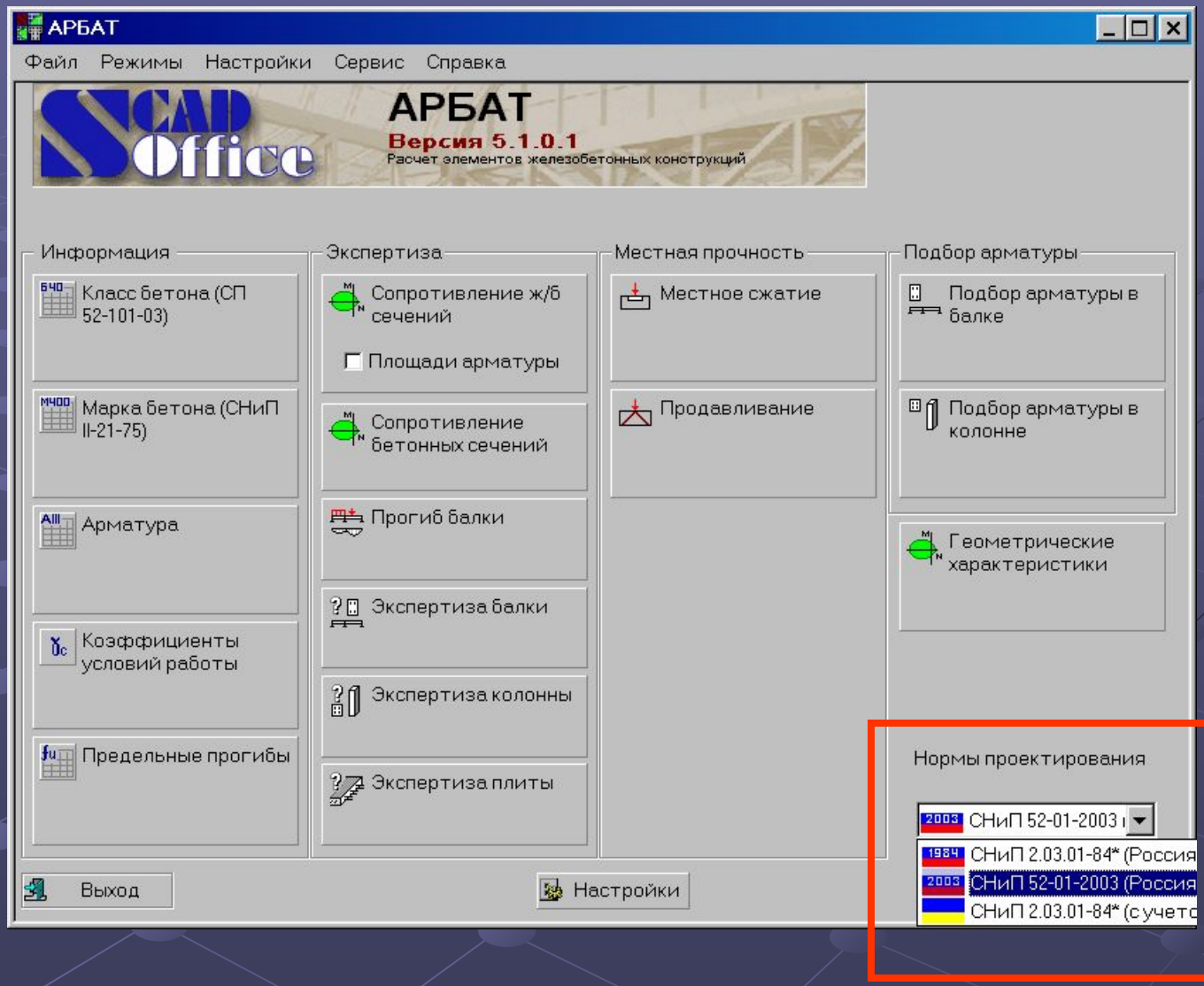
И.А. Белокопытова

АРБАТ 5.0 - реализация новых нормативных документов

АРБАТ 5.0 - реализация новых нормативных документов



Уравнения равновесия :

$$N = \int \sigma \, dF$$

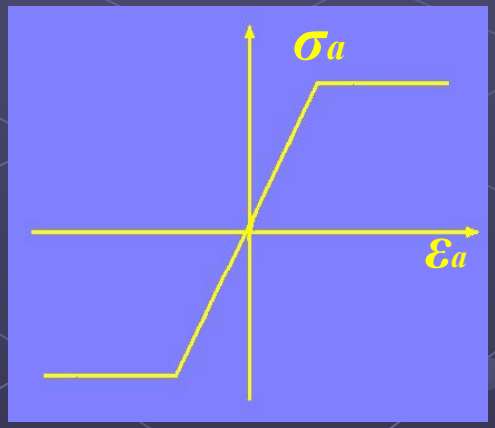
$$My = -\int z \, \sigma \, dF$$

$$Mz = \int y \, \sigma \, dF$$

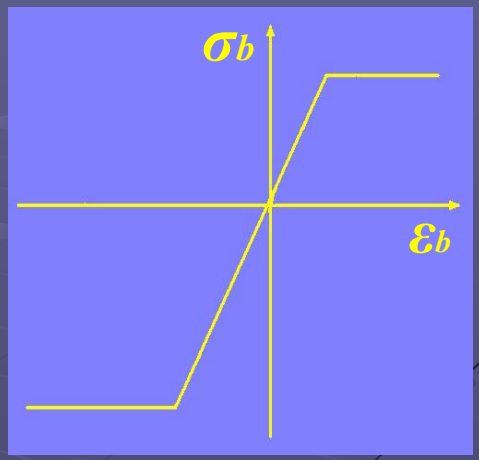
Распределение деформаций по сечению

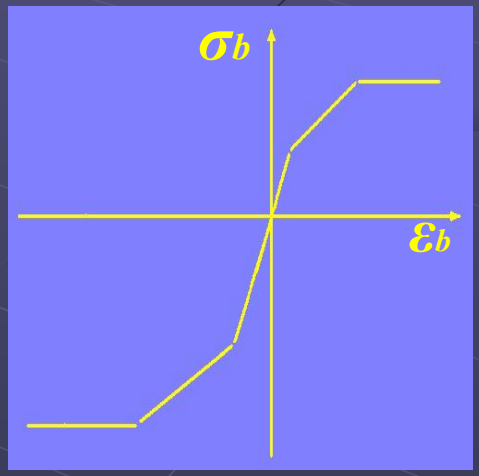
$$\varepsilon = \varepsilon_0 - \chi_1 y - \chi_2 z$$

Диаграмма состояния арматуры

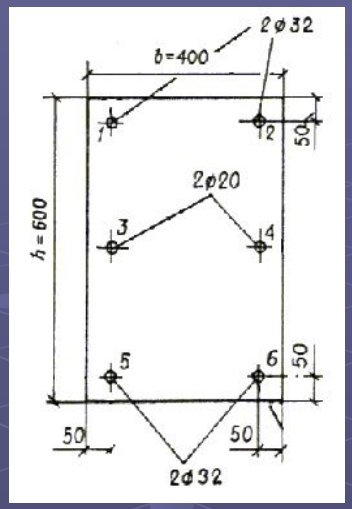


Диаграммы состояния бетона

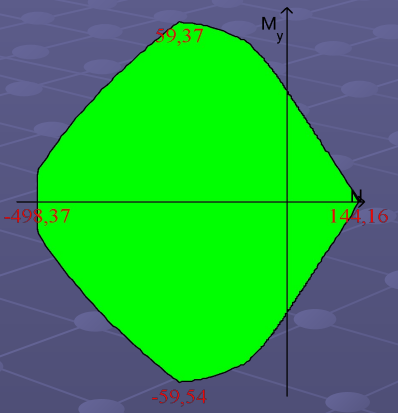


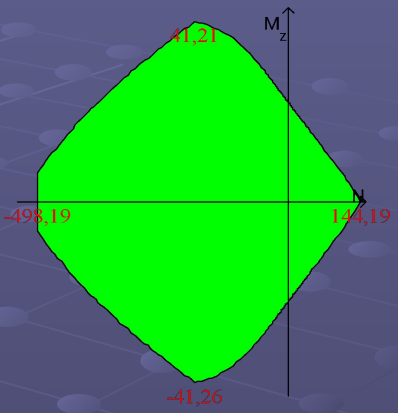


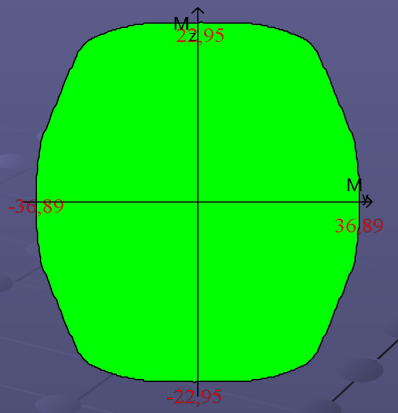
1. Сравнение старых и новых норм при расчете по прочности



СНиП 2.03.01-84 (исходные данные прим. 40 Пособия к СНиП)*







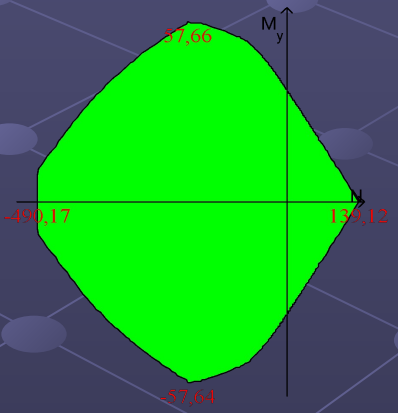
Область изменения усилий

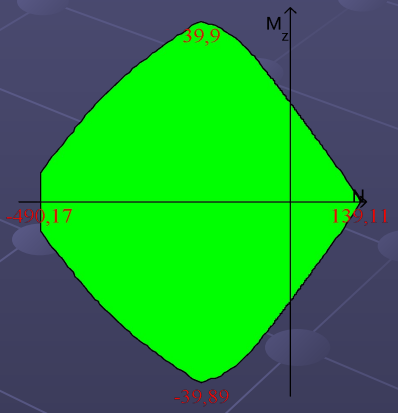
-498,37 < N < 144,16 Т
-59,54 < M_y < 59,37 Т*м

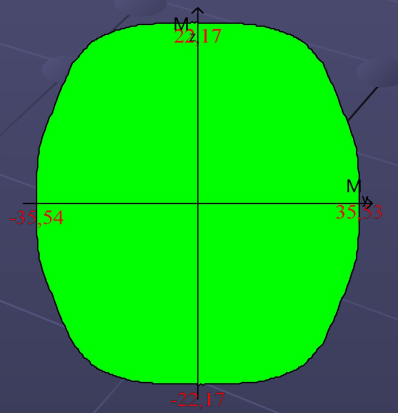
-498,19 < N < 144,19 Т
-41,26 < M_z < 41,21 Т*м

-36,89 < M_y < 36,89 Т*м
-22,95 < M_z < 22,95 Т*м

СП 52-01-2003







Область изменения усилий

-490,17 < N < 139,12 Т
-57,64 < M_y < 57,66 Т*м

-490,17 Т < N < 139,11 Т
-39,89 Т*м < M_z < 39,9 Т*м

-35,54 < M_y < 35,53 Т*м
-22,17 < M_z < 22,17 Т*м

2. Несущая способность при учете устойчивости

коэффициент η, учитывающий влияние прогиба элемента на его прочность
при гибкости $l_0/i > 14$

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}},$$

Условная критическая сила для вычисления η принимается равной:

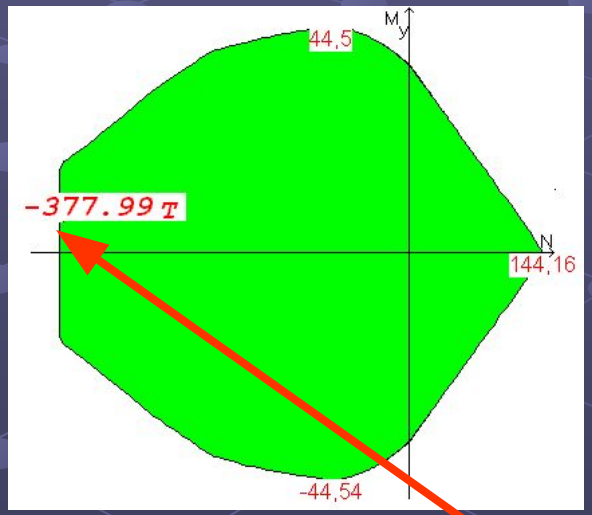
СНиП 2.03.01-84*

$$N_{cr} = \frac{6,4}{l_0^2}\left[\frac{E_b I}{\varphi_l}\left(\frac{0,11}{0,1+\delta_e}+0,1\right)+E_s I_s\right]$$

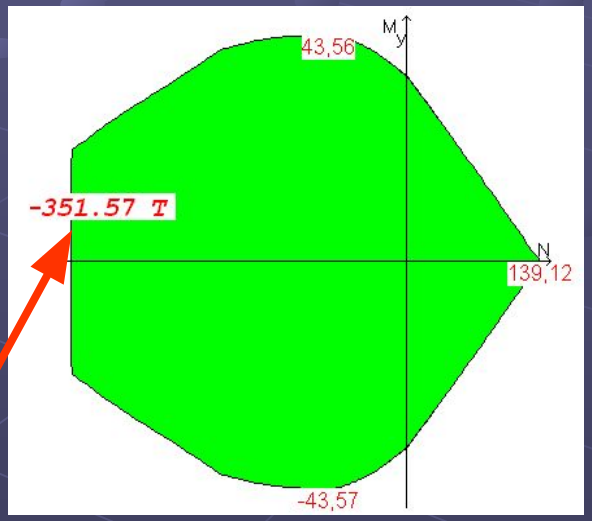
СП 52-101-2003

$$N_{cr} = \frac{\pi^2}{l_0^2}\left[\frac{E_b I}{\varphi_l}\left(\frac{0,15}{0,3+\delta_e}\right)+0,7E_s I_s\right]$$

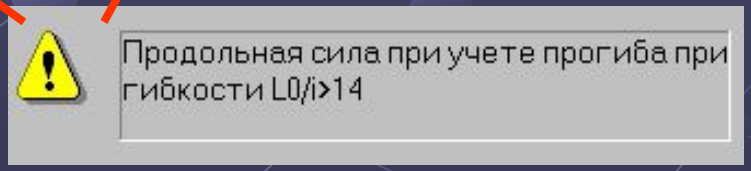
*СНиП 2.03.01-84**



СП 52-101-2003



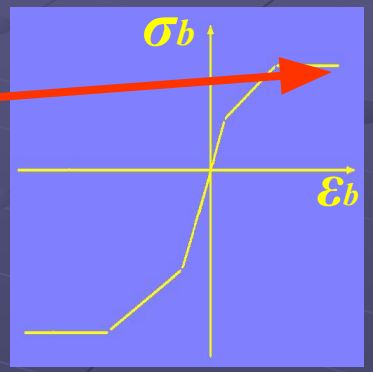
Принято L0 = 9 м (для исходных данных прим. 40 Пособия к СНиП)



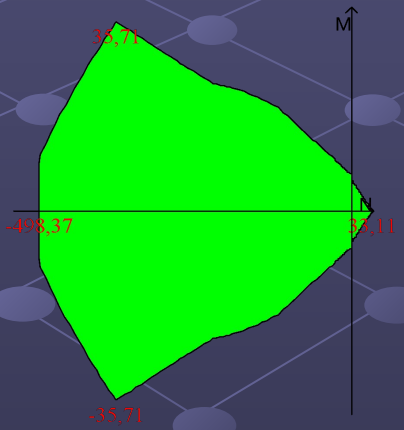
3. Расчет по II-му предельному состоянию

Достоинство новых норм в том, что на основе деформационной модели сечение проверяется по 2-му предельному состоянию (т.е. образованию трещин и ширине их раскрытия) , что по старым нормам в общем случае расчета не было возможно, а рассматривался только 2D случай, т.е. изгиб или внецентренное сжатие (растяжение).

Согласно новым нормам при расчете по 2-му предельному состоянию с использованием общей деформационной модели учитывается работа растянутого бетона. По максимальной деформации растянутого бетона делается вывод об образовании трещин и, если требуется, вычисляется ширина раскрытия трещин.

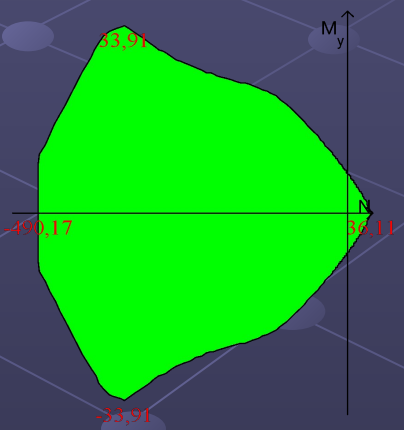


*СНиП 2.03.01-84**

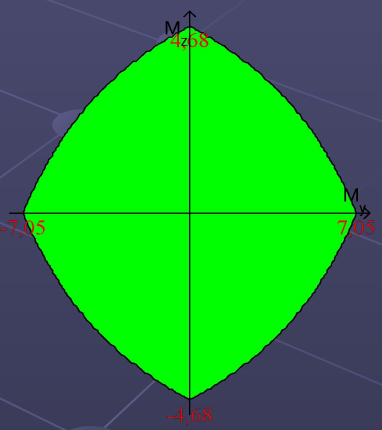


-498,37 < N < 35,11 T

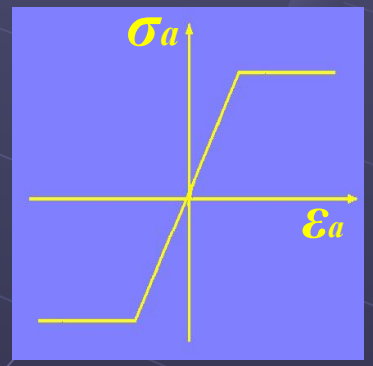
СП 52-101-2003



-490,17 < N < 36,11 T; T_y < 33,91



-7,05 < M < 7,05 T*м; T_z < 4,68



АРБАТ 5.0 - реализация новых нормативных документов

4. Расчет на действие поперечных сил

В Своде Правил проверка на действие поперечных сил дана только для изгибаемых элементов. Однако уже издано Пособие к СП 52-101-2003, куда включены пункты по учету нормальной силы при внецентренном сжатии и растяжении при расчете на действие поперечных сил.

В нормах 84-го года при расчете по Q действие сжимающих или растягивающих сил в сечении учитывалось при помощи коэффициента fin.

Согласно Пособию к СП также введен коэффициент, учитывающий действие этих сил.

На графиках показана зависимость от N относительной поперечной силы, воспринимаемой сечением, по старым и новым нормам.

*СНиП 2.03.01-84** *СП 52-101-2003*

Прочность по бетонной полосе

СНиП

$$Q \le 0{,}3\varphi_{w1}\varphi_{b1} R_b bh_0 .$$

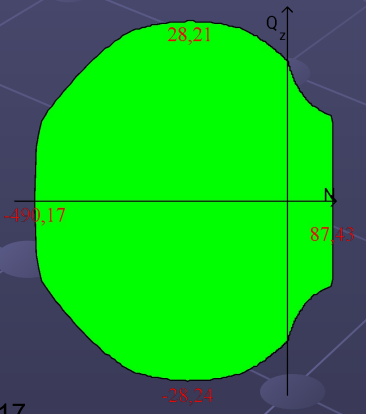
СП $Q \le 0{,}3 R_b bh_0 .$

Пособие к СП

$$Q \le 0{,}3\varphi_{n1} R_b bh_0 .$$

-498,57 ≤ N ≤ 144,31

-27,65 ≤ Q ≤ 27,65



-490,17 ≤ N ≤ 87,43

-28,24 ≤ Q ≤ 28,21

Прочность по наклонному сечению

$$Q \le Q_b + Q_{sw}$$

Прочность по бетонной полосе

N<0

Рис. 4. Зависимость относительной поперечной силы, воспринимаемой бетоном наклонной полосы, от относительной продольной сжимающей силы

Прочность по наклонному сечению

N<0

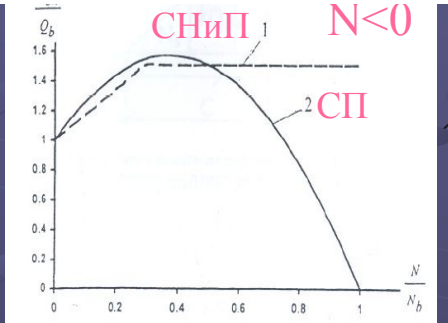


Рис. 2. Зависимость относительной поперечной силы, воспринимаемой бетоном в наклонном сечении, от относительной продольной сжимающей силы

1 — по СНиП, 2 — по формуле (9)

N>0

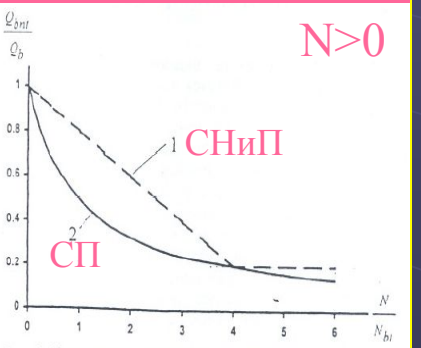


Рис. 3. Зависимость относительной поперечной силы, воспринимаемой бетоном в наклонном сечении, от относительной продольной растягивающей силы

1 — по СНиП; 2 — по формуле (10)

5. Расчет прогиба в балке

Режим расчета прогиба в балке по новым нормам также реализован на основе общей деформационной модели согласно Своду Правил и Пособия к нему.

Хотелось бы обратить внимание, что по старым нормам при расчете прогиба вычислялся полный прогиб, т.е. прогиб, обусловленный деформацией изгиба, и в нужном случае (l/h <10) учитывался прогиб, обусловленный деформациями сдвига.

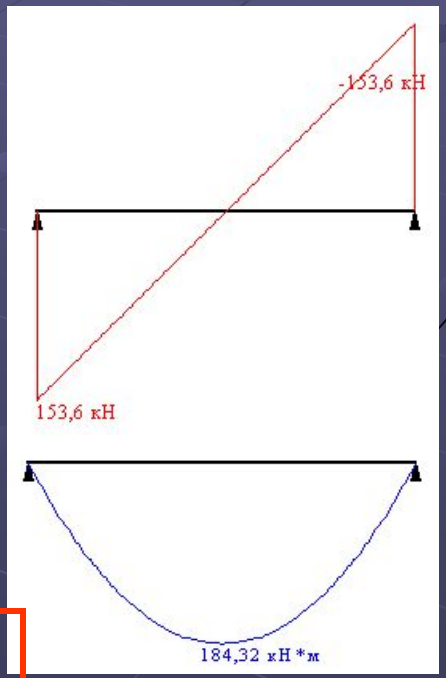
В Своде Правил пункт по учету сдвига отсутствует, однако в Пособие к СП он уже включен. Поэтому в Арбат реализован учет сдвига при расчете прогиба как по старым, так и по новым нормам.

Пособие к СНиП 2.03.01-84*

Пример 58: *Дано:* ригель перекрытия общественного здания прямоугольного сечения (b = 200 мм, h = 600 мм); a = 80 мм; пролет ригеля l = 4,8 м; бетон тяжелый класса В25; арматура класса А-III, площадь ее поперечного сечения A_s = 2463 мм (4 ⌀28); полная равномерно распределенная нагрузка q_{tot} = 85,5 кН/м, в том числе ее часть от постоянных и длительных нагрузок q_l = 64 кН/м; прогиб ограничивается эстетическими требованиями; влажность воздуха в помещении свыше 40 %.

Требуется рассчитать ригель по деформациям.

Так как l/h = 4,8/0,6 = 8 < 10, необходимо учитывать влияние деформаций сдвига на прогиб элемента.



. Полный прогиб от действия постоянных и длительных нагрузок по АРБАТ

*по приближенным формулам Пособия к СНиП 2.03.01-84**	*по АРБАТ СНиП 2.03.01-84**	*по АРБАТ СНиП 2.03.01-84* измен. для Укр.(1996г)*	*по АРБАТ СП 52-101-2003*
f = 19.7мм	f = 20,082 мм	f = 18.71мм	f = 14.698мм

6. Конструктивные требования по минимальному армированию

*СНиП 2.03.01-84**

Таблица 38

Условия работы арматуры	Минимальная площадь сечения продольной арматуры в железобетонных элементах, % площади сечения бетона
1. Арматура S в изгибаемых, а также во внецентренно растянутых элементах при расположении продольной силы за пределами рабочей высоты сечения	0,05
2. Арматура S, S' во внецентренно растянутых элементах при расположении продольной силы между арматурой S и S'	0,05
3. Арматура S, S' во внецентренно сжатых элементах при:	
$l_0 / i < 17$	0,05
$17 \le l_0 / i \le 35$	0,10
$35 < l_0 / i \le 83$	0,20
$l_0 / i > 83$	0,25

СП 52-101-2003

Таблица 5.2 Пособия к СП 52-101-2003

Условия работы арматуры	Минимальная площадь сечения продольной арматуры в железобетонных элементах, % площади сечения бетона
1. Арматура S в изгибаемых, а также во внецентренно растянутых элементах при расположении продольной силы за пределами рабочей высоты сечения	0,10
2. Арматура S, S' во внецентренно растянутых элементах при расположении продольной силы между арматурой S и S'	0,10
3. Арматура S, S' во внецентренно сжатых элементах при:	
$l_0 / i < 17$	0,10
$17 \le l_0 / i \le 35$	0,15
$35 < l_0 / i \le 83$	0,20
$l_0 / i > 83$	0,25

Примечание: Для внецентренно сжатых элементов при $17 < l_0 / i < 83$ значение % можно также определять линейной интерполяцией между значениями 0,10 и 0,25

7. Программа АРБАТ позволяет получить отчет по всем выполненным проверкам и вычислениям

Для всех режимов экспертизы возле каждого наименования фактора, по которому производилась экспертиза, выдаются пункты норм, которым эти факторы соответствуют, т.е. пункты Свода Правил или Пособия к нему.

Результаты расчета по комбинациям загружений

N = -2600 кН
M_y = 250 кН
M_z = 200 кН
Q_z = 10 кН
Q_y = 0 кН
T = 0 кН
Коэффициент длительной части 1

(для исходных данных прим. 40 Пособия к СНиП)

*СНиП 2.03.01-84**

Проверено по СНиП	Проверка	Коэффициент использования
п.п. 3.26,3.28	Прочность по предельной продольной силе сечения	0,495
	Прочность по предельному моменту сечения	0,935
п.п. 3.15-3.20, 3.27-3.28 п.3.30	Прочность по наклонной полосе между наклонными трещинами	0,011
п.3.31 СНиП, п.3.31 Пособия к СНиП	Прочность по наклонной трещине	0,037

Коэффициент использования 0,935 - Прочность по предельному моменту сечения

СП 52-101-2003

Проверено по СНиП	Проверка	Коэффициент использования
п.п. 6.2.25, 6.2.31	Прочность по предельной продольной силе сечения	0,5
	Прочность по предельному моменту сечения	0,94
п.п. 6.2.25, 6.2.31	Деформации в сжатом бетоне	0,802
п.п. 6.2.21-6.2.31	Деформации в растянутой арматуре	0,029
п.п. 6.2.21-6.2.31	Ширина раскрытия трещин (кратковременная)	0,276
п.п. 7.2.3, 7.2.4, 7.2.12	Ширина раскрытия трещин (длительная)	0,368
п.п. 7.2.3, 7.2.4, 7.2.12 п. 6.2.33, п. 3.52 Пособия	Прочность по бетонной полосе между наклонными сечениями	0,01
п. 6.2.34, пп. 3.52,3.71 Пособия	Прочность по наклонному сечению	0,037

Коэффициент использования 0,94 - Прочность по предельному моменту сечения

8. Таблица результатов расчетов по примерам Пособия к СП 52-101-2003 и по программе АРБАТ

N примера	*Результаты по Пособию к СП*	*Результаты по АРБАТ (СП 52-101-2003)*
9. Проверка прочности заданного таврового сечения при изгибающем моменте M = 300 кН*м	Мпредельн = 326 кН*м К == 300 / 326 = 0,9202 - методика предельных усилий	общий случай расчета 0,921 Прочность по предельному моменту сечения — п.п. 6.2.25, 6.2.31 0,461 Деформации в сжатом бетоне — п.п. 6.2.21-6.2.31 0,067 Деформации в растянутой арматуре — п.п. 6.2.21-6.2.31
37. Подбор поперечного армирования для внецентренно растянутой двухветвевой колонны	Asw = 1,42 см2 при шаге хомутов Sw = 10 см - с учетом растягивающей силы N (все вычисления с округлением до 3-го знака после запятой)	Asw = 1,43 см2 при шаге хомутов Sw = 10 см - с учетом растягивающей силы N
44. Расчет ширины непродолжительного раскрытия трещин во внецентренно сжатой колонне при предельно допустимом значении 0,4 мм	a_{crc} = 0,36мм К == 0,36 / 0,4 = 0,9 - приближенная методика	a_{crc} = 0,362 мм К = 0,904 - общий случай расчета
45. Расчет прогиба по эстетическим требованиям от действия постоянных и длительных нагрузок	F = 32,6 мм - приближенная методика расчета по максимальной кривизне в середине пролета	F = 30,406 мм - общий случай расчета

БЛАГОДАРИМ ЗА ВНИМАНИЕ

www.scadsoft.com