

ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ И КАМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ:

*СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ*



Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Мозырский государственный педагогический университет
имени И. П. Шамякина»

ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ И КАМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Справочные материалы к контрольной работе

МГПУ ИМ. И. П. ШАМЯКИНА

Мозырь
МГПУ им. И. П. Шамякина
2017

УДК 624.012.45.04 (075.8)
ББК 38.53я7
Ж50

Составители: С. Н. Щур, кандидат педагогических наук, доцент кафедры ОС и МПСД УО «МГПУ имени И. П. Шамякина»;
С. Н. Цалко, ассистент кафедры ОС и МПСД УО «МГПУ имени И. П. Шамякина»

Рецензенты:

кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой
«Строительное производство» УО «Белорусский государственный университет
транспорта»

О. Е. Пантюхов;

кандидат технических наук, начальник С-200 ЛК6У № 2

Д. В. Некрасов;

кандидат физико-математических наук, доцент кафедры общей физики
и методики преподавания физики УО «МГПУ имени И. П. Шамякина»

Э. Е. Гречанников

Железобетонные и каменные конструкции: справочные материалы
к контрольной работе / сост. С. Н. Щур, С. Н. Цалко. – Мозырь : МГПУ
им. И. П. Шамякина, 2017. – 50 с.
ISBN 978-985-477-600-2.

Справочные материалы содержат примеры расчета
и конструирования сборных и монолитных железобетонных
конструкций в соответствии с программой курса для контрольной
работы. Примеры расчета выполнены в соответствии с требованиями
норм проектирования железобетонных конструкций СНБ 5.03.01-02 [3].

Пособие предназначено для студентов специальности 1-08 01 01
«Профессиональное обучение», специализации 1-08 01 01-05
«Строительство».

УДК 624.012.45.04 (075.8)
ББК 38.53я7

ISBN 978-985-477-600-2

© Щур С. Н., Цалко С. Н., 2017
© УО МГПУ им. И. П. Шамякина, 2017

ВВЕДЕНИЕ

Железобетонные конструкции являются базой современного индустриального наземного и подземного строительства. Их применяют при возведении одноэтажных и многоэтажных зданий, различных инженерных сооружений в промышленном, гражданском, сельскохозяйственном, энергетическом, транспортном строительстве и в других самых разнообразных отраслях народного хозяйства, находя в каждой из них свои оптимальные формы. Важная роль в развитии строительства принадлежит в достаточной мере педагогам-инженерам, которые должны обладать глубокими инженерными знаниями и производственными навыками для передачи их студентам. Дисциплина «Железобетонные и каменные конструкции» дает теоретическую практическую базу, позволяющую студенту ориентироваться в вопросах, возникающих в процессе подготовки по специальным и общетехническим дисциплинам.

Исходя из вышеизложенного, **цель преподавания** дисциплины «Железобетонные и каменные конструкции» заключается в подготовке студентов, будущих педагогов-инженеров, к профессиональной деятельности в области проектирования, конструирования и расчета железобетонных конструкций.

В результате изучения дисциплины студент должен научиться разрабатывать конструктивные схемы зданий и сооружений различного назначения; на основании принятой конструктивной схемы осуществлять расчёты с подбором сечений, назначать армирование элементов и устанавливать типы стыков и соединений; применять при расчётах конструкций компьютерную технику, нормативную и техническую документацию. Студент должен освоить навыки работы в графическом редакторе для изображения основных конструктивных схем зданий

и сооружений, железобетонных расчетных элементов, узлов их стыкования, арматурных решений конструкций, спецификаций железобетонных и арматурных элементов.

При современном строительстве большинство зданий и сооружений проектируется из железобетонных и каменных конструкций, поэтому студент должен изучить основные физико-механические свойства бетона и арматуры; основы теории расчета железобетонных конструкций; методы расчета и конструирования железобетонных конструкций; общие принципы проектирования и расчета железобетонных конструкций зданий и сооружений.

МГТУ им. И.П.Шамякина

ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

Справочные материалы предназначены для студентов специальности 1-08 01 01 «Профессиональное обучение», специализации 1-08 01 01-05 «Строительство».

Для студентов заочной формы получения высшего образования программа дисциплины «Железобетонные и каменные конструкции» включает: посещение лекций в период установочной и лабораторно-экзаменационных сессий; выполнение лабораторных и практических работ; выполнение контрольной работы и выполнение курсового проекта, их защита; сдача экзамена по всему курсу.

Для студентов дневной формы получения высшего образования программа дисциплины включает: курс лекций, лабораторные и практические работы, выполнение курсового проекта, контрольной работы, коллоквиум и сдачу экзаменов по всему курсу.

Для студентов заочной формы получения высшего образования на лекциях излагаются и разъясняются лишь основные разделы курса, поэтому студент-заочник должен самостоятельно работать над учебным материалом. Лабораторный практикум выполняется в период сессии.

В процессе изучения дисциплины студент выполняет контрольную работу, к которой можно приступить лишь после изучения и проработки теоретического материала.

Каждый студент должен выполнить практическое и теоретическое задания.

Практическое задание включает расчеты изгибаемой балки прямоугольного сечения одиночного и двойного армирования, внецентренно-сжатой колонны и проектирование междуэтажного железобетонного перекрытия. При решении задач необходимо привести

весь ход решения, включая математические преобразования.

Теоретическое задание представляет собой самостоятельное изучение и анализ вопроса по расчету или проектированию железобетонных конструкций. Задание должно полностью раскрывать сущность вопроса.

Работа оформляется чернилами или пастой черного, синего цвета на одной стороне листа формата А4 и должна иметь задание, оглавление, постраничную нумерацию, перечень использованной литературы и ссылки на литературу. Каждая работа должна быть аккуратно оформлена.

Исправления, если они имеются после рецензирования работы, следует выполнять в конце тетради, а не по тексту.

При возникновении затруднений в процессе изучения дисциплины студент может обратиться за консультацией к преподавателю.

Контрольная работа, выполненная не по своему варианту, преподавателем не рецензируется и не засчитывается.

Студент, защитивший лабораторные работы, контрольную работу и курсовой проект, **допускается к экзамену.**

Большое внимание при выполнении контрольной работы необходимо уделить изучению основных положений проектирования и расчета железобетонных конструкций, изложенных в действующих нормах СНБ 5.03.01–02 «Бетонные и железобетонные конструкции».

По методическим соображениям в примерах расчета приводятся только типичные вычисления или наиболее трудные для понимания разделы расчета. Во многих случаях приведены только структуры расчета, поскольку выполнение практической части должно осуществляться студентом самостоятельно.

Содержание задания. Вариант контрольной работы определяется согласно порядковому номеру студента.

ПРОГРАММА КУРСА

1. Общие сведения о железобетонных конструкциях

Сущность железобетона. Требования к железобетонным конструкциям. Области применения железобетона. Достоинства и недостатки железобетона. Способы изготовления и возведения железобетонных конструкций.

2. Исторический очерк и перспективы развития железобетонных конструкций

Краткий исторический обзор развития железобетонных конструкций. Направления развития железобетона на ближайшие годы.

3. Прочностные свойства бетонов

Классификация бетона и его структура. Прочность бетона.

4. Деформативные свойства бетонов

Деформативные характеристики бетона. Классы и марки бетона. Бетоны нового поколения.

5. Физико-механические свойства арматуры

Назначение и виды арматуры. Физико-механические свойства арматурных сталей. Классификация арматуры.

6. Физико-механические свойства железобетона

Сцепление бетона с арматурой. Условия совместной работы бетона и арматуры. Анкеровка ненапрягаемой арматуры. Анкеровка напрягаемой арматуры. Защитный слой бетона.

7. Основы теории расчета железобетонных конструкций

Стадии напряженно-деформированного состояния нормальных сечений изгибаемых элементов. Нормативные и расчетные сопротивления бетона и арматуры. Основные расчетные положения.

8. Методы расчета железобетонных конструкций

Методы расчета по допускаемым напряжениям и разрушающим нагрузкам. Метод расчета по предельным состояниям.

9. Конструирование изгибаемых элементов

Общие вопросы конструирования. Конструктивные особенности балок, плит, предварительно напряженных элементов.

10. Расчет прочности изгибаемых элементов с одиночной и двойной арматурой

Расчет прочности по нормальным сечениям. Элементы прямоугольного сечения с одиночной арматурой. Элементы прямоугольного сечения с двойной арматурой.

11. Расчет тавровых сечений. Расчет прочности изгибаемых элементов по наклонным сечениям.

Элементы таврового профиля. Основные схемы разрушений по наклонным сечениям. Прочность наклонных сечений при действии поперечной силы. Прочность наклонных сечений при действии изгибающего момента. Расчет элементов без поперечной арматуры.

12. Внецентренно сжатые элементы. Конструирование и расчет сжатых элементов.

Виды внецентренно сжатых элементов. Конструктивные особенности сжатых элементов. Основы расчета прочности сжатых элементов. Расчет прочности элементов прямоугольного сечения с несимметричной арматурой. Сжатые элементы, усиленные косвенным армированием.

13. Особенности проектирования предварительно напряжённых элементов.

Сущность и преимущества. Способы натяжения арматуры. Предварительные напряжения в арматуре. Потери предварительного напряжения. Напряжения в бетоне при обжатии. Последовательность изменения напряжённого состояния предварительно напряжённых элементов.

14. Конструирование и расчет растянутых элементов.

Конструирование и расчет прочности растянутых элементов. Расчет на продавливание и отрыв.

15. Трещиностойкость железобетонных элементов.

Категории требований к трещиностойкости. Расчет по образованию трещин. Расчет по раскрытию трещин. Расчет по закрытию трещин.

16. Деформативность железобетонных элементов.

Расчет перемещений железобетонных конструкций. Прогибы и кривизна железобетонных элементов без трещин в растянутой зоне. Прогибы и кривизна железобетонных конструкций с трещинами в растянутой зоне.

17. Общие принципы проектирования железобетонных конструкций зданий и сооружений.

Основные положения проектирования. Унификация и типизация сооружений и их элементов. Деформационные швы. Усиление железобетонных конструкций.

18. Усиления железобетонных конструкций зданий и сооружений.

Усиления железобетонных конструкций. Особенности расчёта статически неопределённых железобетонных конструкций с учётом перераспределения усилий.

19. Железобетонные фундаменты

Классификация фундаментов. Отдельные центрально нагруженные фундаменты.

20. Расчет внецентренно нагруженных фундаментов

Отдельные внецентренно нагруженные фундаменты. Ленточные и сплошные фундаменты.

21. Проектирование и расчёт железобетонных монолитных ребристых перекрытий

Общие положения. Ребристые монолитные перекрытия с балочными плитами. Ребристые монолитные перекрытия с плитами, опертыми по контуру.

22. Проектирование и расчёт железобетонных безбалочных перекрытий

Общие положения. Монолитные безбалочные перекрытия. Сборные безбалочные перекрытия.

23. Проектирование и расчёт железобетонных сборных балочных перекрытий

Общие положения. Конструирование и расчёт плит. Конструирование и расчёт ригеля. Сборные колонны и их стыки.

24. Проектирование и расчёт железобетонных сборно-монолитных балочных перекрытий

Конструирование и расчёт сборно-монолитных конструкций, узлов.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

1. Определить несущую способность прямоугольного сечения изгибаемого железобетонного элемента с одиночной арматурой, используя метод предельных усилий (таблица 1).
2. Определить площадь поперечного сечения арматуры изгибаемого элемента с двойным армированием и рассчитать его несущую способность (таблица 2).
3. Определить площадь сечения арматуры колонны многоэтажного рамного каркаса (арматура симметрично расположена в сечении) (таблица 3).
4. Разработать конструктивную схему перекрытия (таблица 4).

Таблица 1. – Данные для выполнения задачи № 1

№ варианта	M, кН	Геометрические параметры			Бетон тяжелый класса	Арматура	
		B	h	C		Сечение A_{s1}	Класс
1	2	3	4	5	6	7	8
1	80	200	450	45	C16/20	2 \emptyset 20	S500
2	90	150	400	40	C20/25	2 \emptyset 25	S500
3	36	1000	160	35	C25/30	6 \emptyset 12	S400
4	100	200	450	40	C25/30	4 \emptyset 16	S500
5	120	180	500	40	C20/25	4 \emptyset 18	S400
6	35	1000	120	35	C16/20	4 \emptyset 20	S500
7	210	250	500	40	C16/20	2 \emptyset 28	S500
8	80	160	400	25	C20/25	2 \emptyset 22	S400
9	110	180	450	30	C16/20	4 \emptyset 20	S500
10	50	1200	200	40	C25/30	5 \emptyset 14	S500
11	60	1500	180	40	C20/25	5 \emptyset 16	S400

1	2	3	4	5	6	7	8
13	350	300	700	30	C20/25	4Ø25	S400
14	230	270	600	35	C16/20	2Ø28	S500
15	230	220	480	40	C25/30	4Ø20	S500
16	150	300	550	40	C20/25	4Ø18	S400
17	240	950	140	45	C25/30	9Ø10	S500
18	20	250	650	25	C16/20	3Ø25	S500
19	300	1250	140	30	C25/30	15ø5	S400
20	10	300	700	45	C25/30	2Ø 25	S500
21	400	250	550	40	C20/25	4Ø 32	S500
22	300	1500	180	25	C16/20	5Ø 16	S400
23	240	230	550	45	C16/20	4Ø20	S500
24	350	300	720	35	C25/30	2Ø25	S400
25	260	270	610	40	C20/25	2Ø16	S400
26	40	280	600	30	C16/20	3Ø18	S500
27	170	900	150	40	C20/25	10Ø5	S400
28	8,5	200	450	35	C25/30	2Ø20	S500
29	80	190	460	40	C16/20	3Ø16	S500
30	115	150	400	40	C20/25	2Ø25	S500
31	35	1000	150	45	C16/20	5Ø18	S500
32	120	180	500	40	C25/30	4Ø18	S500
33	180	300	500	25	C16/20	4Ø20	S500
34	50	1300	160	30	C16/20	4Ø20	S500
35	230	230	550	45	C16/20	4Ø20	S500
36	360	300	700	35	C25/30	2Ø25	S400
37	240	270	600	40	C20/25	2Ø16	S400
38	230	220	480	25	C20/25	2Ø16	S500
39	170	300	550	30	C16/20	3Ø18	S500
40	250	950	140	40	C20/25	3Ø18	S400
41	30	250	650	35	C25/30	4Ø16	S500
42	280	1250	140	40	C25/30	4Ø16	S500
43	20	300	700	25	C20/25	4Ø10	S500
44	85	200	440	30	C25/30	6Ø14	S400

1	2	3	4	5	6	7	8
45	90	150	400	45	C16/20	4Ø16	S500
46	180	300	500	35	C16/20	4Ø20	S500
47	70	1000	160	40	C16/20	2Ø25	S400
48	60	350	550	25	C25/30	2Ø16	S500
49	30	320	700	30	C20/25	2Ø16	S500
50	20	300	600	40	C20/25	3Ø18	S500
51	56	1000	170	40	C20/25	3Ø16	S500
52	110	200	450	25	C25/30	2Ø25	S500
53	120	180	500	30	C16/20	5Ø18	S400
54	55	1100	130	45	C20/25	4Ø18	S500
55	220	250	500	45	C25/30	4Ø20	S500
56	90	170	400	25	C16/20	4Ø20	S500
57	120	170	450	30	C20/25	4Ø20	S500
58	60	1250	200	25	C25/30	2Ø25	S400
59	60	1550	180	30	C16/20	2Ø16	S500
60	260	250	550	45	C20/25	2Ø16	S400
61	90	200	450	35	C25/30	3Ø18	S500
62	10	210	450	40	C16/20	3Ø18	S500
63	90	190	460	35	C20/25	3Ø16	S400
64	125	150	400	40	C16/20	2Ø25	S500
65	45	1000	150	25	C25/30	5Ø18	S500
66	130	180	500	30	C16/20	4Ø18	S400
67	190	300	500	45	C20/25	4Ø20	S500
68	100	150	400	45	C16/20	4Ø20	S500
69	200	300	500	35	C20/25	4Ø20	S400
70	80	1000	160	40	C25/30	2Ø25	S500
71	50	350	500	25	C16/20	2Ø16	S400
72	40	320	700	30	C20/25	2Ø16	S500
73	20	320	600	40	C25/30	3Ø18	S500
74	250	1050	140	40	C16/20	4Ø32	S400
75	30	260	650	35	C20/25	4Ø25	S500

Таблица 2. – Данные для выполнения задачи № 2

№ варианта	Размеры сечения балки, мм		Класс Бетона	Класс арматуры	с, с ₁ , мм	Изгибаю- щий момент, кНм
	h	b				
1	2	3	4	5	6	625
1	450	250	C12/15	S500	25	510
2	500	250	C8/10	S400	25	475
3	500	200	C16/20	S500	30	830
4	800	400	C16/20	S400	35	710
5	800	400	C20/25	S500	25	600
6	500	250	C25/30	S400	25	615
7	550	250	C30/37	S400	30	430
8	600	250	C20/25	S240	35	475
9	550	250	C12/15	S500	25	640
10	550	400	C20/25	S240	25	620
11	800	300	C25/30	S400	30	700
12	600	250	C30/37	S400	35	480
13	550	250	C35/45	S240	25	520
14	500	300	C16/20	S400	25	655
15	800	200	C12/15	S240	30	520
16	500	300	C16/20	S400	35	805
17	700	250	C20/25	S400	25	410
18	500	300	C25/30	S500	25	425
19	600	220	C30/37	S400	30	600
20	450	350	C35/45	S500	35	655
21	800	400	C25/30	S500	25	820
22	900	400	C20/25	S400	25	630
23	620	250	C30/37	S400	35	7
24	500	250	C35/45	S240	25	700

1	2	3	4	5	6	7
25	550	300	C16/20	S400	25	860
26	900	300	C20/25	S500	30	600
27	700	300	C25/30	S400	35	620
28	800	250	C20/25	S400	25	450
29	500	200	C25/30	S240	25	790
30	500	220	C20/25	S500	30	540
31	450	300	C20/25	S240	35	455
32	700	250	C25/30	S400	25	620
33	500	400	C20/25	S400	25	745
34	550	300	C25/30	S240	30	650
35	800	250	C20/25	S400	35	750
36	600	250	C20/25	S240	25	450
37	550	300	C20/25	S500	25	600
38	500	200	C25/30	S400	30	605
39	800	300	C20/25	S500	35	550
40	500	250	C20/25	S400	25	845
41	700	300	C25/30	S400	25	430
42	500	220	C25/30	S240	30	425
43	600	350	C20/25	S500	35	630
44	450	420	C20/25	S240	25	635
45	800	440	C20/25	S400	25	800
46	900	350	C25/30	S400	30	860
47	920	350	C20/25	S240	35	600
48	700	290	C25/30	S500	25	600
49	800	240	C25/30	S500	25	430
50	500	230	C20/25	S400	30	650
51	500	330	C20/25	S500	35	550
52	450	240	C20/25	S400	25	435
53	700	420	C25/30	S400	25	600
54	500	340	C20/25	S240	30	540
55	550	240	C20/25	S500	35	7
56	800	250	C20/25	S240	25	450

1	2	3	4	5	6	7
57	600	340	C25/30	S400	25	660
58	550	240	C25/30	S400	30	650
59	500	340	C20/25	S500	35	450
60	800	240	C20/25	S500	25	550
61	500	340	C25/30	S400	25	605
62	700	200	C25/30	S500	30	550
63	500	300	C20/25	S400	35	845
64	600	450	C25/30	S400	25	450
65	450	420	C20/25	S500	25	435
66	870	320	C20/25	S500	30	550
67	920	330	C25/30	S400	35	635
68	920	240	C25/30	S500	25	460
69	730	240	C20/25	S400	25	620
70	800	200	C20/25	S400	30	655
71	500	330	C20/25	S500	35	620
72	570	230	C25/30	S500	25	805
73	460	420	C25/30	S400	25	620
74	650	300	C25/30	S500	25	600
75	800	250	C25/30	S500	25	450
76	500	250	C20/25	S400	30	625

Таблица 3. – Данные для выполнения задачи № 3

Вариант	Класс бетона	Класс арматуры	Размеры сечения колонны, мм		Расчетные усилия		Длина колонны L, м	C=C ₁ , мм
			b	h	M _{Sd} , кН·м	N _{Rd} , кН		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	C16/20	S400	400	500	500	1050	6	30
2	C70/85	S500	350	500	250	800	4,5	40
3	C16/20	S400	500	600	550	1200	6	45
4	C60/70	S500	400	600	600	1400	7	40

1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	C25/30	S400	350	450	700	1600	5	30
6	C50/60	S400	300	400	800	1800	5,5	55
7	C30/37	S500	300	300	900	2000	4	40
8	C45/55	S500	300	450	950	2200	4,5	45
9	C35/45	S500	400	500	1000	2400	6	40
10	C40/50	S400	350	500	1100	2300	7,5	45
11	C35/45	S400	400	500	1000	2500	7,7	30
12	C30/37	S500	300	500	550	1300	7	50
13	C45/55	S400	350	550	650	1200	5	45
14	C20/25	S500	400	450	450	1100	6	45
15	C50/60	S400	300	500	650	1350	5,5	45
16	C16/20	S400	350	500	800	1600	5,8	45
17	C60/70	S500	400	450	700	1450	7	30
18	C16/20	S400	450	500	750	1500	5	30
19	C70/85	S500	400	500	800	1600	6	30
20	C8/10	S500	350	500	900	1700	5,5	45
21	C35/45	S400	500	500	1000	1800	5,8	40
22	C30/37	S400	400	500	700	1400	6	40
23	C45/55	S500	350	450	750	1600	7	40
24	C20/25	S400	300	450	800	1800	5	30
25	C50/60	S500	300	350	900	2000	5,5	35
26	C16/20	S500	400	500	650	1200	4	40
27	C60/70	S500	350	450	450	1400	4,5	45
28	C25/30	S500	500	600	650	1600	6	40
29	C50/60	S400	400	500	800	1800	7,5	45
30	C30/37	S400	350	500	700	2000	5	30
31	C45/55	S500	300	400	750	2200	6	50
32	C35/45	S400	300	400	800	1200	5,5	45
33	C40/50	S500	300	450	900	1400	5,8	45
34	C35/45	S400	400	500	1000	1600	7	45
35	C30/37	S400	350	500	650	1800	5	45
36	C45/55	S500	400	450	450	2000	6	30

1	2	3	4	5	6	7	8	9
37	C20/25	S400	300	500	650	2200	5,5	30
38	C50/60	S500	350	450	800	1200	5,8	30
39	C16/20	S500	400	400	700	1400	6	45
40	C60/70	S400	300	400	750	1600	7	40
41	C16/20	S400	350	400	800	1600	5	40
42	C70/85	S500	400	500	900	1450	5	40
43	C8/10	S400	450	600	1000	1500	6	30
44	C35/45	S500	400	500	650	1600	5,5	35
45	C30/37	S500	350	500	450	1700	5,8	40
46	C45/55	S500	500	600	650	1800	7	45
47	C20/25	S500	400	500	800	1400	5	40
48	C50/60	S400	350	500	700	1600	6	45
49	C16/20	S400	300	400	750	1800	5	30
50	C60/70	S500	300	400	800	1600	6	50
51	C25/30	S400	400	500	900	1450	5,5	45
52	C50/60	S500	350	550	1000	1500	5,8	45
53	C30/37	S400	500	600	650	800	7	45
54	C45/55	S400	400	500	450	950	5	45
55	C35/45	S500	350	550	650	900	6	30
56	C40/50	S400	300	400	800	800	5,5	30
57	C35/45	S500	300	400	700	700	5,8	30
58	C30/37	S500	300	400	750	850	6	45
59	C45/55	S400	400	500	550	700	7	40
60	C20/25	S400	350	500	600	800	5	40
61	C50/60	S500	400	500	700	900	5	45
62	C16/20	S400	300	400	800	950	5	40
63	C60/70	S500	350	550	550	900	6	45
64	C16/20	S500	400	500	600	800	5,5	30
65	C70/85	S500	300	400	700	650	5,8	50
66	C8/10	S500	350	550	800	800	7	45
67	C35/45	S400	400	500	550	900	5	45
68	C30/37	S400	450	600	550	800	6	45

1	2	3	4	5	6	7	8	9
69	C45/55	S500	400	600	600	700	5,5	45
70	C20/25	S400	350	500	700	800	5,8	30
71	C50/60	S500	500	600	800	700	6	30
72	C16/20	S400	350	400	800	950	5	40
73	C60/70	S500	350	600	550	900	6,2	45
74	C20/25	S500	450	500	650	800	5,6	35
75	C70/85	S500	350	400	700	650	5,6	50

Таблица 4. – Данные для выполнения задачи № 4

№ п/п	Длина здания, м	Ширина здания, м	Высота этажа, м	Нормативная полезная нагрузка на перекрытие, кПа
1	2	3	4	5
1	61	24,8	4,3	12
2	31	24,0	4,2	12
3	41	18,6	4,0	6
4	32	18,0	3,9	10
5	36	24,4	3,6	15
6	42	12,4	3,6	8
7	44	30,6	4,0	5
8	62	30,1	5,0	5
9	61	30,2	4,5	6
10	62	18,4	4,6	7
11	78	36,0	3,3	8
12	55	36,2	3,6	5
13	79	36,4	4,5	8
14	62	36,8	4,0	9
15	60	24,8	3,6	9
16	31	18,8	3,8	10
17	25	12,0	3,0	10

1	2	3	4	5
18	37	18,6	3,6	14
19	43	24,4	4,0	14
20	43	30,4	4,2	5
21	61	30,3	4,5	6
22	62	36,2	4,8	9
23	37	12,2	5,0	10
24	49	24,2	5,0	15
25	50	30,4	4,0	15
26	79	42,4	4,5	8
27	80	42,2	4,0	7
28	33	12,4	4,2	12
29	42	24,2	4,2	14
30	61	24,0	4,3	5
31	31	14,0	4,2	12
32	41	18,6	4,0	9
33	32	18,0	3,9	10
34	36	24,4	3,6	15
35	42	15,6	3,6	7
36	52,4	30,6	4,0	5
37	62,6	30,1	5,0	8
38	61,8	30,2	4,5	9
39	62	28,4	4,6	8
40	78	26,8	3,3	16
41	55,6	36,2	3,6	15
42	79	36,8	4,5	7
43	62,4	36,8	4,0	9
44	60,8	24,8	3,6	9
45	31,8	18,8	3,8	10
46	25,4	12,0	3,0	10
47	37	18,4	3,6	14
48	46,6	24,4	6,0	14
49	43,6	30,2	4,2	15

1	2	3	4	5
50	64	30,6	4,5	16
51	62,6	36,4	4,8	19
52	38,6	18,2	5,0	10
53	48,8	24,2	6,0	15
54	56,6	30,6	4,0	15
55	76,8	42,4	4,5	8
56	82,6	42,0	4,0	6
57	33,8	12,8	4,2	12
58	42,6	24,2	4,2	14
59	61,8	24,8	4,3	6
60	32,4	24,0	4,2	12
61	41,4	18,6	6,0	7
62	32,6	18,0	3,9	10
63	36,2	24,4	3,6	15
64	25	12,8	3,0	10
65	37	18,8	3,6	14
66	43,6	24,8	4,0	4
67	43,8	30,4	4,2	5
68	61,8	30,8	4,5	7
69	62	36,6	4,8	9
70	37	12,2	5,2	10
71	49	24,2	5,0	7
72	50	30,4	4,0	9
73	79	42,4	4,5	8
74	80	42,2	4,8	10
75	33,6	12,4	4,2	12

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

Вариант теоретического задания принимается согласно нумерации студентов в учебном журнале либо согласно нумерации, указанной преподавателем.

Перечень вопросов для теоретического задания:

1. Расчетные предельные состояния кладки.
2. Основные классы и марки бетонов, рекомендации по их выбору. Признаки классификации арматуры железобетонных конструкций.
3. Диаграмма работы мягких и твердых сталей. Свойства арматурных сталей.
4. Расчет прочности центрально-сжатых элементов. Работа кладки на внецентренное сжатие и ее расчет.
5. Как влияет длительность действия нагрузки на несущую способность сжатых элементов? Расчет прочности кладки на местное сжатие.
6. Расчет кладки на изгиб. Расчет кладки на растяжение и срез.
7. Расчет элементов по образованию и раскрытию трещин.
8. Особенности расчета железобетонных конструкций. Стадии напряженно-деформированного состояния изгибаемых элементов. Какие из этих стадий используются при расчете прочности, трещиностойкости, прогибов?
9. Основные предпосылки методов расчета по допускаемым напряжениям и разрушающим нагрузкам. Недостатки этих методов?
10. Классификация нагрузок и их расчетные сочетания. Особенности назначения нормативного сопротивления арматуры. Расчетные сопротивления арматуры, коэффициенты надежности и условий работы. Характеристика условий, включающих наступление предельных состояний первой и второй групп.

11. Балка и плита. Требования, предъявляемые к их конструированию. Способы армирования плит и балок. Назначение продольной и поперечной арматуры.
12. Предпосылки, принимаемые для упрощения расчетов нормальных сечений с одиночной арматурой. Коэффициент и процент армирования и их рациональное значение для плит и балок. Случаи применения одиночного и двойного армирования.
13. Случаи применения сечения тавровой формы. Как учитывается в работе ширина свесов полки таврового сечения?
14. Характеристика основных схем возможных разрушений изгибаемых элементов по наклонным сечениям. Особенности проектирования отогнутых стержней в балках, определение площади поперечного сечения.
15. Внецентренно сжатые элементы, область их применения и типы сечений. Случайный эксцентриситет и особенности его назначения при расчете сжатых элементов.
16. Классификация сжатых элементов по типу армирования. Особенности армирования сжатых элементов. Случаи разрушения внецентренно сжатых элементов, их характеристика. Сущность косвенного армирования и целесообразность его применения.
17. Случаи расчета внецентренно растянутых элементов, их принципиальное различие.
18. Конструкции, рассчитываемые на продавливание. Характер разрушения при продавливании. Факторы, влияющие на прочность элемента при продавливании. Характеристика особенностей расчета железобетонных элементов на отрыв.
19. Особенности расчета по образованию и раскрытию трещин. Трещиностойкость железобетонных конструкций. Категории трещиностойкости. Основные предпосылки, принимаемые в расчете по образованию трещин?

20. Фундаменты. Классификация фундаментов, применяемых в строительстве. Конструкция сборных и монолитных отдельно стоящих центрально нагруженных фундаментов.
21. Сущность и особенности расчета фундамента. Особенности расчета внецентренно нагруженных фундаментов. Ленточные фундаменты под стены и ряды колонн. Сплошные фундаменты (плиты).
22. Классификация плоских железобетонных перекрытий по конструктивной схеме и способу возведения. Компоновка конструктивной схемы монолитного балочного перекрытия.
23. Сущность железобетона и причины появления предварительно напряженных конструкций. Совместная работа арматуры и бетона. Основные преимущества и недостатки железобетона. Области применения железобетона.
24. Конструирование, армирование и расчет монолитных балочных плит. Конструирование и расчет второстепенных балок монолитного перекрытия.
25. Существующие способы изготовления и возведения железобетонных конструкций. Основные направления развития железобетона на ближайшие годы.
26. Структура бетона и классификация его основных признаков. Факторы, влияющие на прочность бетона. Защитный слой.
27. Конструирование и расчет главных балок монолитного перекрытия. Схемы армирования второстепенных балок. Особенности конструирования ребристых плит опертых по контуру.
28. Сущность расчета по образованию трещин. Особенности расчета по образованию трещин для центрально-растянутых и изгибаемых элементов. Предпосылки, влияющие на расчет по раскрытию трещин. Факторы, обуславливающие ширину раскрытия трещин.

29. Особенности расчета по закрытию трещин. Требования, предъявляемые для закрытия нормальных и наклонных трещин.
30. Сущность расчета по перемещениям. Факторы, влияющие на прогиб железобетонных изгибаемых элементов. Особенности определения кривизны изгибаемых и внецентренно сжатых элементов без трещин в растянутой зоне. Особенности определения полного прогиба и кривизны элементов при отсутствии трещин в растянутой зоне.
31. Факторы, влияющие на кривизну элемента с трещинами в растянутой зоне. Слагаемые полной кривизны железобетонного элемента с трещинами в растянутой зоне.
32. Компоненты необходимые при разработке проектов на строительство. Примерная структура стоимости элемента сборных конструкций. Сущность унификации и типизации сооружений и элементов. Категории размеров типовых конструкций, приведите примеры.
33. Деформационные швы, их отличия от температурно-усадочных и осадочных швов. Основные группы усиления железобетонных конструкций. Примеры усиления разных групп.
34. Особенности расчета и конструирования балок ребристых монолитных перекрытий с плитами, опертыми по контуру. Достоинства и область применения безбалочных перекрытий.
35. Конструкция и расчет монолитных безбалочных перекрытий. Сборные безбалочные перекрытия, их конструкция и расчет.
36. Компоновка конструктивной схемы сборного балочного перекрытия. Типы сборных железобетонных панелей. Конструирование и расчет плит.
37. Особенности конструирования и расчета ригелей сборных балочных перекрытий. Типы стыкования ригеля с колонной, их достоинства и недостатки.
38. Классы арматурных сталей и области их применения. Основные виды арматурных изделий. Стыки и анкеры арматуры.

39. Сборные колонны и их стыки.
40. Классификация сборно-монолитных балочных конструкций. Особенности расчета.
41. В каких конструкциях и элементах применяют каменную кладку? Характеристики, связывающие напряжения и деформации бетона.
42. Усадка и набухание бетона, факторы влияния на свойства и способы уменьшения. Достоинства и недостатки каменных конструкций.
43. Типы искусственных и природных камней, предъявляемые к ним требования. Виды растворов, их марки.
44. Факторы, влияющие на прочность кладки. Характеристики прочностных свойств кладки. Характеристики деформационных свойств кладки, модуль деформаций.
45. Особенности назначения нормативного сопротивления арматуры. Расчетные сопротивления арматуры, коэффициенты надежности и условий работы.
46. Основные положения расчета по методу предельных состояний. Группы предельных состояний.
47. Способы армирования каменной кладки. Конструирование и расчет элементов с сетчатым армированием.
48. Расчет элементов с продольным армированием. Особенности работы элементов с комплексным армированием.
49. Конструирование и расчет элементов, усиленных обоймами. Деформационные швы, их отличительные особенности от температурно-усадочных и осадочных швов.
50. Основные группы усиления железобетонных конструкций. Примеры усиления разных групп.
51. Фундамент. Классификация фундаментов, применяемых в строительстве.
52. Конструкция сборных и монолитных отдельно стоящих центрально нагруженных фундаментов. Сущность и особенности расчета фундамента.

53. Особенности расчета внецентренно нагруженных фундаментов. Ленточные фундаменты под стены и ряды колонн. Сплошные фундаменты (плиты).
54. Компоненты, необходимые для разработки проектов на строительство. Примерная структура стоимости элемента сборных конструкций. Унификация и типизация сооружений и элементов. Категории размеров типовых конструкций, приведите примеры.
55. Сборные безбалочные перекрытия, их конструкция и расчет.
56. Конструкция сборных и монолитных отдельно стоящих центрально нагруженных фундаментов.
57. Случаи разрушения внецентренно сжатых элементов, их характеристика. Сущность косвенного армирования и целесообразность его применения.
58. Стадии напряженно-деформированного состояния изгибаемых элементов.
59. Основные группы усиления железобетонных конструкций. Примеры усиления разных групп.
60. Особенности расчета по образованию трещин для центрально растянутых и изгибаемых элементов.
61. Унификация и типизация сооружений и элементов. Категории размеров типовых конструкций.
62. Типы сборных железобетонных панелей. Конструирование и расчет плит.
63. Особенности расчета по закрытию трещин. Требования, предъявляемые для закрытия нормальных и наклонных трещин.
64. Сущность расчета по перемещениям. Факторы, влияющие на прогиб железобетонных изгибаемых элементов.
65. Расчет элементов с продольным армированием. Особенности работы элементов с комплексным армированием.

66. Характеристики прочностных свойств кладки. Характеристики деформационных свойств кладки, модуль деформаций.
67. Типы стыкования ригеля с колонной, их достоинства и недостатки.
68. Деформационные швы, их отличия от температурно-усадочных и осадочных швов. Основные группы усиления железобетонных конструкций.
69. Предпосылки, влияющие на расчет по раскрытию трещин. Факторы, обуславливающие ширину раскрытия трещин.
70. Особенности расчета и конструирования балок ребристых монолитных перекрытий с плитами, опертые по контуру.
71. Конструирование, армирование и расчет монолитных балочных плит. Конструирование и расчет второстепенных балок монолитного перекрытия.

МГТУ им. И.П.Шамякина

УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ

ЗАДАНИЕ № 1

Цель: *Научиться определять, используя метод предельных усилий и упрощенный деформационный метод, расчетную прочность нормальных сечений простой геометрической формы с одиночным армированием при действии изгибающих моментов.*

На практических занятиях по данной теме рассматриваются задачи проверки прочности при известных значениях изгибающего момента, геометрических параметрах сечений и расчетных характеристиках бетона и арматуры. Решение задач данного типа основано на методе предельных усилий и упрощенном деформационном методе. Необходимая при самостоятельном решении задач справочная информация к определению расчетных характеристик бетона и арматуры, сортамент арматурных сталей и вспомогательные параметры расчетных условий приведены в приложениях.

Расчет ведется по следующему алгоритму:

1. Определение рабочей высоты сечения.
2. Определение расчетной высоты сжатой зоны.
3. Определение расчетной относительной высоты сжатой зоны.
4. Определение граничной относительной высоты сжатой зоны.
5. Сравнение значения относительной высоты сжатой зоны с граничной величиной.
6. Определение прочности сечения.

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ №1 (метод предельных усилий)

ДАННЫЕ: $C 20/25$, $S 400$, $V_{rd}=197$ кНм, $\gamma=0,95$.

РЕШЕНИЕ:

- 1) Задаемся шириной сечения балки $b=0,20$ м.

2) Определяем расчетные сопротивления бетона и арматуры по СНБ 5.03.01–02.

$$f_{ck} = 20 \text{ МПа}$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{20}{1,5} = 13,3 \text{ МПа}$$

(приложение 1)

где $\gamma_c = 1,5$ – коэффициент безопасности по бетону для железобетонных конструкций;

f_{yk} – нормативное сопротивление арматуры (приложение 4);

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \text{ – расчетное сопротивление арматуры;}$$

γ_s – частный коэффициент безопасности по арматуре:

$$\gamma_s = 1,1 \text{ – для стержневой арматуры,}$$

$$\gamma_s = 1,2 \text{ – для проволочной арматуры;}$$

$$f_{yd} = 332 \text{ МПа.}$$

3) Определяем коэффициент $\alpha_m = \xi \cdot \left(1 - \frac{\xi}{2}\right)$.

$$\alpha_m = \xi \cdot \left(1 - \frac{\xi}{2}\right) = 0,289 \text{ или (приложение 5).}$$

4) Определяем рабочую (полезную) высоту сечения балки:

$$d = \sqrt{\frac{M_{sd}}{\alpha_m \cdot f_{cd} \cdot b}} = \sqrt{\frac{197 \cdot 10^3}{0,289 \cdot 13,3 \cdot 10^6 \cdot 0,2}} = 0,506 \text{ м.}$$

Назначаем толщину защитного слоя бетона $c = 30 \text{ мм}$.

$$\text{Определяем высоту сечения балки: } h = d + c = 0,506 + 0,03 = 0,509 \text{ м.}$$

Принимаем $h = 0,5 \text{ м}$.

$$\text{Уточняем высоту рабочей зоны: } d = h - c = 0,5 - 0,03 = 0,47 \text{ м}$$

5) Определяем коэффициент

$$\alpha_m = \frac{M_{sd}}{f_{cd} \gamma_{b2} b' h_0^2} = \frac{197 \cdot 10^3}{13,3 \cdot 10^6 \cdot 0,95 \cdot 0,2 \cdot 0,47^2} = 0,352,$$

Определяем граничную относительную высоту сжатой части сечения:

$$\xi_{lim} = \frac{\omega}{1 + \frac{G_{s,lim}}{G_{sc,u}} \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)}, \text{ где}$$

ω – коэффициент, характеризующий условную высоту сжатой зоны сечения:

$$\omega = 0,85 - 0,008 f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 13,3 = 0,74.$$

$$\xi_{lim} = \frac{0,74}{1 + \frac{365}{500} \left(1 - \frac{0,74}{1,1}\right)} = 0,597$$

и уточняем относительную высоту сжатой зоны бетона:

$$\alpha_{m,lim} = \xi_{lim} \cdot \left(1 - \frac{\xi_{lim}}{2}\right) = 0,597 \cdot \left(1 - \frac{0,597}{2}\right) = 0,419.$$

6) Находим площадь поперечного сечения арматуры:

$$A_s = \frac{M_{sd}}{f_{yd} \cdot \eta \cdot d} = \frac{197 \cdot 10^3}{332 \cdot 0,825 \cdot 0,47} = 0,00153 \text{ м}^2.$$

Принимаем 5 стержня $\varnothing 20$ с площадью поперечного сечения $A_{s1} = 15,7 \text{ см}^2$.

7) Определяем положение нейтральной оси:

$$x = \frac{f_{yd} A_{s1}}{f_{cd} b} = \frac{365 \cdot 10^6 \cdot 15,7 \cdot 10^{-4}}{13,3 \cdot 10^6 \cdot 0,2} = 0,215 \text{ м}$$

Изгибающий момент, воспринимаемый балкой:

$$M_{rd} = f_{cd} \cdot b \cdot x \cdot \left(-0.5 \cdot x \right) = 13.3 \cdot 10^6 \cdot 0.2 \cdot 0.215 \cdot \left(-0.47 - 0.5 \cdot 0.215 \right) = 207.3 \text{ кН} \cdot \text{м} > 197 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Несущая способность балки обеспечена.

Проверяем процент армирования:

$$\rho_l = \frac{A_s}{b_w \cdot d} = \frac{0,00157}{0,20 \cdot 0,47} = 0,0167 > \rho_{\min} = 0,15\%.$$

ЗАДАНИЕ № 2

Цель: научиться подбирать арматуру изгибаемых элементов с двойным армированием и рассчитывать несущую способность элемента.

Сжатую арматуру в изгибаемых элементах устанавливают по расчету в том случае, когда прочность бетона сжатой зоны оказывается недостаточной ($x > \xi_r \cdot h_0$) для восприятия изгибающего момента от внешней нагрузки. При этом увеличение рабочей высоты сечения d оказывается нецелесообразным по архитектурным соображениям, а повышение класса бетона – по экономическим и технологическим соображениям. Сжатую арматуру устанавливают также при воздействии на элемент изгибающих моментов двух знаков для уменьшения ползучести бетона сжатой зоны или уменьшения эксцентриситета усилия обжатия в предварительно напряженных элементах.

Соотношение A_{s1} и A_{s2} в нормальном сечении элемента может быть различным. Устанавливают его в каждом конкретном случае на основании технико-экономического обоснования. Предельный процент армирования сжатой зоны не устанавливают. Наиболее экономичными оказываются элементы с минимально возможным содержанием сжатой арматуры. Этого достигают использованием в расчете граничного коэффициента α_{\lim} , характеризующего максимально возможную несущую способность бетона сжатой зоны сечения.

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ №2

ДАННЫЕ: $h = 0,6$ м, $b = 0,3$ м, С 20/25, S400, $c = c' = 4$ см, $V_{rd} = 700$ кН·м.

Определить площадь сечения продольной арматуры и проверить несущую способность сечения.

РЕШЕНИЕ:

1. Определяем расчетные характеристики материалов (приложения 1 и 4): расчетное сопротивление бетона класса С 20/25 $f_{cd} = 13,3$ МПа, расчетное сопротивление арматуры класса S400 $f_{yd} = 365$ Мпа и рабочую высоту сечения балки $d = h - c = 0,6 - 0,04 = 0,56$ м.

2. Определяем коэффициент α_m :

$$\alpha_m = \frac{M}{\alpha f_{cd} b d^2} = \frac{700 \cdot 10^3}{0,85 \cdot 13,3 \cdot 10^6 \cdot 0,3 \cdot 0,56^2} = 0,658 > \text{границного } \alpha_{lim} = 0,368$$

(приложение 5),

$\xi = 0,61$. Необходима сжатая арматура.

Принимаем $x_{eff} = \xi_{lim} d = 0,61 \cdot 0,56 = 0,34$ м.

3. Определяем площадь сечения сжатой арматуры:

$$\begin{aligned} A_{sc} &= \frac{M_{sd} - \alpha f_{cd} b x_{eff} (d - 0,5 x_{eff})}{f_{yd} (d - c)} = \\ &= \frac{700 \cdot 10^3 - 0,85 \cdot 13,3 \cdot 10^6 \cdot 0,3 \cdot 0,34 (0,56 - 0,5 \cdot 0,34)}{365 \cdot 10^6 (0,56 - 0,04)} = \\ &= 0,0012 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 = 12 \text{ см}^2. \end{aligned}$$

Принимаем $4\varnothing 20$ S400 с $A_s = 12,56 \text{ см}^2$.

4. Определяем площадь сечения растянутой арматуры:

$$\begin{aligned} A_{s1} &= \frac{\alpha f_{cd} b x_{eff} + f_{yd} A_{sc}}{f_{yd}} = \frac{0,85 \cdot 13,3 \cdot 10^6 \cdot 0,3 \cdot 0,34 + 365 \cdot 10^6 \cdot 12,56 \cdot 10^{-4}}{365 \cdot 10^6} = \\ &= 44,1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 = 44,1 \text{ см}^2. \end{aligned}$$

Принимаем $6\varnothing 32$ с $A_s = 48,28 \text{ см}^2$.

5. Определяем положение нейтральной оси:

$$x_{\text{eff}} = \frac{f_{yd}A_{s1} - f_{yd}A_{sc}}{\alpha f_{cd}b} = \frac{365 \cdot 10^6 \cdot 48,3 \cdot 10^{-4} - 365 \cdot 10^6 \cdot 12,56 \cdot 10^{-4}}{0,85 \cdot 13,3 \cdot 10^6 \cdot 0,3} = 0,38 \text{ м.}$$

6. Несущая способность балки

$$\begin{aligned} M_{Rd} &= \alpha f_{cd} b x_{\text{eff}} (d - 0,5 x_{\text{eff}}) + A_{sc} f_{yd} (d - c) = \\ &= 0,85 \cdot 13,3 \cdot 10^6 \cdot 0,3 \cdot 0,38 (0,56 - 0,5 \cdot 0,38) + 12,56 \cdot 10^4 \cdot 365 \cdot 10^6 (0,56 - \\ &0,04) = \\ &= 714 \text{ кН}\cdot\text{м} > 700 \text{ кН}\cdot\text{м} - \text{несущая способность обеспечена.} \end{aligned}$$

ЗАДАНИЕ № 3

Цель занятия: *Научиться определять прочность, а также подбирать площадь поперечного сечения продольной арматуры внецентренно сжатых железобетонных элементов с учетом влияния продольного изгиба.*

Практические занятия по данной теме посвящены решению задач расчетов внецентренно сжатых конструкций с использованием приближенных методов, которые рассматривают сжатые элементы стержневых систем как «условно изолированные» в составе той или иной системы. В рамках темы занятия рассматривается метод «устойчивой прочности», в котором полный расчетный эксцентриситет продольной силы с учетом продольного изгиба определяется с применением коэффициента увеличения изгибающего момента, зависящего от условий критической силы.

Расположение продольной арматуры может быть симметричным относительно центра тяжести сечения и несимметричным. Первый вариант

армирования применяют в элементах с малыми эксцентриситетами приложения продольной силы и при действии близких по значению моментов разных знаков. Симметричное армирование проще в изготовлении, но менее экономично в случае больших эксцентриситетов.

Площадь сечения арматуры при несимметричном армировании ввиду несимметричности расположения необходимо определять как для сжатой арматуры, так и для растянутой. Площадь сечения симметричной арматуры достаточно определить при одном положении.

Площадь сечения арматуры при несимметричном армировании в сжатой зоне элемента определяется по следующей формуле:

$$A_s = \frac{N_{sd} \cdot e \cdot \alpha_{lim} \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d^2}{f_{yd} \cdot (d - c)}$$

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ № 3

ДАННЫЕ: Колонна многоэтажного рамного каркаса с размерами сечения $b=400$ мм, $h=600$ мм, $c=c_1=50$ мм. Бетон тяжелый класса C35/45 ($f_{ck} = 35$ МПа), S500 ($f_{yk} = 500$ МПа, $f_{yd} = 450$ МПа).
 $f_{cd} = 23,3$ МПа

В расчетном сечении действует продольная сила $N_{sd}=2000$ кН и изгибающий момент $M_{sd}=450$ кНм, определенный с учетом случайного эксцентриситета и влияния продольного изгиба. Расчетная длина колонны 7,2 м.

НАЙТИ: площадь сечения арматуры.

РЕШЕНИЕ:

С учетом условий задачи величина полного эксцентриситета приложения силы равна:

$$e_{tot} = e = \frac{M_{sd}}{N_{sd}} = \frac{450}{2000} = 0,225 \text{ м.}$$

Величина изгибающего момента относительно центра тяжести растянутой арматуры равна:

$$M_{Sd1} = N_{Sd} \cdot e_{sl} = N_{Sd} (e_{tot} + 0,5 \cdot h - c) = 2000 (2,225 + 0,5 \cdot 0,6 - 0,05) = 950 \text{ кНм}.$$

Предполагаем, что сечение находится в области деформирования 2, и определяем (для симметрично армированного элемента) величину относительной высоты сжатой зоны:

$$\xi = \frac{N_{Sd}}{\omega_c \cdot \alpha \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d} = \frac{2000 \cdot 10^3}{0,810 \cdot 0,85 \cdot 23,3 \cdot 400 \cdot 500} = 0,567.$$

Для бетона класса C35/45 и арматуры класса S500 по данным находим: $\xi_{lim} = 0,610$ и $\alpha_{lim} = 0,368$.

Поскольку выполняется условие $\alpha_{mlim} > \alpha_{lim} = 0,368$ необходимо устанавливать арматуру в сжатой зоне бетона.

Находим величину требуемой площади сжатой арматуры:

$$A_{sc} = \frac{M_{Sd} - \alpha_{lim} \cdot \alpha \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d^2}{k_{s2} \cdot f_{yd} \cdot (d - c_1)} = \frac{950 \cdot 10^6 - 0,368 \cdot 0,85 \cdot 23,3 \cdot 400 \cdot 550^2}{1,0 \cdot 450 \cdot (550 - 50)} = 303 \text{ мм}^2.$$

$$\text{Поскольку гибкость колонны } \lambda = \frac{l_0}{l} = \frac{l_0}{0,289h} = \frac{7200}{0,289 \cdot 600} = 41,5.$$

Минимальный процент армирования, установленный нормами, равен 0,20%. Тогда величины площадей как сжатой, так и растянутой арматуры должны быть не менее

$$A_{smin} = \mu_{min} \cdot b \cdot d = 0,20 \cdot 400 \cdot 550 / 100 = 440 \text{ мм}^2.$$

Окончательно принимаем для сжатой и растянутой арматуры 2ø18 S500 ($A_{sc} = A_{st} = 508 \text{ мм}^2$).

ЗАДАЧА № 4

Для многоэтажных производственных зданий принимаются унифицированные расстояния между колоннами, кратные модулю 3000 мм и равные 6, 9 и 12 м и унифицированные высоты этажей, кратные модулю 600 мм и равные 3,6; 4,2; 4,8; 6,0 и 7,2 м.

По методическим соображениям для контрольной работы размеры здания в плане и высоты этажей задаются, как правило, неунифицированными. Несмотря на это, все габаритные размеры должны подчиняться единой модульной системе на базе модуля 100 мм.

Задание предусматривает разработку нескольких вариантов конструктивных схем перекрытий и сравнение их технико-экономических показателей.

Железобетонные ребристые перекрытия могут быть с балочными плитами и плитами, опертыми по контуру. Балочные плиты имеют отношение длинной стороны к короткой $l_1/l_2 \geq 3$, а плиты, опертые по контуру – $l_1/l_2 < 3$.

В многопролетных зданиях ребристые перекрытия с балочными плитами представляют собой конструкцию, состоящую из главных и второстепенных балок, расположенных по взаимно перпендикулярным направлениям, и плиты, монолитно связанной с балками в одно целое. Второстепенные балки служат опорами плиты, главные балки – опорами второстепенных балок и плиты, а стены и колонны – опорами главных балок. На стену также опираются второстепенные балки и плита (рисунок 2 и 3).

Расположение главных балок по продольному или поперечному направлениям здания принимаются в зависимости от архитектурных, конструктивных и технологических требований. В контрольной работе можно ограничиться выбором конструктивной схемы перекрытия на

основе сравнения нескольких вариантов перекрытия по расходу бетона, а по соответствующей литературе изучить другие требования, на базе которых и обосновать выбранную схему перекрытия.

Указанные в задании размеры здания в плане следует рассматривать как размеры между крайними осями с нулевой привязкой.

Крайние разбивочные оси в производственных зданиях располагаются по внутренним граням стен («нулевая привязка») либо со смещением внутрь стены на расстояние, равное 200 мм.

При равномерно распределенной нагрузке и отсутствии отверстий в перекрытии рекомендуется назначать равнопролетные плиты и балки.

Добавление нескольких второстепенных балок меньше сказывается на общем расходе бетона на перекрытие, чем увеличение толщины плиты. Исходя из этих соображений, пролет плиты выбирают, как правило, в пределах 1,7–2,7 м.

Толщина монолитной плиты должна быть оптимальной, при которой расход бетона и арматуры будет наименьшим. Предварительную толщину плиты, в зависимости от ее пролета и нагрузки, можно принимать по приложению 6. Кроме того, по конструктивным требованиям, толщину плиты необходимо назначать не менее 70 мм (для защиты арматуры от коррозии, воздействия огня и т.д.).

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ № 4

ДАННЫЕ: *Разработать конструктивную схему перекрытия при следующих исходных данных: размеры здания в плане 24,6×31 м; высота этажа – 4,5 м; наружные стены – кирпичные несущие; нормативная полезная нагрузка на перекрытие $q_n=10$ кПа.*

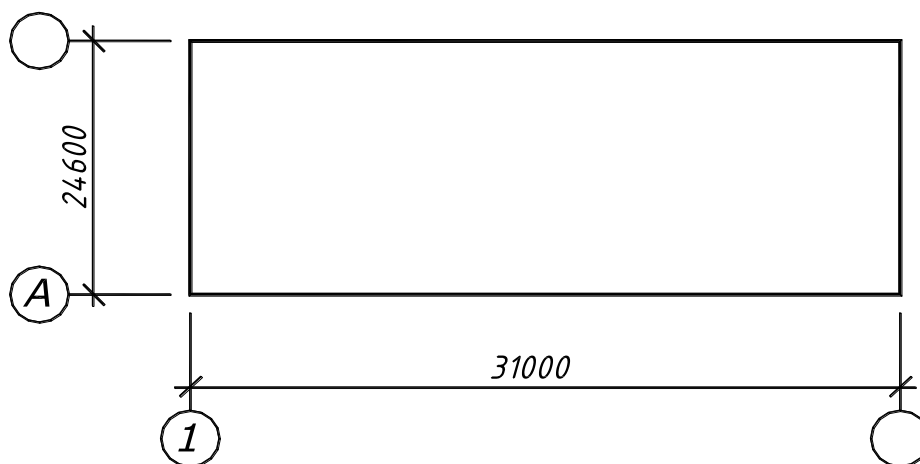


Рисунок 1. – Размеры здания в плане

Вариант 1

На основании требований и рекомендаций принимаем:

- четыре пролета главных балок с размерами: 6,0 м; 6,3 м; 6,3 м; 6,0 м;
- шесть пролетов второстепенных балок с размерами 5,1 м и 5,2 м.

Исходя из этого ширины плит равны 1,8 м и 2,1 м, что удовлетворяет требованиям таблицы 1.2.

$$L_{ВБ} = (5 \dots 7 \text{ м}) = 5,1; 5,2 \text{ м}; \quad \Delta L_{ВБ} = 2\% < 10\%;$$

$$L_{ГБ} = (6 \dots 9 \text{ м}) = 6,0; 6,3 \text{ м}; \quad \Delta L_{ГБ} = 5\% < 10\%;$$

$$l_1 = (1,6 \dots 3,4 \text{ м}) = 1,8 \text{ м}; \quad l_2 = (1,6 \dots 2,4 \text{ м}) = 2,1 \text{ м}.$$

$$\frac{L_{ВБ}}{l_1} = \frac{5200}{2100} = 2,48 < 3 \text{ – плита оперта по контуру.}$$

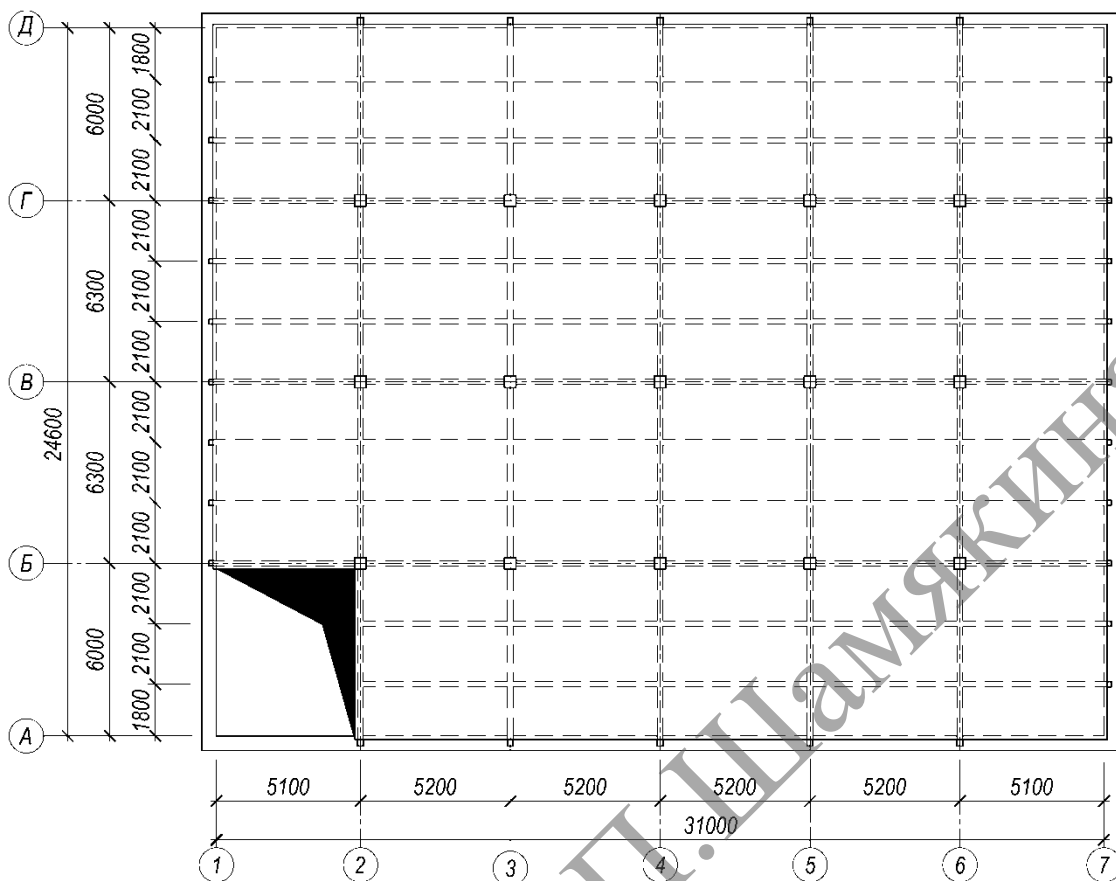


Рисунок 2. – Конструктивная схема перекрытия – вариант 1

Принимаем следующие размеры несущих конструкций:

- толщина плиты при нормативной нагрузке 10 кПа – $h_{пл} = 80$ мм;
- высота главной балки $h_{ГБ} = 0,6$ м;
- ширина главной балки $b_{ГБ} = 0,3$ м;
- высота второстепенной балки $h_{ВБ} = 0,35$ м;
- ширина второстепенной балки $b_{ВБ} = 0,18$ м;
- поперечное сечение колонны 400×400 мм.

Вариант 2

На основании требований и рекомендаций принимаем:

- четыре пролета главных балок с размерами: 6,0 м; 6,3 м; 6,3 м; 6,0 м;
- пять пролетов второстепенных балок с размерами 6,2 м.

При заданной полезной нагрузке $q_n=10$ кПа и пролете плиты $l_{пл}=2100$ мм толщину плиты принимаем 80 мм (приложение 6). Размеры поперечных сечений балок ориентировочно назначаем исходя из величины их пролетов.

После определения размеров элементов определяем расход бетона на перекрытие (таблица 5).

Таблица 5. – Сравнение вариантов

Наименование элемента	Сечение элементов	Расход бетона, м ³
Вариант 1		
Плита	$h = 80$ мм	62,08
Второстепенные балки	$h = 350$ мм, $b = 180$ мм, $n = 64$	17,60
Главные балки	$h = 600$ мм, $b = 300$ мм, $n = 20$	19,78
		Итого 99,46
Вариант 2		
Плита	$h = 80$ мм	62,08
Второстепенные балки	$h = 400$ мм, $b = 180$ мм, $n = 53$	19,22
Главные балки	$h = 600$ мм, $b = 300$ мм, $n = 16$	15,82
		Итого 97,12

$$V_{\text{ребра ГВ}} = (b_{\text{ГВ}} - h_{\text{пл}}) \cdot b_{\text{ГВ}} \cdot L \cdot n_{\text{ГВ}}; \quad V_{\text{ребра ВВ}} = (b_{\text{ВВ}} - h_{\text{пл}}) \cdot b_{\text{ВВ}} \cdot L \cdot n_{\text{ВВ}};$$

$$V_{\text{плиты}} = h_{\text{пл}} \cdot L \cdot B.$$

Хотя расход бетона оказался в 1-м и 2-м вариантах близким, для дальнейшего расчета принимаем **Вариант 2**.

МГПУ им. И.П.Шамякина

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Прочностные и деформационные характеристики тяжелых и мелкозернистых бетонов

Характеристики, единицы измерения	Класс бетона прочности на сжатие														
	C8/10	C12/15	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55	C50/60	C55/67	C60/75	C70/85	C80/95	C90/105
f_{ck} , МПа	8	12	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90
f_c^G , МПа	10	15	20	25	30	37	45	50	55	60	67	75	85	95	105
f_{cm} , МПа	16	20	24	28	33	38	43	48	53	58	63	68	78	88	98
f_{ctm} , МПа	1,2	1,6	1,9	2,2	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0

Приложение 2

Модуль упругости тяжелых и мелкозернистых бетонов

Марка бетонной смеси по удобоукладываемости и	Модуль упругости бетона E_{cm} , ГПа, для классов по прочности на сжатие														
	C8/10	C12/15	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55	C50/60	C55/67	C60/75	C70/85	C80/95	C90/105
	0	5	0	5	0	7	5	0	5	0	7	5	5	5	5
ЖЗ, Ж4 СЖ1-СЖ3	-	-	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	49	50	52
Ж1, Ж2	-	31	35	37	38	40	41	42	43	44	45	46	47	49	51
П1, П2	24	27	31	32	35	37	38	39	40	41	42	43	45	46	48
П3-П5	21	24	28	29	32	33	35	37	38	39	-	-	-	-	-
П5-Л1-П5-Л5	19	22	25	26	28	29	32	35	-	-	-	-	-	-	-

Примечания:

1. При назначении модуля упругости бетона марка бетонной смеси по удобоукладываемости принимается в соответствии с рекомендациями СНиП 3.01.09 с учетом СТБ 1035.
2. Значения модуля упругости приведены для бетонов естественного твердения. Для бетонов, подвергнутых тепловой обработке, приведенные значения следует умножать на коэффициент 0,9.
3. Приведенные значения модуля упругости действительны для бетонов, приготовленных с применением гравия и гранитного щебня с крупностью зерен до 40 мм. Для мелкозернистых бетонов приведенные значения модуля упругости следует умножать на коэффициент 0,85.
4. Для бетонов, подвергающихся попеременному замораживанию и оттаиванию, модуль упругости следует умножать на поправочный коэффициент, принимаемый равным при эксплуатации конструкции в водонасыщенном состоянии при температуре:
 - ниже минус 20 до минус 40° включ. – 0,85;
 - ниже минус 5 до минус 20° включ. – 0,90;
 - минус 5° и выше – 0,95;

При повышении марки бетона по морозостойкости по сравнению с требуемой приведенные выше коэффициенты могут быть увеличены на 0,05 соответственно каждой ступени превышения, однако не могут быть выше единицы.

Сортамент арматуры

Диаметр арматуры, мм	Расчетные площади поперечного сечения, при числе стержней								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	0,071	0,141	0,212	0,283	0,353	0,424	0,495	0,565	0,636
4	0,126	0,251	0,377	0,502	0,628	0,754	0,879	1,005	1,13
5	0,196	0,39	0,59	0,79	0,98	1,18	1,38	1,57	1,77
6	0,283	0,57	0,85	1,13	1,42	1,7	1,98	2,26	2,55
7	0,385	0,77	1,15	1,54	1,92	2,31	2,69	3,08	3,46
8	0,503	1,01	1,51	2,01	2,52	3,02	3,52	4,02	4,53
9	0,635	1,27	1,91	2,54	3,18	3,82	4,45	5,09	5,72
10	0,785	1,57	2,36	3,14	3,93	4,71	5,5	6,26	7,07
12	1,131	2,26	3,39	4,52	5,65	6,78	7,91	9,04	10,17
14	1,539	3,08	4,61	6,15	7,69	9,23	10,77	12,3	13,87
16	2,011	4,02	6,03	8,04	10,05	12,06	14,07	16,08	18,09
18	2,545	5,09	7,63	10,17	12,72	15,26	17,8	20,36	22,9
20	3,142	6,28	9,41	12,56	15,7	18,84	22	25,13	28,27

22	3,801	7,60	11,4	15,2	19	22,81	26,61	30,41	34,21
25	4,909	9,82	14,73	19,64	24,54	29,45	34,36	39,27	44,18
28	6,157	12,32	18,47	24,63	30,79	36,95	43,1	49,26	55,42
32	8,043	16,09	24,18	32,17	40,21	48,26	56,3	64,34	72,38
36	10,179	20,36	30,54	40,72	50,89	61,07	71,25	81,43	91,61
40	12,566	25,13	37,7	50,27	62,83	75,4	87,96	100,53	113,1

МГТУ ИМ. И.И.ЩОЛЯРКИНА

Характеристики арматуры

Класс арматуры	Номинальный диаметр, мм	$k = f_{tk} / f_{yk}$	Нормативное сопротивление f_{yk} , Н/мм ²	Расчетное сопротивление f_{yd} , Н/мм ²
S240	5,5–40,0	1,08	240	218
S400	6,0–40,0	1,05	400	365
S500	3,0–40,0	1,05	500	450(410)**
S800	10–32	1,1	800	665
S1200	6–32	1,1	1200	1000
S1400	3–15	1,1	1400	1165

**В скобках приведены значения для проволочной арматуры
Модуль упругости арматуры E_s в интервале температур от минус 30 до плюс 200°С следует принимать равным 200 кН/мм².

Приложение 5

Значения коэффициентов α_m и ξ .

ξ	α_m	ξ	α_m	ξ	α_m	ξ	α_m	ξ	α_m
0,01	0,010	0,15	0,139	0,29	0,248	0,43	0,337	0,57	0,408
0,02	0,020	0,16	0,147	0,30	0,255	0,44	0,343	0,58	0,412
0,03	0,030	0,17	0,155	0,31	0,262	0,45	0,349	0,59	0,416
0,04	0,039	0,18	0,164	0,32	0,269	0,46	0,354	0,60	0,420
0,05	0,048	0,19	0,172	0,33	0,275	0,47	0,359	0,61	0,424
0,06	0,058	0,20	0,180	0,34	0,282	0,48	0,365	0,62	0,428
0,07	0,067	0,212	0,188	0,35	0,289	0,49	0,370	0,63	0,432
0,08	0,077	0,22	0,196	0,36	0,295	0,50	0,375	0,64	0,435
0,09	0,085	0,23	0,203	0,37	0,301	0,51	0,380	0,65	0,439
0,10	0,095	0,24	0,211	0,38	0,309	0,52	0,385	0,66	0,442
0,11	0,104	0,25	0,219	0,39	0,314	0,53	0,390	0,67	0,446
0,12	0,113	0,26	0,226	0,40	0,320	0,54	0,394	0,68	0,449
0,13	0,121	0,27	0,236	0,41	0,326	0,55	0,399	0,69	0,452
0,14	0,130	0,28	0,241	0,42	0,332	0,56	0,403	0,70	0,455

Приложение 6

Рекомендуемые минимальные толщины балочных плит междуэтажных перекрытий, мм

p_n , кПа	L , М							
	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0
3,5								
4,0								
4,5								
5,0		70-80						
6,0							90-100	
7,0				80-90				
8,0								
9,0								100-120
10,0								
11,0								
12,0								
13,0								

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ И РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пецольд, Т.М. Методические указания к выполнению курсового проекта по курсу: «Железобетонные и каменные конструкции» для студентов специальности 1-70 02 01. – Минск, 2005.
2. Попов, Н.Н. Железобетонные и каменные конструкции: учебное пособие / Н.Н. Попов, М. Чарьев. – М.: Высшая школа, 1996. – 225 с.
3. Бетонные и железобетонные конструкции. СНБ 5.03.01-02. – Министерство архитектуры и строительства. – Минск, 2003. – 40 с.
4. Основания и фундаменты зданий и сооружений. СНБ 5.01.01-99. – Министерство архитектуры и строительства. – Минск, 2003. – 36 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Общие методические указания к контрольной работе.....	5
Программа курса.....	7
Практическое задание.....	11
Теоретическое задание.....	22
Указания по выполнению практического задания.....	29
Приложения.....	43
Список использованной и рекомендованной литературы.....	50

Справочное издание

Щур Сергей Николаевич

Цалко Светлана Николаевна

ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ И КАМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Справочные материалы к контрольной работе

Для студентов специальности 1-08 01 01 «Профессиональное обучение»,
специализации 1-08 01 01-05 «Строительство»

Корректор *Л. В. Журавская*
Оригинал-макет *Л. И. Федула*

Подписано в печать 16.03.2017. Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.
Ризография. Усл. печ. л. 2,96. Уч.-изд. л. 2,74.
Тираж 59 экз. Заказ 3.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования «Мозырский государственный
педагогический университет имени И. П. Шамякина».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий N 1/306 от 22 апреля 2014 г.
Ул. Студенческая, 28, 247760, Мозырь, Гомельская обл.
Тел. (0236) 32-46-29