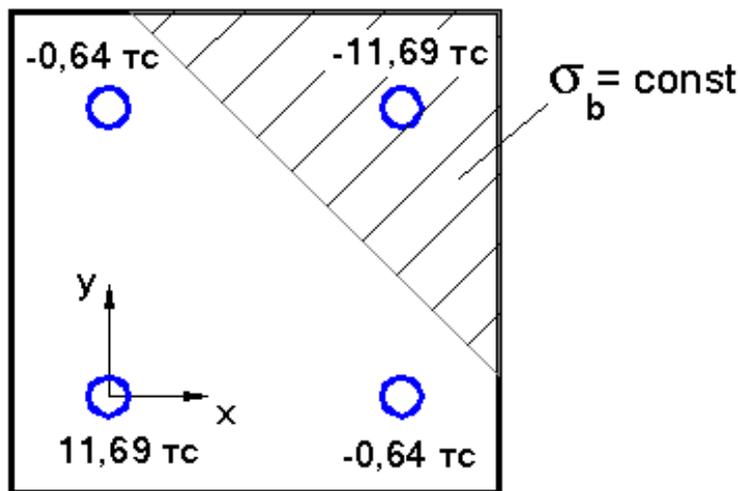
- при расчете прочности;
- при расчете образования трещин для оценки напряженно-деформированного состояния растянутого бетона при упругой работе сжатого бетона;
- при расчете деформаций при наличии трещин.

При расчете прочности используются диаграммы состояния бетона с деформационными характеристиками, отвечающими непродолжительному действию нагрузки.



## Пример парадоксальности результатов при расчете по старому СНиП

Неучет неравномерности напряжений в сечении может приводить к парадоксальным результатам (размеры сечения 250x250 мм):



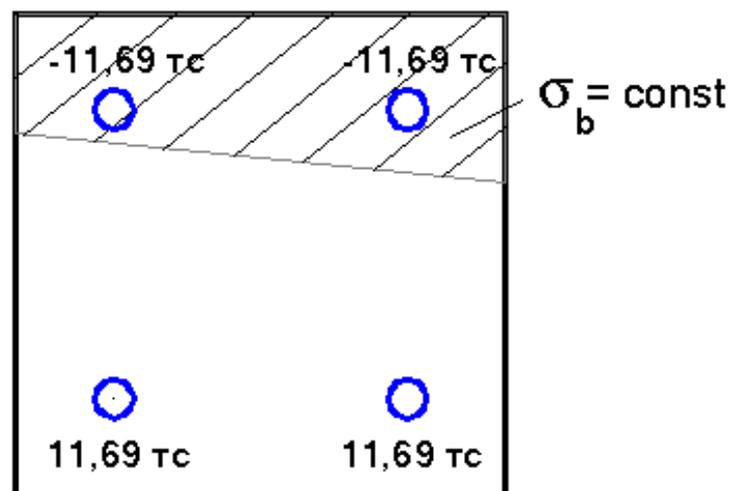
Действующие усилия относительно ц.т.:

$N = -25$  тс;  $M_x = 3$  тс.м;  $M_y = 3$  тс.м;

Сравнение воспринимаемых усилий с действующими:

$M_{xu} = 5,100$  тс.м  $\geq M_{x1} = 4,88$  тс.м;

$M_{yu} = 5,100$  тс.м  $\geq M_{y1} = 4,88$  тс.м.



Действующие усилия относительно ц.т.:

$N = -25$  тс;  $M_x = 3$  тс.м;  $M_y = 0,3$  тс.м;

Сравнение воспринимаемых усилий с действующими:

$M_{xu} = 7,558$  тс.м  $\geq M_{x1} = 4,88$  тс.м;

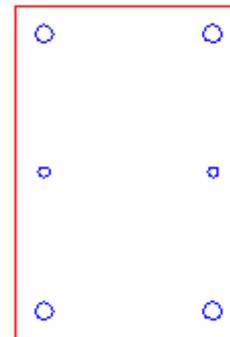
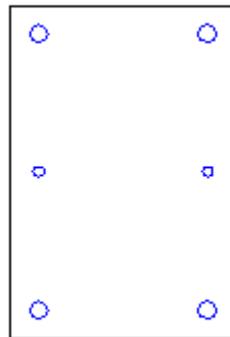
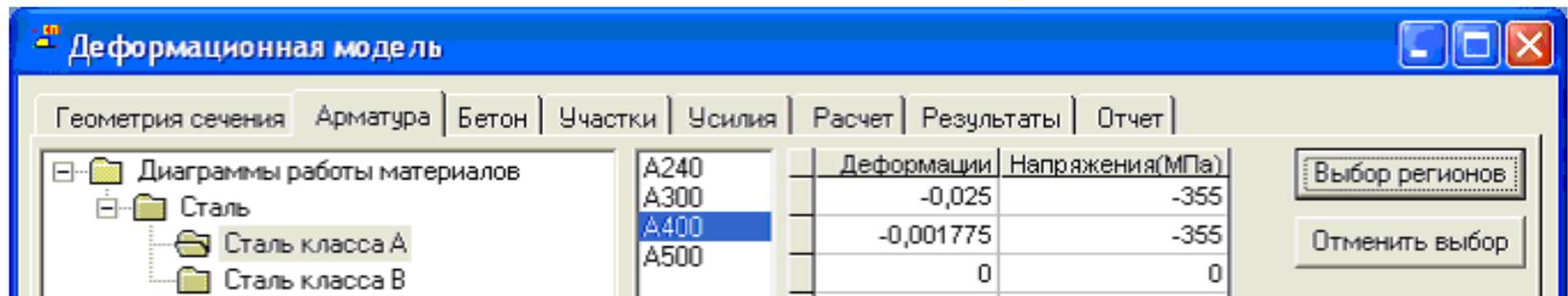
$M_{yu} = 2,048$  тс.м  $< M_{y1} = 2,18$  тс.м.





# Последовательность действий в программе «Деформационная модель».

4. Задаем свойства арматуры и кнопкой **Выбор регионов** указываем регионы арматуры на чертеже (они отмечаются синим цветом).

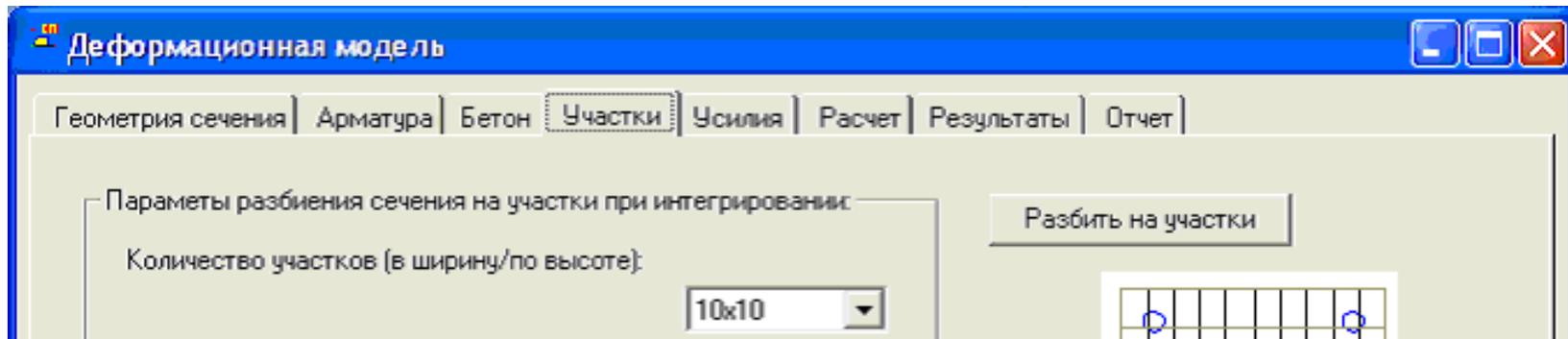


5. Аналогично задаем свойства бетона и указываем соответствующий регион на чертеже (выбранный регион отмечается красным цветом).

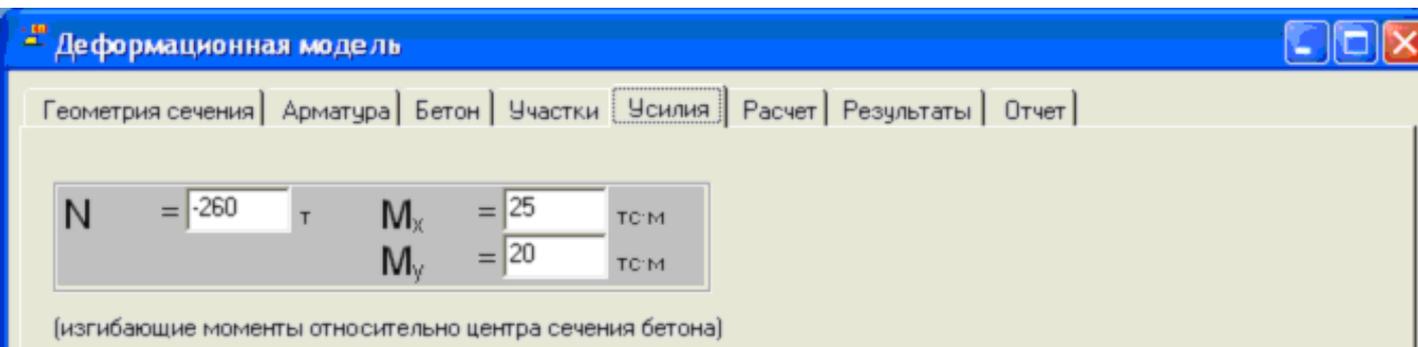


# Последовательность действий в программе «Деформационная модель».

6. Производим разбиение сечения на участки:



7. Вводим значения усилий:







## Последовательность действий в программе «Деформационная модель».

10. Перейдем на вкладку **Отчет** и ознакомимся с результатами выполнения проверок.

Текст отчета с помощью кнопки **Скопировать отчет** можно скопировать в буфер обмена для последующего использования.

Приведем окончание отчета с результатами выполнения проверок:

Предельные значения относительной деформации арматуры и бетона:

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

Максимальные значения относительной деформации арматуры и бетона:

$$e_{s,max} = 0,002642; |e_{b,max}| = 0,00314.$$

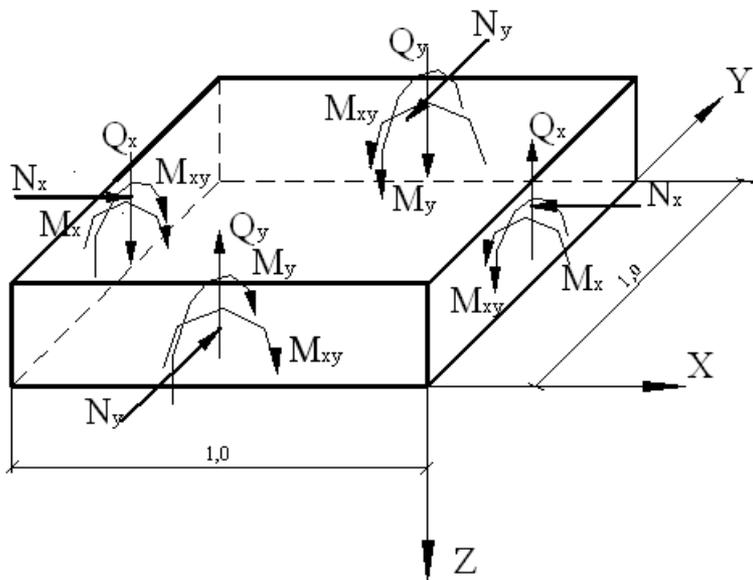
Следовательно, условия прочности выполняются. Запас **10,28%**.

Напомним, что в примере 40 по пособию к СНиП 2.03.01-84 запас прочности составил **9,65%**.



# Особенности анализа сочетаний при расчете железобетонных конструкций

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



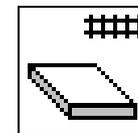
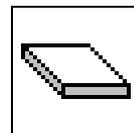
При расчете плит в СП 52-103:

- 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



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

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

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

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

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

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

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

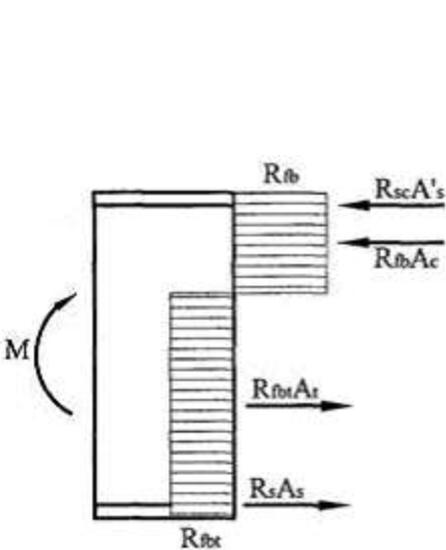
$$Q_{sw} = q_{sw} h_0$$



# Новые компоненты NORMCAD

Автоматизируется расчет по СП 52-104-2006 «Сталефибробетонные конструкции» :

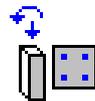
## 1. Расчет по прочности нормальных и наклонных сечений



Приближенный расчет  
внецентренно-сжатых элемент...



Расчет внецентренно-растянутых  
элементов прямоугольного сечения



Расчет внецентренно-сжатых элементов  
прямоугольного сечения



Расчет элементов при центральном  
растяжении



Расчет изгибаемых элементов  
прямоугольного сечения



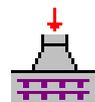
Расчет железобетонных элементов по  
наклонным сечениям



# Новые компоненты NORMCAD

Автоматизируется расчет по СП 52-104-2006 «Сталефибробетонные конструкции» :

## 2. Расчеты на смятие и продавливание, конструктивные расчеты



Расчет элементов на местное смятие при наличии косвенной арматуры



Расчет элементов на местное смятие при отсутствии косвенной арматуры



Расчет элементов без поперечной арматуры на продавливание при...



Расчет элементов без поперечной арматуры на продавливание при...



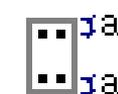
Расчет элементов с поперечной арматурой на продавливание п...



Расчет элементов с поперечной арматурой на продавливание пр...



Определение требуемой длины анкеровки



Требования к толщине защитного слоя бетона



# Из расчета по EN 1992-1-1 “Проектирование железобетонных конструкций. Общие правила”

*Параметры напрягаемой  
арматуры принимаются  
по сортаменту EN 10138:*

**Параметры напрягаемой арматуры** [X]

Напрягаемая арматура:

- канаты
- стержни периодического профиля
- гладкие стержни
- проволока

Сортамент EN 10138:

Y1770S7; d = 16 мм; [↔]

Номинальные значения:

Диаметр арматуры:  
 $d_p = 16$  мм

Площадь сечения одного стержня (каната):  
 $S_0 = 1,5$  см<sup>2</sup>

Временное сопротивление:  
 $R_m = 1770$  МПа

OK  
Отмена

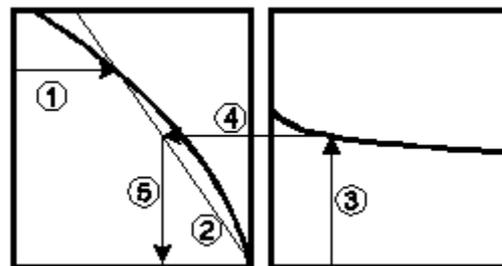
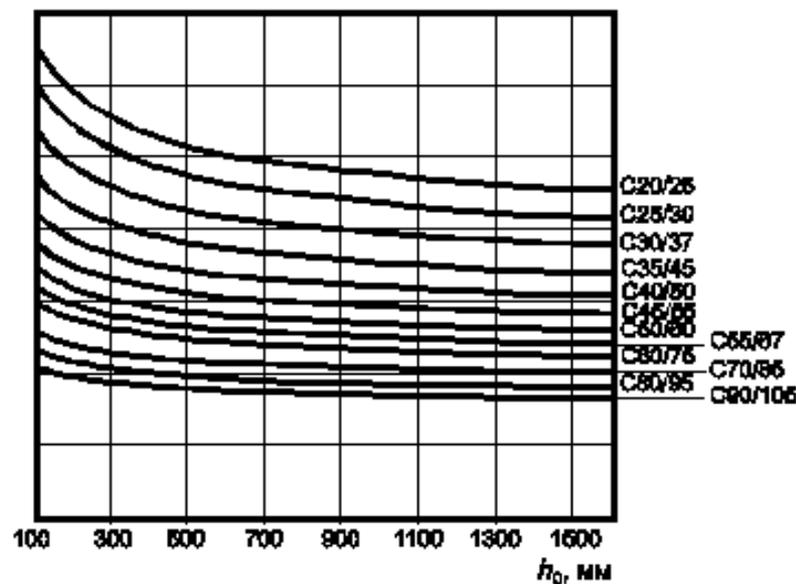
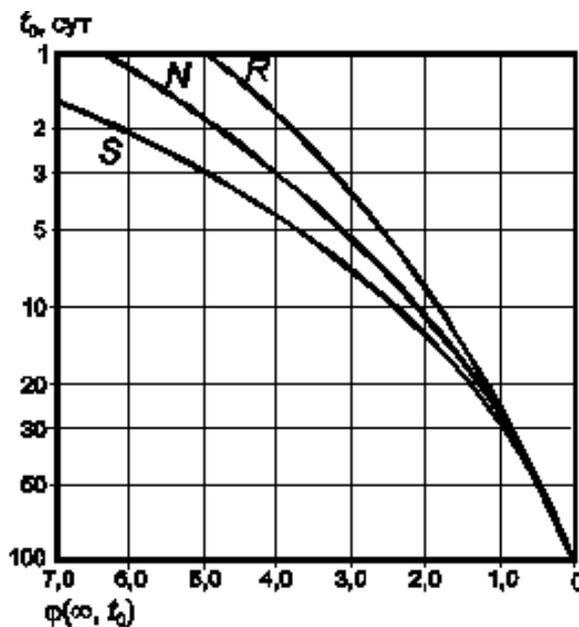


# Из расчета по EN 1992-1-1 “Проектирование железобетонных конструкций. Общие правила”

Коэффициенты

ползучести определяются:

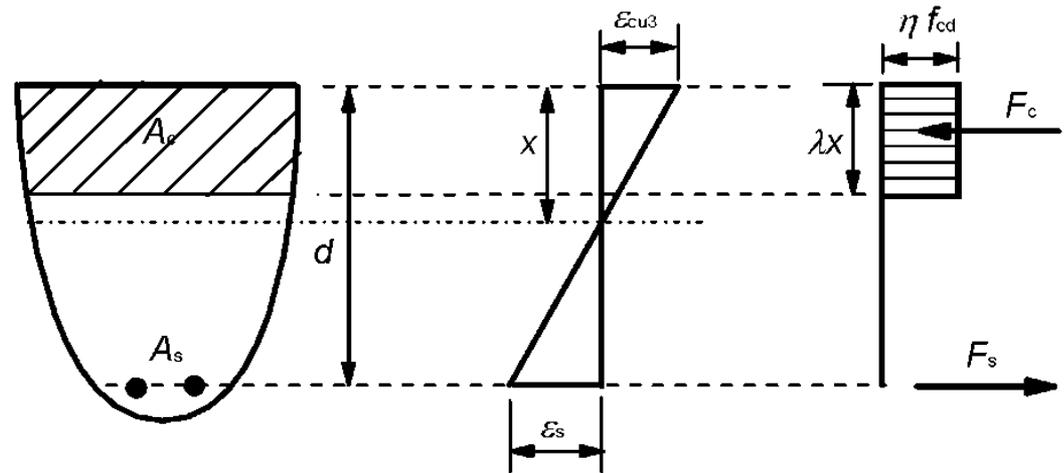
- по формулам приложения В
- по оцифрованным графикам



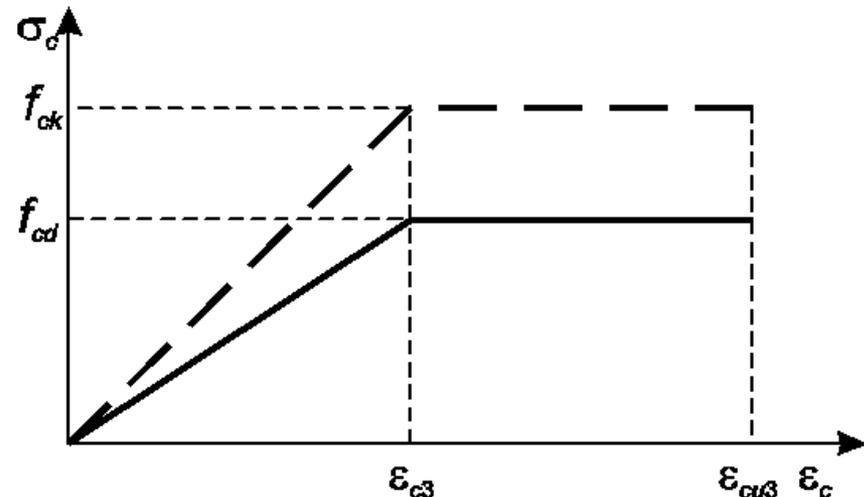


Варианты расчета:

- по приближенной схеме при равномерном распределении напряжений в бетоне



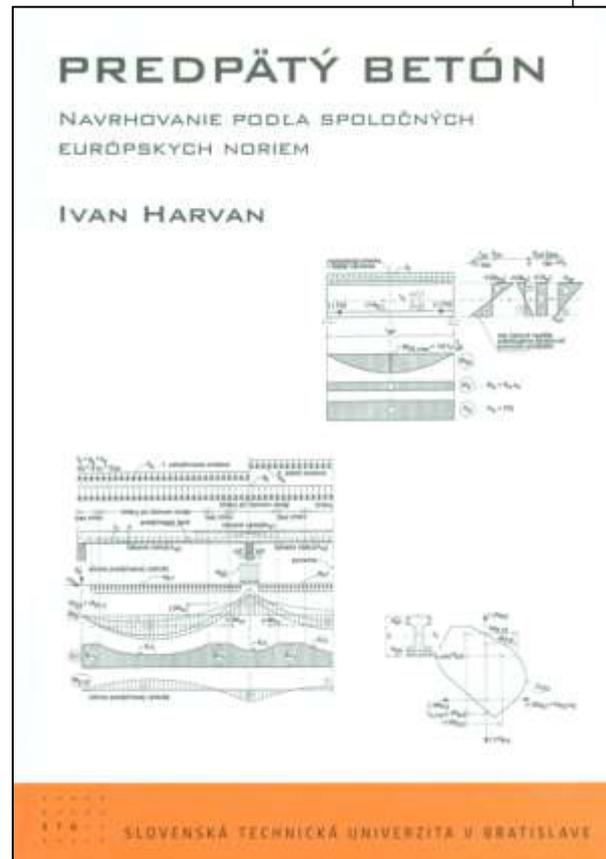
- с использованием диаграмм работы бетона





# Из расчета по EN 1992-1-1 “Проектирование железобетонных конструкций. Общие правила”

*Выполнена отладка  
алгоритма по примерам  
расчета из литературы  
по Eurocode:*



## **ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ**

**основы теории, расчета  
и Конструирования**

ПОД РЕДАКЦИЕЙ  
заслуженного деятеля науки РБ  
профессора, д.т.н. Пецольда Т.М.  
и профессора, д.т.н. Тура В.В.

Допущено Министерством образования Республики Беларусь  
в качестве учебного пособия для студентов специальности  
«Промышленное и гражданское строительство»  
высших учебных заведений

Издательство БГТУ 2003