

Краевое государственное бюджетное профессиональное
образовательное учреждение
«Красноярский строительный техникум»
(КГБПОУ «Красноярский строительный техникум»)

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
по выполнению домашней контрольной работы
МДК 01.01 Основы проектирования строительных конструкций
Для специальности 08.02.01
«Строительство и эксплуатация зданий и сооружений»

Форма обучения: заочная

Красноярск 2023

Составлены в соответствии с государственными требованиями к минимуму содержания и уровню подготовки выпускников по специальности 08.02.01 Строительство и эксплуатация зданий и сооружений на основе рабочей программы, рассмотрены и одобрены на заседании предметно(цикловой) комиссии, рекомендованы к использованию в учебном процессе.

Рассмотрены на заседании П(Ц)К

Протокол № _____

От «_____» _____ 20____ г.

Председатель П(Ц)К

Разработчики: Беньковская О.В.

Стенина И.В.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 Нагрузки и воздействия.....	5
Задача 1. Определение удельного веса.....	5
Задача 2. Определение нагрузки от собственного веса.....	6
Задача 3. Сбор нагрузок на перекрытие.....	6
2. Расчет сжатых железобетонных колонн со случайным эксцентриситетом.....	8
Задача 4. Подбор сечения рабочей арматуры.....	8
3. Расчет железобетонных изгибаемых элементов (балок).....	10
Задача 5. Статический расчет.....	10
Задача 6. Подбор сечения продольной арматуры балки прямоугольного сечения.....	11
Задача 7. Расчет железобетонной балки.....	14
Задача 8. Порядок подбора продольной арматуры балки таврового сечения.....	15
Справочные материалы, необходимые для решения задач.....	19
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	24

ВВЕДЕНИЕ

В данных методических указаниях приводятся разные типы задач по расчету железобетонных конструкций.

Для всех задач приведены алгоритмы решения в виде определенной последовательности расчетных операций с указанием расчетных формул и справочного материала. Целесообразно использовать нижеприведенную последовательность их решения как образец при оформлении расчета, используя формулировки, название пунктов расчета и т. п.

В задачах 4,5,6,7,8 требуется обязательное выполнение чертежа-схемы армирования поперечного сечения элемента. На чертежах-схемах армирования поперечных сечений показывается вся арматура (рабочая продольная, поперечная и продольная конструктивная) со всеми необходимыми размерами, фиксирующими положение каркасов в сечении элемента и продольных стержней на каркасах. Размеры на чертежах-схемах проставляются в миллиметрах.

Задачи необходимо выполнить в рукописном виде или с использованием программы MS Word для задач,

Компас, AutoCAD или NanoCAD для чертежей, формат А4.

**НОМЕР ВАРИАНТА ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ ПО ПОСЛЕДНЕЙ ЦИФРЕ В
ЗАЧЕТНОЙ КНИЖКЕ!!!**

1. Нагрузки и воздействия

В процессе эксплуатации конструкции подвергаются различным нагрузкам и воздействиям.

В зависимости от продолжительности действия нагрузки подразделяются на постоянные и временные (длительные, кратковременные, особые).

К постоянным нагрузкам относятся:

1. вес частей зданий и сооружений, в том числе вес несущих и ограждающих строительных конструкций
2. вес и давление грунтов (насыпей, засыпок), горное давление
3. воздействие предварительного напряжения в конструкциях

Временные нагрузки оказывают различное влияние на конструкции в зависимости от продолжительности действия, поэтому их подразделяют на длительные, кратковременные и особые. К временным длительным нагрузкам относятся:

- вес временных перегородок
- вес стационарного оборудования (станки, аппараты)
- нагрузки на перекрытия в складах, библиотеках, архивах, зернохранилищах
- снеговые нагрузки с пониженным расчетным значением, определяемым умножением полного расчетного значения на 0,5

К кратковременным нагрузкам относятся:

- снеговые нагрузки с полным расчетным значением
- нагрузки от мостовых кранов, тельферов, погрузчиков и т.п
- нагрузки, возникающие при изготовлении, перевозке и возведении конструкций, от веса временно складированных на строительстве материалов и изделий, от веса насыпного грунта
- нагрузки от оборудования, возникающие в пусконаладочный период
- ветровые нагрузки
- температурные и климатические воздействия

К особым нагрузкам относятся:

- сейсмические и взрывные воздействия
- нагрузки, вызываемые резким нарушением технологического процесса, поломкой оборудования
- просадки грунтов (на горных выработках, в карстовых районах, при замачивании вечномерзлых грунтов).

Все нагрузки могут принимать нормативные и расчетные значения

Задача 1. Определение удельного веса

ЗАДАНИЕ: Определить удельный вес материала по исходным данным. Ответ выразить в кН/м³.

Порядок расчета

Удельный вес - это вес единицы объема материала.

Зная плотность материала, можно определить его удельный вес:

$$\gamma = \rho \cdot g, \text{ Н/м}^3$$

g – ускорение свободного падения $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ (допускается 10).

Таблица 1 - Исходные данные к задаче 1

№ варианта	Материал	Плотность, кг/м ³
1	железобетон	2500
2	керамзитобетон	1800
3	цементно-песчаный раствор	1800
4	кирпич	1900
5	гипс	1200
6	известняк	2000
7	битум	1400
8	известково-песчаный раствор	1600
9	минераловатная плита	125
0	кирпич	1800

Задача 2. Определение нагрузки от собственного веса

ЗАДАНИЕ: Определить нагрузку от собственного веса железобетонной колонны по исходным данным.

Порядок расчета

1. Находят объем колонны $V = b \cdot h \cdot l, \text{ м}^3$
2. Принимая удельный вес железобетона 25 кН/м^3 , находят нормативную нагрузку от собственного веса колонны

$$N_n = \gamma \cdot V, \text{ кН}$$

3. Определяют расчетную нагрузку от собственного веса колонны, принимая коэффициент надежности по нагрузке (табл.10)

$$N = N_n \cdot \gamma_f, \text{ кН}$$

Таблица 2 - Исходные данные к задаче 2

№ варианта	Сечение колонны $b \times h$, мм	Высота l , м
1	300x300	4,5
2	300x400	5,0
3	400x400	5,5
4	400x500	6,0
5	450x450	7,0
6	300x350	3,5
7	300x350	3,0
8	350x350	5,0
9	350x400	4,0
0	300x300	5,0

Задача 3. Сбор нагрузок на перекрытие

ЗАДАНИЕ: Определить нагрузку на один квадратный метр перекрытия

Порядок расчета

При определении нагрузок от часто встречающихся стандартных плит перекрытия нормативная нагрузка, приходящаяся на м^2 , определяется заранее и выписывается в таблицу, так же поступают с рулонными и

листовыми материалами.

К постоянной нагрузке будет относиться собственный вес плиты ПК и состава пола(его слоев).

Временные нагрузки на перекрытия зданий принимаются по табл.9, где приводятся полные и пониженные значения нагрузки. Пониженное значение соответствует длительной части временной нагрузки, полное - кратковременной.

Нормативной нагрузкой называют произведение веса на толщину конструкции, расчетной - произведение нормативной нагрузки на коэффициент надежности.

Коэффициент определяют по табл.10.

Полная нагрузка - это сумма нормативных и расчетных значений нагрузок. Сбор нагрузок рекомендуют оформлять в табличном виде.

Таблица – Сбор нагрузок

№ п/п	Вид нагрузки	Расчет	Нормативная нагрузка, q_n , кН/м ²	Коэффициент надежности по нагрузке, γ_f	Расчетная нагрузка, q , кН/м ²
1	Постоянная -плита -пол				
	Итого				
2	Временная -кратковременная -длительная				
	Итого				
3	Полная				

Таблица 3 - Исходные данные к задаче 3

№ варианта	Тип помещения	Количество слоев	Толщина слоев, мм	Плотность слоев, кг/м ³
1	административное	линолеум на мастике цементно-песчаная стяжка звукоизоляционный слой пустотная плита ПК	4 30 50 220	1100 1800 350 2500
2	жилое	паркет штучный цементно-песчаная стяжка пароизоляционная пленка минераловатные плиты пустотная плита ПК	10 27 3 40 220	800 1800 150 120 2500
3	административное	паркет штучный цементно-песчаная стяжка минераловатные плиты пустотная плита ПК	15 30 50 220	800 1800 150 2500
4	чердачное	цементно-песчаная стяжка минераловатные плиты пленка полиэтиленовая пустотная плита ПК	27 200 3 220	1800 1200 150 2500
5	служебное	бетонные плитки	3,5	2400

		цементно-песчаная стяжка	30	1800
		пустотная плита ПК	220	2500
6	жилое	линолеум на мастике	6	1100
		цементно-песчаная стяжка	40	1800
		звукоизоляционный слой	50	350
		пустотная плита ПК	220	2500
7	жилое	паркет штучный	10	800
		цементно-песчаная стяжка	40	1800
		пароизоляционная пленка	5	100
		пустотная плита ПК	220	2500
8	административное	цементно-песчаная стяжка	30	1800
		минераловатные плиты	150	1200
		пленка полиэтиленовая	5	150
		пустотная плита ПК	220	2500
9	подвальное	бетонные плитки	5	2400
		цементно-песчаная стяжка	50	1800
		пустотная плита ПК	220	2500
0	административное	паркет штучный	15	800
		цементно-песчаная стяжка	50	1800
		минераловатные плиты	70	120
		пустотная плита ПК	220	2500

2. Расчет сжатых железобетонных колонн со случайным эксцентриситетом

Железобетонные колонны, состоят из двух разнородных материалов: бетона и стальных стержней (арматуры). Прочность стали при сжатии в 10—15 выше, чем бетона, поэтому даже небольшое количество арматурных стержней в бетоне значительно повышает прочность колонны.

Стальная продольная арматура обычно составляет 1—3% от площади поперечного сечения колонны, ее наличие позволяет не только увеличить прочность, но и обеспечивать транспортирование и монтаж сборных железобетонных колонн.

Задача 4. Подбор сечения рабочей арматуры

ЗАДАНИЕ: Рассчитать железобетонную колонну. Выполнить подбор сечения арматуры.

Порядок расчета

1. Определяют нагрузку, если она не задана по условию задачи (полное значение N и ее длительную часть N_l), кН.
2. Устанавливают расчетную схему.
3. Принимают расчетную длину колонны (при расчете гражданских зданий расчетную длину можно принимать равной высоте этажа: $l_0 = H_{эм}$, в общем случае $l_0 = \mu l$), мм.
4. Задаются следующими значениями и находят величины, зависящие от них:
 - а) принимают размеры поперечного сечения колонны $b \times h$ и определяют площадь $A = b \cdot h, \text{см}^2$;
 - б) принимают материалы для колонны:

- обычно принимают тяжелый бетон классов прочности В25-В35 и находят расчетное сопротивление бетона сжатию R_b , кН/см² по табл.11.
 - принимают класс арматуры (рекомендуется А400, А500) и находят расчетное сопротивление арматуры сжатию R_{sc} , кН/см² по табл.12.
- в) принимают коэффициент армирования $\mu=0,01-0,02$.

5. Определяют коэффициент α_s по формуле

$$\alpha_s = \frac{R_{sc}}{R_b} \mu$$

6. Определяют коэффициент продольного изгиба φ

$$\varphi = \varphi_b + 2(\varphi_{sb} - \varphi_b)\alpha_s \leq \varphi_{sb}$$

φ_b и φ_{sb} находят по таблице в зависимости от найденных ранее отношений l_0/h и N_l/N (табл.14).

Если отношение l_0/h получилось больше 20, следует увеличить сечение колонны.

7. Определяют требуемую площадь арматуры по формуле

$$A_{s,tot} = \frac{\frac{N}{\varphi} - R_b \cdot b}{R_{sc}}, \text{ см}^2$$

- если в результате получают отрицательное значение, это говорит о том, что бетон один (без арматуры) справляется с нагрузкой (в этом случае иногда возможно уменьшить размеры поперечного сечения колонны и заново произвести расчет или колонна армируется конструктивно, учитывая, что арматуру необходимо ставить обязательно, чтобы обеспечить минимальный процент армирования);
- если получают положительное значение требуемой площади арматуры, то по полученной площади назначают диаметр арматуры, но не меньше, чем требуется для обеспечения минимального армирования;
- для армирования принимают 4 стержня арматуры и располагают их по углам колонны (возможно армировать и бóльшим количеством стержней);
- при подборе арматуры следует учитывать, что диаметр продольных стержней монолитных колонн должен быть не менее 12 мм, в колоннах с размером сечения более 250 мм диаметр продольных стержней рекомендуется назначать не менее 16 мм.

8. Проверяют действительный процент армирования:

$$\mu = \frac{A_{s,tot}}{bh} \cdot 100\%$$

если действительный процент армирования находится в пределах до 3%, то на этом заканчивается подбор продольной арматуры, в противном случае необходимо скорректировать принятую арматуру или сечение элемента.

9. Назначают диаметр поперечных стержней по условию свариваемости:

$$d_{sw}=0,25d_s, \text{ мм}$$

d_s - наибольший диаметр продольных стержней, не менее 6 мм.

10. Назначают шаг поперечных стержней

$$s_w \leq 15d_s \text{ и не более } 500 \text{ мм.}$$

11. Конструируют каркас колонны.

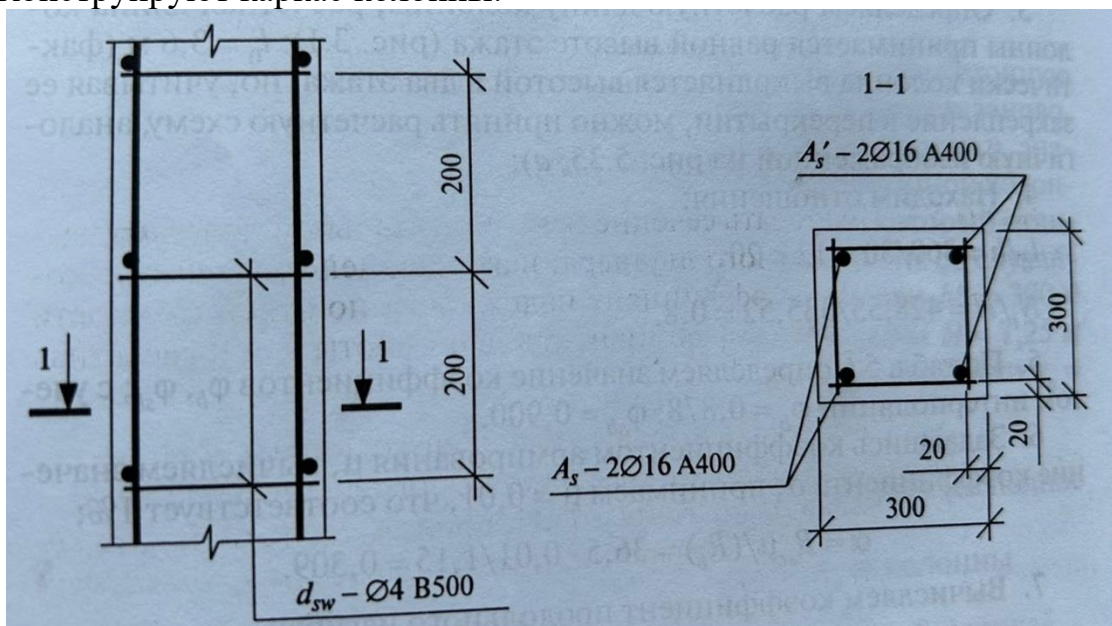


Рисунок 1 - Пример армирования колонны

Таблица 4 - Исходные данные к задаче 4

№ варианта	Нагрузка, действующая на колонну		коэффициент надежности по ответственности γ_n	Размеры сечения, мм		Высота колонны Н, м	Арматура		Бетон
	N	N_l		b	h		продольная	поперечная	
1	600	300	0,95	300	300	4,0	A400	A240	B15
2	610	305	0,95	350	350	4,5	A500	B500	B20
3	620	310	0,95	400	400	5,0	A500	A240	B25
4	630	315	0,95	300	400	3,0	A400	A400	B30
5	640	320	0,95	300	350	3,2	A240	A240	B15
6	650	325	0,95	350	400	3,5	A400	B500	B20
7	590	330	0,95	400	450	6,0	A400	A240	B25
8	615	335	0,95	350	350	5,5	A500	A240	B30
9	625	315	0,95	400	400	7,0	A240	A240	B20
0	635	320	0,95	300	400	4,7	A400	B500	B25

3. Расчет железобетонных изгибаемых элементов (балок)

Изгибом называется такой вид деформации, когда под действием внешних сил в поперечных сечениях бруса возникают изгибающие моменты. Брус, работающий на изгиб, называют балками.

Задача 5. Статический расчет

ЗАДАНИЕ: Найти максимальный изгибающий момент, действующий на балку.

Порядок расчета

Целью проведения статического расчета является вычисление усилий, действующих в сечениях рассчитываемой конструкции (продольных сил – N , поперечных сил – Q , изгибающих моментов – M).

Рассмотрим определение момента M .

1. Определяют расчетное сопротивление бетона осевому сжатию R_b , кН/см² по табл.11. При расчете необходимо учесть коэффициент 0,9, тогда:

$$R_b = R_b \cdot \gamma_{b2}$$

Определяют расчетное сопротивление арматуры R_s , кН/см² по табл.12.

2. Определяют рабочую высоту сечения по формуле

$$h_0 = h - a, \text{ мм}$$

a - расстояние от крайнего растянутого волокна бетона до центра тяжести арматуры, ($a \approx 30-50$ мм)

3. По сортаменту арматуры находят площадь сечения арматуры A_s , см²(табл.18).

4. Находят значение коэффициента α_m :

$$A_s = R_b \cdot b \cdot h_0 (1 - \sqrt{1 - 2\alpha_m}) / R_s \rightarrow$$

$$\sqrt{1 - 2\alpha_m} = 1 - \frac{A_s \cdot R_s}{R_b \cdot b \cdot h_0} \rightarrow$$

$$\alpha_m = \frac{1 - (1 - \frac{A_s R_s}{R_b b h_0})^2}{2}$$

5. Определяют максимальный изгибающий момент:

$$\alpha_m = \frac{M}{R_b \cdot b \cdot h_0} \rightarrow$$

$$M = \alpha_m \cdot R_b \cdot b \cdot h_0, \text{ кНсм}$$

Таблица 5 - Исходные данные к задаче 5

№ варианта	Размеры сечения, мм		Арматура	Бетон	Армирование	Коэффициент надежности
	b	h				
1	250	250	A400	B15	4 диаметр 16	0,9
2	250	300	A500	B20	4 диаметр 18	0,9
3	300	300	A240	B25	4 диаметр 20	0,9
4	300	400	A500	B15	2 диаметр 25	0,9
5	350	400	A400	B20	2 диаметр 28	0,9
6	350	450	A400	B25	4 диаметр 16	0,9
7	400	500	A500	B30	4 диаметр 18	0,9
8	200	400	A240	B15	4 диаметр 20	0,9
9	250	500	A500	B20	4 диаметр 22	0,9
10	350	550	A400	B25	4 диаметр 26	0,9

Задача 6. Подбор сечения продольной арматуры балки прямоугольного сечения

ЗАДАНИЕ: Определить требуемую площадь продольной рабочей арматуры и произвести конструирование сечения балки.

Порядок расчета

1. Определяют изгибающий момент M , кНсм, действующий в расчетном сечении элемента (момент может быть задан).
2. Принимают сечение балки (размеры могут быть заданы):

$$h \approx (\frac{1}{12} - \frac{1}{8})l, \text{ мм}$$

$$b \approx (0,3 - 0,5)h$$

3. Задаются классом прочности бетона и классом арматуры, чаще всего в качестве продольной рабочей арматуры принимается арматура класса А500, А400.

Выписывают расчетные сопротивления бетона R_b и арматуры R_s в кН/см² (табл.11-12).

4. Задаются расстоянием от крайнего растянутого волокна бетона до центра тяжести арматуры ($a \approx 30-50$ мм) и определяют рабочую высоту сечения

$$h_0 = h - a, \text{ мм}$$

5. Находят значение коэффициента A_0 :

$$A_0 = \frac{M}{R_b \cdot b \cdot h_0^2}$$

Коэффициент A_0 не должен превышать граничного значения коэффициента A_{0R} (табл.16). Если значение коэффициента $A_0 > A_{0R}$ следует увеличить сечение балки или изменить материалы.

6. По табл. 15 в зависимости от коэффициента A_0 определяют значения вспомогательных коэффициентов η и ϵ .

7. Определяют требуемую площадь продольной рабочей арматуры:

$$A_s = \frac{M}{\eta \cdot h_0 \cdot R_s}, \text{ см}^2$$

8. По сортаменту арматуры табл.18 определяют диаметр, количество стержней и площадь рабочей продольной арматуры A_s .

9. Определяют процент армирования элемента и сравнивают его с минимальным процентом армирования ($\mu_{min} = 0,1 \%$)

$$\mu = A_s \cdot 100 / (b \cdot h_0), \%$$

10. Определяют требуемую площадь монтажных стержней и по площади принимают диаметры стержней:

$$A_s' = 0,1 \cdot A_s, \text{ см}^2$$

11. Определяют диаметр поперечных стержней (хомутов) d_{sw} в зависимости от диаметра продольной арматуры d_s :

$$d_{sw} = 0,25 \cdot d_s, \text{ мм}$$

поперечная арматура назначается диаметром не менее 6 мм.

12. Назначают толщину защитного слоя бетона ($a_b \geq 20$ мм), табл.17.

13. Конструируют сечение балки.

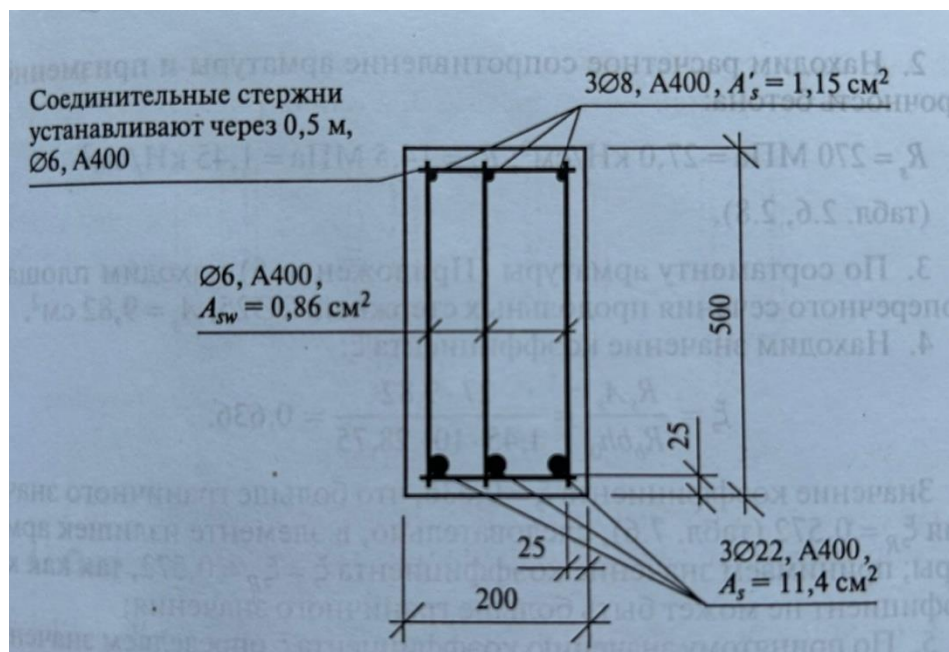


Рисунок 2 - Пример армирования сечения балки

Таблица 6 - Исходные данные к задаче 6

№ варианта	Изгибающий момент M , кНм	Размеры сечения, мм		Арматура		Бетон
		b	h	продольная	поперечная	
1	150	200	300	A400	A240	B15
2	120	300	400	A500	B500	B20
3	200	250	350	A500	A240	B25
4	175	200	400	A400	A400	B30
5	125	350	500	A240	A240	B15
6	155	400	500	A400	B500	B20
7	180	300	300	A400	A240	B25
8	220	250	450	A500	A240	B30
9	170	350	450	A240	A240	B20
0	160	300	500	A400	B500	B25

Задача 7. Расчет железобетонной балки

ЗАДАНИЕ: Рассчитать и сконструировать однопролетную свободноопертую железобетонную балку прямоугольного сечения, нагруженную равномерно распределенной нагрузкой.

Порядок расчета

1. Определяют расчетные характеристики бетона и арматуры в кН/см^2 : для продольной арматуры R_s , для поперечной арматуры R_{sw} , для бетона R_b и R_{bt} (табл.11-13).

2. Определяют полную расчетную нагрузку на балку по формуле

$$q = (q^H \cdot \gamma_{f1} + p^H \cdot \gamma_{f2}) \cdot c, \text{ кН/м}^2$$

коэффициенты принимают по табл.10.

3. Производят статический расчет балки

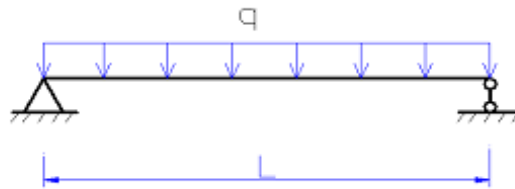


Рисунок 3 – Расчетная схема

$$M = ql^2/8, \text{ кН} \cdot \text{м},$$

$$Q = ql/2, \text{ кН}$$

4. Устанавливают размеры поперечного сечения балки.

Для этого одним из размеров задаемся.

Принимаем ширину балки $b = 25$ см (не менее 25 см и с шагом через 5 см - 30, 35, 40 см и тд)

Принимаем коэффициент $\xi = 0,3$.

По коэффициенту ξ устанавливаем коэффициент A_0 по табл.15.

Рабочая высота сечения будет равна:

$$h_0 = \sqrt{M/R_b b A_0}, \text{ м}$$

Задаются расстоянием от крайнего растянутого волокна бетона до центра тяжести арматуры ($a \approx 30-50$ мм) и определяют рабочую высоту сечения

$$h = h_0 + a, \text{ мм}$$

Принимают высоту балки h , м.

Таким образом, принимаем сечение балки $b \times h \dots$ см.

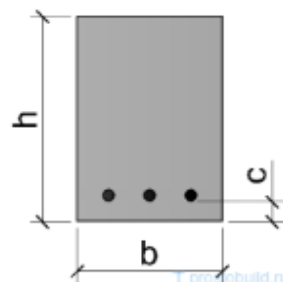


Рисунок 4 – Сечение балки

5. Рассчитывают продольную рабочую арматуру:

$$h_0 = h - a, \text{ см}$$

$$A_0 = M/R_b b h_0^2 < A_{0max}$$

A_{0max} определяют по табл.16.

По коэффициенту A_0 устанавливаем коэффициент η по табл.15.

$$A_s = M/R_s \eta h_0, \text{ см}^2$$

По таблице сортамента арматуры (табл.18) назначают диаметр, количество стержней, их площадь.

6. Производят расчёт поперечной арматуры:

$$Q \leq Q_b = 0,35R_b b h_0,$$

$$Q \leq Q_b = 0,6R_{bt} b h_0.$$

Если одно из условий не выполняется, следовательно, расчёт поперечной арматуры необходим.

7. Вычисляют величину поперечной силы, приходящейся на единицу длины балки по формуле

$$q_{sw} = Q^2 / (8R_{bt} b h_0^2), \text{ кН/м}$$

8. Вычисляют шаг хомутов

$$S_{max} = 1,5R_{bt} b h_0^2 / Q, \text{ м}$$

По конструктивным требованиям при $h > 450\text{мм}$ $s =$

$$h/3 = 50/3 = 16,67 \text{ см} > 150\text{мм}.$$

С учетом вычислений, а также конструктивных требований окончательно принимаем шаг хомутов $s = 150 \text{ мм} = 15 \text{ см}$.

Тогда площадь поперечного сечения одного хомута

$$f_{sw} = q_{sw} s / R_{sw}, \text{ см}^2$$

9. По сортаменту арматуры (табл.18) и с учетом условия свариваемости принимают поперечную арматуру (диаметр, количество стержней, их площадь).

Таблица 7 - Исходные данные к задаче 7

№ варианта	Постоянная нагрузка q^n , кН/м ²	Временная нагрузка p^n , кН/м ²	Бетон	Арматура			Шаг балки s , м	Пролет балки l , м
				продольная	монтажная	поперечная		
1	3,8	3,4	B25	A400	A240	A240	5,3	5,2
2	3,9	3,5	B20	A500	A400	A240	5,8	5,5
3	4,0	3,6	B15	A400	A240	A240	6,2	5,8
4	4,2	3,7	B25	A500	A400	A240	6,5	6,0
5	4,0	3,0	B15	A400	A240	A240	8,0	7,0
6	3,5	3,2	B20	A500	A240	A240	5,8	5,2
7	4,5	4,0	B20	A400	A240	A240	6,2	5,5
8	3,7	3,3	B25	A500	A240	A240	6,5	5,8
9	4,9	4,4	B15	A400	A240	A240	8,0	6,0
0	4,4	3,9	B20	A500	A400	A240	5,8	7,0

Задача 8. Порядок подбора продольной арматуры балки таврового сечения

ЗАДАНИЕ: Выполнить расчет прочности нормального сечения железобетонной тавровой балки.

Порядок расчета

1. Собирают нагрузки, действующие на элемент, и определяют расчетную схему элемента, определяют изгибающий момент, действующий в расчетном сечении элемента (момент и нагрузка могут быть заданы).
2. Принимают сечение балки (размеры могут быть заданы):

$$h \approx (\frac{1}{12} - \frac{1}{8})l, \text{ мм}$$

$$b \approx (0,3 - 0,5)h$$

3. Задаются классом прочности бетона и классом арматуры, чаще всего в качестве продольной рабочей арматуры принимается арматура класса А500, А400.

Выписывают расчетные сопротивления бетона R_b и арматуры R_s в кН/см².

4. Задаются расстоянием от крайнего растянутого волокна бетона до центра тяжести арматуры ($a \approx 30-50$ мм) и определяют рабочую высоту сечения

$$h_0 = h - a, \text{ мм}$$

5. Определяют расчетный случай тавровых элементов

$$M'_f = R_b b'_f h'_f (h_0 - 0,5 h'_f), \text{ кНсм}$$

Сравнивая действующий на элемент изгибающий момент с моментом, воспринимаемым полкой M'_f , определяют расчетный случай:

- если $M_{max} \leq M'_f$, имеем первый расчетный случай тавровых элементов;
- если $M_{max} > M'_f$, имеем второй расчетный случай тавровых элементов.

Порядок расчета при первом расчетном случае

6. Находят коэффициент A_0 :

$$A_0 = \frac{M}{R_b \cdot b'_f \cdot h_0^2}$$

7. По табл. 16 определяют коэффициент A_{OR} – должно выполняться условие $A_0 \leq A_{OR}$; в случае если условие не выполняется, следует изменить сечение или материалы.

8. По табл. 15 определяют коэффициент η .

9. Определяют требуемую площадь арматуры:

$$A_s = \frac{M}{\eta \cdot h_0 \cdot R_s}, \text{ см}^2$$

Порядок расчета при втором расчетном случае

6. Находят коэффициент A_0 :

$$A_0 = \frac{M - R_b (b'_f - b) h'_f (h_0 - 0,5 h'_f)}{R_b \cdot b \cdot h_0^2}$$

7. По табл. 16 определяют коэффициент A_{OR} – должно выполняться условие $A_0 \leq A_{OR}$; в случае если условие не выполняется, следует изменить сечение или материалы.

8. По табл. 15] определяют коэффициент η .
9. Определяют требуемую площадь арматуры:

$$A_s = \frac{R_b \cdot b \cdot \xi \cdot h_0 + R_b (b'_f - b) \cdot h'_f}{R_s}, \text{ см}^2$$

Подбор арматуры(для обоих расчетных случаев):

10. По сортаменту арматуры (табл.18) определяют диаметр, количество стержней и площадь рабочей продольной арматуры A_s .

11. Определяют процент армирования элемента:

$$\mu = A_s \cdot 100 / (b \cdot h_0) \text{ и сравнивают с } \mu_{min} = 0,1 \text{ \%}.$$

12. Определяют требуемую площадь монтажных стержней и по площади принимают диаметры стержней:

$$A_s' = 0,1 \cdot A_s, \text{ см}^2$$

13. Определяют диаметр поперечных стержней (хомутов) d_{sw} в зависимости от диаметра продольной арматуры d_s :

$$d_{sw} = 0,25 \cdot d_s, \text{ мм}$$

поперечная арматура назначается диаметром не менее 6 мм.

12. Назначают толщину защитного слоя бетона ($a_b \geq 20 \text{ мм}$).

13. Конструируют сечение балки.

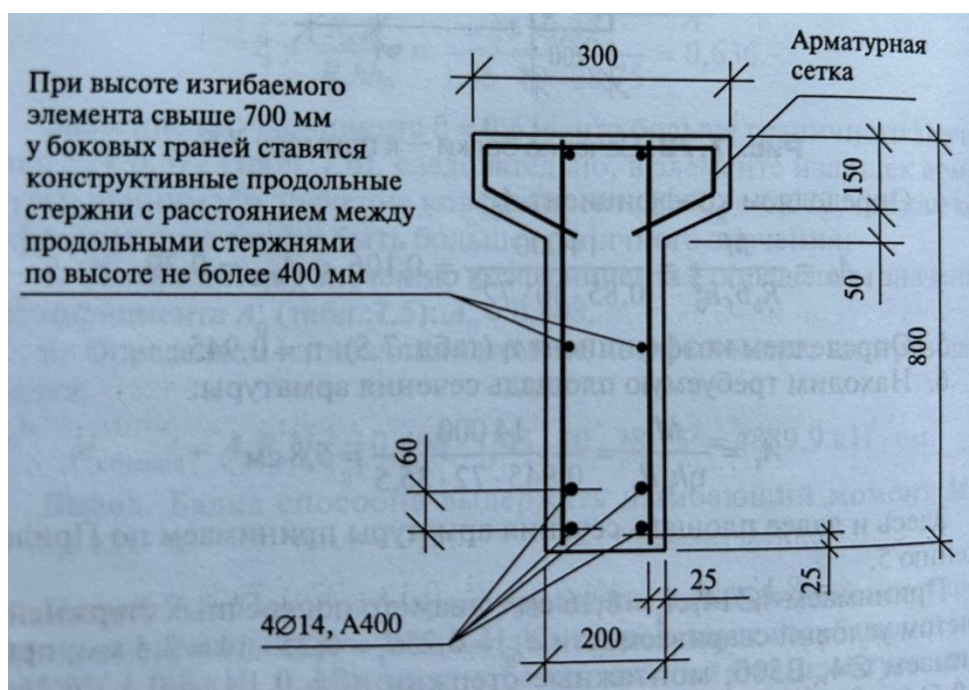


Рисунок 5- Пример армирования балки

Таблица 8 - Исходные данные к задаче 8

№ варианта	Изгибающий момент M , кНм	Размеры сечения, мм				Арматура		Бетон
		b	h	b'_f	h'_f	продольная	поперечная	
1	48	120	400	300	100	A400	A240	B15
2	50	100	350	250	150	A500	B500	B20
3	55	130	400	350	90	A500	A240	B25
4	45	150	450	300	120	A400	A400	B30
5	42	120	380	320	110	A240	A240	B15
6	39	140	550	300	115	A400	B500	B20
7	57	150	450	400	100	A400	A240	B25
8	56	100	400	360	150	A500	A240	B30
9	49	120	350	320	120	A240	A240	B20
0	52	180	450	400	100	A400	B500	B25

Справочные материалы , необходимые для решения задач

Таблица 9- Некоторые нормативные нагрузки

**Временные нормативные нагрузки на перекрытия
(извлечение из табл. 3 СНиП2.01.07-85*)**

Здания и помещения	Нормативное значение нагрузок R_n , кПа	
	полное	пониженное
1. Квартиры жилых зданий; спальные помещения; палаты больниц	1,5	0,3
2. Служебные помещения административного персонала; классные помещения; бытовые помещения	2,0	1,0
3. Залы: читальные обеденные собраний торговые, выставочные	2,0 3,0 4,0 не менее 4,0	0,7 1,0 1,4 не менее 1,4
4. Чердачные помещения	0,7	–

Таблица 10 - Коэффициент надежности γ_f

	Стальные конструкции	Бетонные, железобетонные, каменные, деревянные конструкции	Стяжка, засыпка, теплоизоляционные и выравнивающие слои	
			в заводских условиях	на строительной площадке
Значение коэффициента γ_f	1,05	1,1	1,2	1,3

Таблица 11 - Расчетное сопротивление бетона

Вид сопротивления	Бетон	Расчетные сопротивления бетона для предельных состояний первой группы R_b и R_{bt} , МПа, при классе бетона по прочности на сжатие						
		B10	B12,5	B15	B20	B25	B30	B35
Сжатие осевое (призменная прочность), R_b	Тяжелый и мелкозернистый	6,0	7,5	8,5	11,5	14,5	17	19,5
Растяжение осевое, R_{bt}	Тяжелый	0,57	0,66	0,75	0,9	1,05	1,20	1,30

Таблица 12 - Расчетное сопротивление продольной арматуры

Класс арматуры	Значения расчетного сопротивления арматуры для предельных состояний первой группы, МПа	
	растяжению R_s	сжатию R_{sc}
A240	210	210
A400	350	350
A500	435	435(400)
A600	520	470(400)
A800	695	500(400)
A1000	870	500(400)
B500	435	415(380)
B _p 500	415	390(360)
B _p 1200	1050	500(400)
B _p 1300	1130	500(400)
B _p 1400	1215	500(400)
B _p 1500	1300	500(400)
B _p 1600	1390	500(400)
K1400	1215	500(400)
K1500	1300	500(400)
K1600	1390	500(400)
K1700	1475	500(400)
K1800	1565	500 (400)
K1900	1650	500 (400)

П р и м е ч а н и е – Значения R_{sc} в скобках используют только при расчете на кратковременное действие нагрузки.

Таблица 13 - Расчетные сопротивления поперечной арматуры

Класс арматуры	Расчетные значения сопротивления поперечной арматуры (хомутов и отогнутых стержней) растяжению для предельных состояний первой группы, МПа
A240	170
A400	280
A500	300
B500	300

Таблица 14 - Значения коэффициентов продольного изгиба колонны
Значения коэффициентов φ_b и φ_{sb}

N_i/N	l_0/h							
	6	8	10	12	14	16	18	20
	Коэффициент φ_b							
0	0,93	0,92	0,91	0,90	0,89	0,86	0,83	0,80
0,5	0,92	0,91	0,90	0,88	0,85	0,81	0,78	0,65
1	0,92	0,91	0,89	0,86	0,81	0,74	0,63	0,55

N_i/N	l_0/h							
	6	8	10	12	14	16	18	20
	Коэффициент φ_{sb}							
0	0,93	0,92	0,91	0,90	0,89	0,87	0,84	0,81
0,5	0,92	0,92	0,91	0,90	0,87	0,84	0,80	0,75
1	0,92	0,91	0,90	0,88	0,86	0,82	0,77	0,70

Таблица 15 - Значения коэффициентов для расчета балок

ξ	$\eta (\zeta)$	$A_0 (\alpha_m)$	ξ	$\eta (\zeta)$	$A_0 (\alpha_m)$
0,01	0,995	0,01	0,37	0,815	0,301
0,02	0,99	0,02	0,38	0,81	0,309
0,03	0,985	0,03	0,39	0,805	0,314
0,04	0,98	0,039	0,4	0,8	0,32
0,05	0,975	0,048	0,41	0,795	0,326
0,06	0,97	0,058	0,42	0,79	0,332
0,07	0,965	0,067	0,43	0,785	0,337
0,08	0,96	0,077	0,44	0,78	0,343
0,09	0,955	0,085	0,45	0,775	0,349
0,1	0,95	0,095	0,46	0,77	0,354
0,11	0,945	0,104	0,47	0,765	0,359
0,12	0,94	0,113	0,48	0,76	0,365
0,13	0,935	0,121	0,49	0,755	0,37
0,14	0,93	0,13	0,5	0,75	0,375
0,15	0,925	0,139	0,51	0,745	0,38
0,16	0,92	0,147	0,52	0,74	0,385
0,17	0,915	0,155	0,53	0,735	0,39
0,18	0,91	0,164	0,54	0,73	0,394
0,19	0,905	0,172	0,55	0,725	0,399
0,2	0,9	0,18	0,56	0,72	0,403
0,21	0,895	0,188	0,57	0,715	0,408
0,22	0,89	0,196	0,58	0,71	0,412
0,23	0,885	0,203	0,59	0,705	0,416
0,24	0,88	0,211	0,6	0,7	0,42
0,25	0,875	0,219	0,61	0,695	0,424
0,26	0,87	0,226	0,62	0,69	0,428
0,27	0,865	0,236	0,63	0,685	0,432
0,28	0,86	0,241	0,64	0,68	0,435
0,29	0,855	0,248	0,65	0,675	0,439
0,3	0,85	0,255	0,66	0,67	0,442
0,31	0,845	0,262	0,67	0,665	0,446
0,32	0,84	0,269	0,68	0,66	0,449
0,33	0,835	0,275	0,69	0,655	0,452
0,34	0,83	0,282	0,7	0,65	0,455
0,35	0,825	0,289			
0,36	0,82	0,295			

Таблица 16 - Предельные значения коэффициентов

Таблица 7.6

Предельные значения коэффициентов ξ и A_0

Класс арматуры	Граничные значения коэффициентов	
	ξ_R	A_{0R}
A240	0,612	0,425
A300	0,572	0,408
A400	0,531	0,390
A500	0,493	0,371
B500	0,502	0,376

Таблица 17 - Защитный слой бетона

Условие эксплуатации конструкций зданий	Толщина защитного слоя бетона, мм, не менее
В закрытых помещениях при нормальной и пониженной влажности	20
В закрытых помещениях при повышенной влажности (при отсутствии дополнительных защитных мероприятий)	25
На открытом воздухе (при отсутствии дополнительных защитных мероприятий)	30
В грунте (при отсутствии дополнительных защитных мероприятий), в фундаментах при наличии бетонной подготовки	40

Таблица 18 - Сортамент арматуры

Таблица 1. Сортамент арматуры

Диаметр, мм	Расчетная площадь поперечного сечения (см ²) при числе стержней										Масса 1 м, кг	Арматура								
												Стержневая классов						Проволочная классов		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		A-I	A-II	A-III	A-IV	A-V	A-VI	Bp-I	B-II	Bp-II
3	0,071	0,14	0,21	0,28	0,35	0,42	0,49	0,57	0,64	0,71	0,055	-	-	-	-	-	x	-	-	
4	0,126	0,25	0,36	0,50	0,63	0,76	0,88	1,01	1,13	1,26	0,092	-	-	-	-	-	x	x	-	
5	0,196	0,39	0,59	0,79	0,98	1,18	1,37	1,57	1,77	1,96	0,154	-	-	-	-	-	x	x	x	
6	0,283	0,57	0,86	1,13	1,42	1,7	1,98	2,26	2,55	2,83	0,222	x	-	x	-	-	-	x	x	
7	0,385	0,77	1,15	1,54	1,92	2,31	2,69	3,08	3,46	3,85	0,302	-	-	-	-	-	-	x	x	
8	0,503	1,01	1,51	2,01	2,51	3,02	3,52	4,02	4,53	5,03	0,395	x	-	x	-	-	-	x	x	
10	0,789	1,57	2,36	3,14	3,93	4,71	5,5	6,28	7,07	7,85	0,617	x	x	x	x	x	-	-	-	
12	1,131	2,26	3,39	4,52	5,65	6,79	7,92	9,05	10,18	11,31	0,888	x	x	x	x	x	-	-	-	
14	1,539	3,08	4,62	6,16	7,69	9,23	10,77	12,31	13,85	15,39	1,208	x	x	x	x	x	-	-	-	
16	2,011	4,02	6,03	8,04	10,05	12,06	14,07	16,08	18,1	20,11	1,578	x	x	x	x	x	-	-	-	
18	2,545	5,09	7,63	10,18	12,72	15,27	17,81	20,36	22,9	25,45	1,998	x	x	x	x	x	-	-	-	
20	3,142	6,28	9,41	12,56	15,71	18,85	21,99	25,14	28,28	31,42	2,466	-	x	x	x	x	-	-	-	
22	3,801	7,60	11,4	15,2	19	22,81	26,61	30,41	34,21	38,01	2,984	x	x	x	x	x	-	-	-	
25	4,909	9,82	14,73	19,63	24,54	29,45	34,36	39,27	44,13	49,09	3,853	-	x	x	x	x	-	-	-	
28	6,158	12,32	18,47	24,63	30,79	36,95	43,1	49,26	55,42	61,58	4,834	-	x	x	x	x	-	-	-	
32	8,042	16,08	24,13	32,17	40,21	48,25	56,3	64,34	72,38	80,42	6,313	-	x	x	x	x	-	-	-	
36	10,18	20,36	30,54	40,72	50,9	61,08	71,26	81,44	91,62	101,8	7,990	-	-	x	-	-	-	-	-	
40	12,56	25,12	37,68	50,24	62,8	75,36	87,92	100,48	113,04	125,6	9,865	-	-	x	-	-	-	-	-	

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* (с Изменением N 1)».
- 2 СП 63.13330.2018 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения».
- 3 Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона без предварительного напряжения арматуры/ ЦНИИ Промзданий, НИИЖБ.- М.: ОАО ЦНИИ Промзданий, 2005. – 214 с.
- 4 Сетков В.И., Сербин Е.П. - Строительные конструкции. Расчет и проектирование : учебник - 3-е изд., импр. и доп. - М.: ИНФРА-М, 2018. - 444с. - (Среднее профессиональное образование).