

NDM R1

Интерфейс

Приложение: NDM

Версия: R1

Описание: Диаграммный метод расчета плоских железобетонных сечений

Дата: 2023-01-05

Разработка: <https://constructionlab.ru>

E-mail: support@constructionlab.ru

Содержание

1	Сечение	4
1.1	Бетон.....	4
1.2	Геометрия.....	4
1.3	Ненапрягаемая арматура.....	6
1.4	Напрягаемая арматура.....	7
1.5	Генерация стержней	7
2	Параметры.....	8
2.1	Опции	8
2.2	Влияние продольного изгиба	9
2.3	Управление расчетом	9
2.4	Графика.....	9
3	Прочность	10
3.1	Таблица расчетных сочетаний усилий	10
3.2	Параметры.....	11
4	Трещиностойкость	12
4.1	Таблица расчетных сочетаний усилий	12
4.2	Параметры.....	12
5	Длительная ползучесть.....	13
5.1	Таблица расчетных сочетаний усилий	13
5.2	Параметры.....	13

1 Сечение

1.1 Бетон

Класс бетона по прочности на сжатие:

- B15, B20, B25, B30, B35, B40, B45, B50, B55, B60, B70, B80, B90, B100.

1.2 Геометрия

Сечение – прямоугольное, тавровое, круглое, произвольное.

Прямоугольное сечение:

- b – ширина сечения, мм;
- h – высота сечения, мм.

Тавровое сечение:

- b – ширина ребра, мм;
- h – полная высота сечения, мм;
- b_f – ширина полки, мм;
- h_f – высота полки, мм.

Круглое сечение:

- D – диаметр сечения, мм.

Кольцевое сечение:

- D_{ext} – внешний диаметр сечения, мм;
- D_{int} – внутренний диаметр сечения, мм;
-

Элементы – генерация сети элементов:

- по оси Y ;
- по оси Z .

Импорт DXF – импорт геометрии сечения из DXF (см. отдельное руководство).

Генерация сечения – графическое отображение введенных данных.

Примеры ввода данных:

- Прямоугольное сечение с размерами 400×800 мм, сеть элементов 10×10 мм:

Геометрия	
Сечение	прямоугольное ▾
b / h	<input type="text" value="400"/> <input type="text" value="800"/> мм
b _f / h _f	<input type="text"/> <input type="text"/> мм
D	<input type="text"/> мм
Элементы	<input type="text" value="10"/> <input type="text" value="10"/> мм
САПР	<input type="button" value="Импорт DXF"/>
Генерация	<input type="button" value="Сечение"/>

- Тавровое сечение: ширина ребра – 300 мм, полная высота сечения – 500 мм, ширина полки – 1500 мм, высота полки – 200 мм, сеть элементов 10x10 мм:

Геометрия	
Сечение	тавровое ▾
b / h	<input type="text" value="300"/> <input type="text" value="500"/> мм
b _f / h _f	<input type="text" value="1500"/> <input type="text" value="200"/> мм
D	<input type="text"/> мм
Элементы	<input type="text" value="10"/> <input type="text" value="10"/> мм
САПР	<input type="button" value="Импорт DXF"/>
Генерация	<input type="button" value="Сечение"/>

- Круглое сечение диаметром 800 мм, средние размер сети элементов 10x10 мм:

Геометрия	
Сечение	круглое ▾
b / h	<input type="text"/> <input type="text"/> мм
b _f / h _f	<input type="text"/> <input type="text"/> мм
D	<input type="text" value="800"/> мм
Элементы	<input type="text" value="10"/> <input type="text"/> мм
САПР	<input type="button" value="Импорт DXF"/>
Генерация	<input type="button" value="Сечение"/>

- Произвольное сечение – только импорт DXF (см. отдельное руководство):

Геометрия	
Сечение	произвольное ▾
b / h	<input type="text"/> <input type="text"/> мм
b_f / h_f	<input type="text"/> <input type="text"/> мм
D	<input type="text"/> мм
Элементы	<input type="text"/> <input type="text"/> мм
САПР	Импорт DXF
Генерация	Сечение

1.3 Ненапрягаемая арматура

Класс ненапрягаемой арматуры по прочности на растяжение:

- A240, A400, A500, A600, B500, Bp500.

Функционал:

- добавление или удаление строк;
- назначение одинаковых значений выделенным ячейкам.

За **начало координат** приняты следующие узлы:

- прямоугольное сечение – левый нижний узел;
- тавровое сечение – левый нижний узел ребра;
- круглое сечение – центр окружности.

При импорте произвольного сечения из DXF за начало координат принимается первый узел контура сечения.

Пример ввода данных:

- Прямоугольное сечение с размерами 400×400 мм, арматура углового типа – 4Ø25 A500, $a = a' = 50$ мм:

Ненапрягаемая арматура

Класс: A500

	Y, мм	Z, мм	d, мм
1	50	50	25
2	350	50	25
3	50	350	25
4	350	350	25

Добавить Удалить

Назначить

Графика

Ненапрягаемая арматура окрашивается в синий цвет.

1.4 Напрягаемая арматура

Класс напрягаемой арматуры по прочности на растяжение:

- A600, A800, A1000, Bp1200, Bp1300, Bp1400, Bp1500, Bp1600, K1400, K1450, K1500, K1550, K1650, K1750, K1850, K1900.

σ_{sp} – предварительное напряжение арматуры с учетом потерь, отвечающих рассматриваемой расчетной ситуации, МПа. Действует условное ограничение: $\sigma_{sp} \leq 0,9 R_{s,n}$.

Функционал:

- добавление или удаление строк;
- назначение одинаковых значений выделенным ячейкам.

Ввод данных аналогичен вводу ненапрягаемой арматуры. Напрягаемая арматура окрашивается в красный цвет.

1.5 Генерация стержней

Доступен ввод цепочки стержней ненапрягаемой или напрягаемой арматуры по линии или по окружности.

При вводе цепочки стержней по линии:

- начальная точка ряда с координатами Y_1, Z_1 , мм;
- конечная точка ряда с координатами Y_2, Z_2 , мм.

При вводе цепочки стержней по окружности:

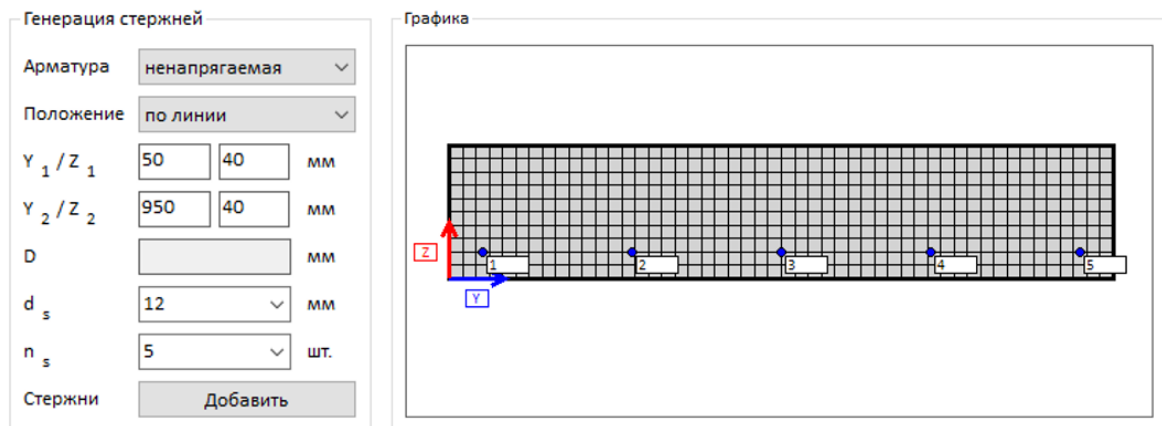
- D – диаметр окружности ряда стержней, мм;
- β – сдвиг первого стержня вдоль окружности, град.

Цепочка стержней:

- d_s – диаметр ряда стержней, мм;
- n_s – количество стержней, шт.

Пример ввода данных:

- Прямоугольное сечение с размерами 1000×200 мм, нижняя арматура – $5\emptyset 12$, $a = 40$ мм:



2 Параметры

2.1 Опции

Единицы измерения – единицы измерения усилий в таблицах расчетных сочетаний.

g – ускорение свободного падения, m/s^2 . Внутрипрограммные расчеты выполняются в Н и мм; при выборе единиц измерения расчетных сочетаний усилий в тс – конвертация происходит умножением на коэффициент g .

Точность – точность итерационных вычислений, %. Характеризует максимальную погрешность относительных деформаций и внутренних усилий текущей итерации от предыдущей.

Поиск – шаг нагрузки для поиска момента трещинообразования, %.

Итерации – максимальное количество итераций (для одного шага), шт.

Округление – количество разрядов для округления усилий в таблицах расчетных сочетаний.

2.2 Влияние продольного изгиба

L_z, L_y – длина элемента в плоскости, соответственно, XOZ (для корректировки изгибающих моментов M_y) и XOY (для корректировки изгибающих моментов M_z), мм.

μ_z, μ_y – коэффициент расчетной длины в плоскости, соответственно, XOZ (для корректировки изгибающих моментов M_y) и XOY (для корректировки изгибающих моментов M_z).

e_z, e_y – дополнительный эксцентриситет продольной сжимающей силы в плоскости, соответственно, XOZ (для корректировки изгибающих моментов M_y) и XOY (для корректировки изгибающих моментов M_z), например, от температурного воздействия, мм.

Схема – статически неопределимая или статически определимая (для учета случайного эксцентриситета продольной сжимающей силы).

2.3 Управление расчетом

Влияние градиентов деформаций – учет влияния градиентов деформаций на диаграмму состояния бетона. Рекомендуется активировать при высоте сжатой зоны бетона от 0,2 до 0,5 от рабочей высоты сечения.

Крошение сжатого бетона – расчет без ограничения предельных относительных деформаций бетона при сжатии. Элементы бетона, относительные деформации которых при сжатии превышают предельные, полагаются выключенными из работы, расчет не прерывается.

Одновременный учет коэффициента ψ_s и растянутого бетона – учет работы растянутого бетона при использовании коэффициента ψ_s .

2.4 Графика

Координатные оси – отображение или выключение координатных осей.

Сеть элементов – отображение или выключение сети элементов.

Номера стержней арматуры – отображение или выключение номеров стержней арматуры.

Напряжения в арматуре – отображение или выключение напряжений в арматуре, МПа.

Центр жесткости – отображение или выключение центра жесткости нагруженного сечения.

3 Прочность

3.1 Таблица расчетных сочетаний усилий

Режимы:

- кратковременный;
- длительный.

В режиме длительной прочности автоматически учитывается коэффициент условий работы бетона 0,9. При учете влияния продольного изгиба коэффициент $\varphi_1 = 2,0$ (в кратковременном режиме коэффициент задается пользователем – от 1,0 до 2,0).

Правило знаков усилий:

- отрицательная продольная сила N создает сжимающие напряжения в сечении;
- положительный изгибающий момент M_y растягивает нижнюю грань сечения;
- положительный изгибающий момент M_z растягивает правую грань сечения.

Основные принципы работы с таблицами расчетных сочетаний усилий:

- добавление или удаление строк;
- назначение одинаковых значений выделенным ячейкам;
- округление расчетных сочетаний усилий.

При активации расчета таблица блокируется. Для возврата в режим редактирования необходимо активировать кнопку «Редактировать», при этом результаты удаляются.

В столбце «**Решение**» приводится коэффициент использования сжатого бетона (с индексом «b») или относительный коэффициент использования растянутой арматуры (с индексом «s» для ненапрягаемой или «sr» для напрягаемой арматуры). Если коэффициент оказывается больше единицы, тогда в сечении зафиксировано крошение сжатого бетона или наличие остаточных деформаций в арматуре. В любом случае рекомендуется анализировать жесткостные характеристики нагруженного сечения.

Для отображения графического результата конкретного сочетания усилий необходимо нажать кнопку определенной строки столбца «Решение».

Загрузка результатов в столбец «k»:

- ϵ_x – осевая деформация в центре жесткости нагруженного сечения, д.ед.;
- $1/r_y$ – кривизна вокруг оси Y относительно центра жесткости нагруженного сечения, $1/m$;
- $1/r_z$ – кривизна вокруг оси Z относительно центра жесткости нагруженного сечения, $1/m$;
- $\epsilon_{b,max}$ – максимальная относительная деформация в бетоне, д.ед.;
- $\epsilon_{b,min}$ – минимальная относительная деформация в бетоне, д.ед.;

- $\sigma_{b,max}$ – максимальное напряжение в бетоне, МПа;
- $\sigma_{b,min}$ – минимальное напряжение в бетоне, МПа;
- $\sigma_{b,m}$ – среднее напряжение в бетоне (без учета площади трещины), МПа;
- $\epsilon_{s,max}$ – максимальная относительная деформация в ненапрягаемой арматуре, д.ед.;
- $\epsilon_{s,min}$ – минимальная относительная деформация в ненапрягаемой арматуре, д.ед.;
- $\sigma_{s,max}$ – максимальное напряжение в ненапрягаемой арматуре, МПа;
- $\sigma_{s,min}$ – минимальное напряжение в ненапрягаемой арматуре, МПа;
- $\epsilon_{sp,max}$ – максимальная относительная деформация в напрягаемой арматуре, д.ед.;
- $\epsilon_{sp,min}$ – минимальная относительная деформация в напрягаемой арматуре, д.ед.;
- $\sigma_{sp,max}$ – максимальное напряжение в напрягаемой арматуре, МПа;
- $\sigma_{sp,min}$ – минимальное напряжение в напрягаемой арматуре, МПа;
- D_{xx} – осевая жесткость нагруженного сечения, кН;
- D_{yy} – изгибная жесткость нагруженного сечения вокруг оси Y, кН·м²;
- D_{zz} – изгибная жесткость нагруженного сечения вокруг оси Z, кН·м²;
- D_{yz} – жесткость нагруженного сечения относительно осей Y и Z, кН·м²;
- $k-D_{xx}$ – отношение осевой жесткости нагруженного сечения к осевой жесткости бетонного сечения (без учета арматуры), д.ед.;
- $k-D_{yy}$ – отношение изгибной жесткости нагруженного сечения вокруг оси Y к изгибной жесткости бетонного сечения (без учета арматуры), д.ед.;
- $k-D_{zz}$ – отношение изгибной жесткости нагруженного сечения вокруг оси Y к изгибной жесткости бетонного сечения (без учета арматуры), д.ед.

3.2 Параметры

Диаграммы состояния материалов:

- кусочно-линейные;
- криволинейные.

Коэффициенты условий работы:

- γ_{bc} – сжатого бетона;
- γ_{bt} – растянутого бетона;
- γ_s – ненапрягаемой арматуры;
- γ_{sp} – напрягаемой арматуры.

Работа бетона между трещинами – учет коэффициента ψ_s при необходимости уточнения жесткости сечения.

Фиксировать N – определение момента трещинообразования происходит при фиксированной (заданной) продольной силе. Функция актуальна, например, при расчете ж.б. колонн одноэтажных промышленных зданий.

Нормативные характеристики – использование в расчетах нормативных характеристик материалов. Функция актуальна, например, при расчете на некоторые виды особых воздействий.

Ограничение сжимающих напряжений в арматуре – учет R_{sc} .

Учет влияния продольного изгиба:

- в плоскости XOZ (для корректировки изгибающих моментов M_y);
- в плоскости XOY (для корректировки изгибающих моментов M_z).

Учет влияния продольного изгиба производится по методике критических сил в соответствии с СП 63.13330.2018.

4 Трещиностойкость

4.1 Таблица расчетных сочетаний усилий

Основная функциональность таблицы расчетных сочетаний усилий аналогична таблице из прочностного расчета. Для отображения графического результата продолжительного или непродолжительного сочетания усилий необходимо выбрать соответствующее значение из выпадающего списка.

Марки усилий:

- sh – усилий от непродолжительных (условно кратковременных) нагрузок;
- l – усилия от продолжительных (условно длительных) нагрузок.

4.2 Параметры

Диаграммы состояния материалов:

- кусочно-линейные;
- криволинейные.

Коэффициенты условий работы:

- γ_{bc} – сжатого бетона;
- γ_{bt} – растянутого бетона;
- γ_s – ненапрягаемой арматуры;
- γ_{sp} – напрягаемой арматуры.

Учет коэффициента ψ_s – учет момента трещинообразования при определении ширины раскрытия трещин.

Фиксировать N_{sh} – определение момента трещинообразования происходит при фиксированной (заданной) продольной силе от непродолжительных (условно кратковременных) нагрузок. Функция актуальна, например, при расчете ж.б. колонн одноэтажных промышленных зданий.

Характеристики материалов как для расчета по прочности – использование в расчетах характеристик материалов как для 1-ой группы предельных состояний. Функция актуальна для зданий и сооружений с повышенными требованиями трещиностойкости.

Отсутствие трещин – анализ только наличия или отсутствия трещин в сечении.

Предельная ширина раскрытия трещин:

- $a_{s,crc,ult}$ – предельная ширина продолжительного и непродолжительного раскрытия трещин в ненапрягаемой арматуре;
- $a_{sp,crc,ult}$ – предельная ширина продолжительного и непродолжительного раскрытия трещин в напрягаемой арматуре;
- $d_{crc(s/sp)}$ – расчетный (приведенный) диаметр ненапрягаемой и напрягаемой арматуры при определении ширины раскрытия трещин. Вводится дополнительно при невозможности учета некоторых способов конструирования – при наличии пучков арматурных стержней, арматурных канатов в оболочках и т.д.

5 Длительная ползучесть

5.1 Таблица расчетных сочетаний усилий

Основная функциональность таблицы расчетных сочетаний усилий аналогична таблице из прочностного расчета.

5.2 Параметры

Диаграммы состояния материалов:

- кусочно-линейные;
- криволинейные.

Коэффициенты условий работы:

- γ_{bc} – сжатого бетона;
- γ_{bt} – растянутого бетона;
- γ_s – ненапрягаемой арматуры;
- γ_{sp} – напрягаемой арматуры.

Работа бетона между трещинами – учет коэффициента ψ_s при необходимости уточнения жесткости сечения.

Фиксировать N – определение момента трещинообразования происходит при фиксированной (заданной) продольной силе. Функция актуальна, например, при расчете ж.б. колонн одноэтажных промышленных зданий.

Характеристики материалов как для расчета по прочности – использование в расчетах характеристик материалов как для 1-ой группы предельных состояний.

φ_{int} – относительная влажность воздуха окружающей среды, %.

При учете криволинейных диаграмм состояния бетона:

- **Режимы:**
 - жесткий – нагрузка прикладывается мгновенно в возрасте бетона t_0 , сут.;
 - мягкий – нагрузка прикладывается возрастающими напряжениями или деформациями.
- t_0 – возраст бетона в момент приложения нагрузки, $t_0 \geq 7$ сут.
- M_0 – модуль открытой поверхности, 1/м.