

Д. А. Ламзин

**РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ
«ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ И КАМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ»**

Учебно-методическое пособие

Нижний Новгород
2018

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»

Д. А. Ламзин

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ
«ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ И КАМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ»

Утверждено редакционно-издательским советом университета
в качестве учебно-методического пособия

Нижний Новгород
ННГАСУ
2018

ББК 38.5
Л 21
УДК 624.012

Печатается в авторской редакции

Рецензенты:

А.К. Ломунов – д - р ф.- м. наук, профессор, главный научный сотрудник Научно-исследовательского института механики при Нижегородском государственном университете им. Н.И. Лобачевского
Г.М. Грушевский– к.т. наук, директор ООО «НОРА»

Ламзин Д.А. Рекомендации по изучению дисциплины «Железобетонные и каменные конструкции»: учеб.- метод. пос. / Д. А. Ламзин; Нижегород. гос. архитектур. - строит. ун - т – Н. Новгород: ННГАСУ, 2018. – 50 с. ISBN 978-5-528-00259-0

Приведены рекомендации по изучению дисциплины «Железобетонные и каменные конструкции» студентами 3-го и 4-го курсов в 6-ом и 7-ом семестрах обучения. Описано содержание и основные особенности освоения материала лекций. Указано содержание практических занятий и лабораторных работ. Приводится перечень вопросов для подготовки к зачету и экзамену, а также рекомендуемая литература.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению 08.03.01 Строительство, профиль Экспертиза и управление недвижимостью, при подготовке к аттестации по дисциплине Б.1.45. «Железобетонные и каменные конструкции».

ISBN 978-5-528-00259-0

© Д.А. Ламзин, 2018
© ННГАСУ, 2018.

Содержание

Введение.....	4
Основы сопротивления железобетона	5
Метод расчета железобетонных конструкций по предельным состояниям ...	13
Расчет железобетонных элементов по первой группе предельных состояний.....	19
Расчет железобетонных элементов по второй группе предельных состояний.....	23
Расчет плоских перекрытий	27
Расчет железобетонных фундаментов	35
Расчет каменных и армокаменных конструкций.....	37
Содержание практических занятий в шестом семестре.....	41
Содержание лабораторных работ в седьмом семестре	42
Вопросы к зачету (6 семестр).....	42
Вопросы к экзамену (7 семестр)	45
Рекомендуемая литература	49

Введение

В своей будущей практической деятельности выпускник-бакалавр направления подготовки 08.03.01 Строительство, профиль Экспертиза и управление недвижимостью (ЭУН) может столкнуться с проблемами проектирования, строительства или эксплуатации сооружений с применением железобетона и каменных материалов. Во всех этих случаях ему необходимо четко представлять работу железобетонных и каменных конструкций под нагрузкой, а также правильно, рационально и экономично выбирать конструктивное решение.

Освоению курса «Железобетонные и каменные конструкции» должно предшествовать изучение следующих дисциплин: сопротивление материалов, строительная механика, строительные материалы, архитектура.

Настоящее учебно-методическое пособие предназначено для студентов 3 и 4 курсов (6-ой и 7-ой семестры) ННГАСУ с целью успешной их подготовки к аттестации по дисциплине Б.1.43. «Железобетонные и каменные конструкции». В соответствии с действующим графиком учебной работы на лекционные занятия преподавателю выделено 16 аудиторных часов в 6-ом семестре и 17 аудиторных часов в 7-ом семестре. На практические занятия отводится 16 аудиторных часов в 6-ом семестре, а на лабораторные работы 17 аудиторных часов в 7-ом семестре. Таким образом, на освоение этой дисциплины в каждом семестре отводится 2 аудиторных часа в неделю. Кроме того предусмотрено выполнение по 50% курсовой работы в каждом семестре. Формой аттестации является зачет в 6-ом семестре и экзамен в 7-ом семестре.

Исходя из выделенного объема лекционных часов в 6-ом семестре, в учебно-методическом пособии изложены основные рекомендации для студентов по освоению следующих тем первой части курса «Железобетонные и каменные конструкции»:

1. Основы сопротивления железобетона.
2. Метод расчета железобетонных конструкций по предельным состояниям.
3. Расчет железобетонных элементов по первой группе предельных состояний.
4. Расчет железобетонных элементов по второй группе предельных состояний.

В 7-ом семестре студент осваивает три объемные темы второй части курса «Железобетонные и каменные конструкции»:

1. Расчет плоских перекрытий.
2. Расчет железобетонных фундаментов.
3. Расчет каменных и армокаменных конструкций.

В результате студент, изучивший данную дисциплину и успешно сдавший зачет и экзамен по пройденным темам, должен обладать восемью профессиональными компетенциями (ПК-3, ПК-4, ПК-13, ПК-14, ПК-15) для успешной изыскательской, проектно-конструкторской и экспериментально-исследовательской деятельности.

Основы сопротивления железобетона

В самом начале студенту необходимо познакомиться с имеющейся основной литературой по курсу «Железобетонные конструкции» и пояснить, что требования к проектированию бетонных и железобетонных конструкций зданий и сооружений различного назначения, эксплуатируемых в климатических условиях России (при систематическом воздействии температур не выше 50°C и не ниже минус 70°C), в среде с неагрессивной степенью воздействия устанавливает СП 63.13330. 2012 [2].

При изучении первой темы студенту необходимо понять сущность железобетона, принципы размещения арматуры в теле железобетонной конструкции. Необходимо усвоить, что арматура предназначена преимущественно для восприятия растягивающих усилий в изгибаемых и растянутых элементах и для усиления сечений сжатых элементов. Нужно узнать достоинства, недостатки широко распространенного в строительстве материала – железобетона и факторы, благодаря которым обеспечивается совместная работа бетона и арматуры под нагрузкой, а именно:

- при твердении бетона между ним и стальной арматурой возникают значительные силы сцепления;
- плотный бетон (с достаточным содержанием цемента) защищает заключенную в нем стальную арматуру от коррозии, а также предохраняет ее от непосредственного действия огня;
- сталь и бетон обладают близкими по значению коэффициентами линейного расширения, поэтому при изменениях температуры в пределах до 100°С в обоих материалах возникают несущественные начальные напряжения.

Кроме того, студенту следует изучить способы повышения трещиностойкости и жесткости железобетонных конструкций, которым является их предварительное напряжение (п. 1.3.3 [1]). Он должен знать, что в производстве предварительно напряженных элементов возможны два способа создания предварительного напряжения: натяжение арматуры на упор и натяжение ее на бетон. Нужно понять суть, достоинства и области применения обоих способов. Знать, как принимают предварительные напряжения арматуры и учитывают их снижение вследствие потерь. Студент должен усвоить, что различают первые потери предварительного напряжения в арматуре до передачи усилий натяжения на бетон и вторые потери,

происходящие после передачи усилия натяжения на бетон (п. 9.1 [2]). При натяжении арматуры на упоры следует учитывать:

- первые потери – от релаксации предварительных напряжений в арматуре, температурного перепада при термической обработке конструкций, деформации анкеров и деформации формы (упоров);
- вторые потери – от усадки и ползучести бетона.

При натяжении арматуры на бетон следует учитывать:

- первые потери – от деформации анкеров, трения арматуры о стенки каналов или поверхность конструкции;
- вторые потери – от релаксации предварительных напряжений в арматуре, усадки и ползучести бетона.

При изучении физико-механических свойств бетона (п. 1.1 [1]) студент должен усвоить, что прочность зависит от ряда факторов, основными из которых являются: технологические, возраст и условия твердения, форма и размеры лабораторных образцов, а также вид НДС и длительность воздействия. Студент знакомится с принципами классификации бетона, а также с основными нормируемыми и контролируемыми показателями его качества, такими как класс по прочности на сжатие B , класс по прочности на осевое растяжение B_t , марка по морозостойкости F , марка по водонепроницаемости W , марка по средней плотности D , марка по самоуплотнению S_p (п. 6.1.3 [2]). Он должен знать, что класс бетона по прочности на сжатие соответствует значению кубиковой прочности бетона на сжатие (в МПа) с обеспеченностью 0,95 (нормативная кубиковая прочность). Класс бетона по прочности на осевое растяжение соответствует значению прочности бетона на осевое растяжение (в МПа) с обеспеченностью 0,95 (нормативная прочность бетона). Марка бетона по морозостойкости соответствует минимальному числу циклов переменного

замораживания и оттаивания, выдерживаемых образцом при стандартном испытании. Марка бетона по водонепроницаемости соответствует максимальному значению давления воды (в МПа·10⁻¹), выдерживаемому бетонным образцом при испытании. Марка бетона по средней плотности соответствует среднему значению объемной массы бетона (в кг/м³). Марка напрягающего бетона по самонапряжению представляет собой значение предварительного напряжения в бетоне (в МПа), создаваемого в результате его расширения при коэффициенте продольного армирования $\mu=0,01$. Следует обратить внимание на то, что класс бетона по прочности на сжатие назначают для всех видов бетонов и конструкций. Класс бетона по прочности на осевое растяжение назначают в случаях, когда эта характеристика имеет главенствующее значение в работе конструкции и ее контролируют на производстве. Марку бетона по морозостойкости назначают для конструкций, подвергающихся воздействию переменного замораживания и оттаивания. Марку бетона по водонепроницаемости назначают для конструкций, к которым предъявляют требования по ограничению водопроницаемости. Марку бетона по самонапряжению необходимо назначать для самонапряженных конструкций, когда эту характеристику учитывают в расчете и контролируют на производстве. Студенту разъясняется, что для железобетонных конструкций следует применять класс бетона по прочности на сжатие не ниже В15 (п. 6.1.6 [2]). Для предварительно напряженных железобетонных конструкций класс бетона по прочности на сжатие следует принимать в зависимости от вида и класса напрягаемой арматуры, но не ниже В20 (п. 6.1.6 [2]). Передаточную прочность бетона R_{bp} (прочность бетона к моменту его обжатия, контролируемая аналогично классу бетона по прочности на сжатие) следует назначать не менее 15 МПа и не менее 50% принятого класса бетона по прочности на сжатие. Студент знакомится с понятиями коэффициента надежности по бетону при сжатии и растяжении (п. 6.1.11 [2]), а также коэффициента условий работы (п. 6.1.12 [2]). Объясняется, где приводятся и

каким образом получаются значения нормативных и расчетных сопротивлений бетонов разных видов и классов при различных видах НДС, которые используются инженером в конструктивных расчетах.

Студенту дается понятие о силовых и объемных (усадка, набухание и температурные деформации) деформациях бетона. Важным является понимание того, что бетону свойственно нелинейное деформирование, а силовые деформации в зависимости от характера приложения нагрузки и длительности ее действия подразделяют на три вида: при однократном загрузении кратковременной нагрузкой, при длительном действии нагрузки, и при многократно повторяющемся действии нагрузки. Он должен знать, что основными деформационными характеристиками бетона являются значения: предельных относительных деформаций бетона при осевом сжатии и растяжении (при однородном напряженном состоянии бетона) ε_{b0} и ε_{bt0} ; начального модуля упругости E_b ; модуля сдвига G ; коэффициента (характеристики) ползучести $\varphi_{b,cr}$; коэффициента поперечной деформации бетона (коэффициента Пуассона) $\nu_{b,P}$; коэффициента линейной температурной деформации бетона α_{bt} (п. 6.1.13 [2]). Необходимо пояснить каким образом принимают величины этих характеристик, а в некоторых случаях привести их числовые значения.

Студенту нужно пояснить, что при расчете железобетонных элементов по нелинейной деформационной модели в качестве рабочих диаграмм состояния тяжелого, мелкозернистого и напрягающего бетона, определяющих связь между напряжениями и относительными деформациями, принимают упрощенные трехлинейную и двухлинейную диаграммы по типу диаграмм Прандтля (п. 6.1.19 [2]). Для более детального изучения вопросов, связанных со свойствами бетона, студенту предлагается ознакомиться с подразделом 6.1 [2].

При изучении физико-механических свойств арматуры (п. 1.2 [1]) студенту нужно усвоить особенности деформирования разных видов сталей, которые устанавливаются по диаграмме $\sigma_s - \epsilon_s$. Важным является понимание того, что на диаграмме деформирования мягких арматурных сталей присутствует площадка текучести, а высоколегированные и термически упрочненные стали переходят в пластическую стадию постепенно, не имея ярко выраженной площадки текучести на кривой. Нужно разъяснить, что при расчете железобетонных элементов по нелинейной деформационной модели в качестве расчетной диаграммы деформирования арматуры, принимают упрощенные диаграммы по типу диаграмм Прандтля для арматуры с физическим пределом текучести двухлинейную диаграмму, а для арматуры с условным пределом текучести – трехлинейную, без учета упрочнения за площадкой текучести (п. 6.2.13 [2]). Изучается классификация арматуры с разъяснением обозначений ее классов. Студент должен знать, что для армирования железобетонных конструкций следует применять отвечающую требованиям соответствующих стандартов или утвержденных в установленном порядке технических условий арматуру следующих видов: горячекатаную гладкую и периодического профиля с постоянной и переменной высотой выступов (кольцевой и серповидный профиль соответственно) диаметром 6 – 50 мм; термомеханически упрочненную периодического профиля диаметром 6 – 50 мм; холоднодеформированную периодического профиля диаметром 3 – 16 мм; арматурные канаты диаметром 6 – 18 мм (п. 6.2.2 [2]). Основным показателем качества арматуры, устанавливаемым при проектировании, является класс арматуры по прочности на растяжение, обозначаемый: А – для горячекатаной и термомеханически упрочненной арматуры; В, В_р – для холоднодеформированной арматуры; К – для арматурных канатов (п. 6.2.3 [2]). Классы арматуры по прочности на растяжение отвечают гарантированному значению предела текучести, физического или условного (равного значению напряжений, соответствующих остаточному

относительному удлинению 0,1% или 0,2%), с обеспеченностью не менее 0,95, определяемому по соответствующим стандартам. Студенту объясняются принципы выбора арматуры в зависимости от вида армирования конструкций (п. 6.2.4 [2]), а также принимаемые в расчетах значения нормативных и расчетных сопротивлений (п.п. 6.2.7 – 6.2.9 [2]). Ему необходимо усвоить, что для железобетонных конструкций без предварительного напряжения арматуры в качестве устанавливаемой по расчету следует преимущественно применять арматуру периодического профиля классов А400, А500 и А600, а также арматуру классов В500 и Вр500 в сварных сетках и каркасах. Для поперечного и косвенного армирования следует преимущественно применять гладкую арматуру класса А240, а также арматуру периодического профиля классов А400, А500, В500 и Вр500. Для предварительно напряженных железобетонных конструкций в качестве напрягаемой арматуры следует предусматривать: горячекатаную и термомеханически упрочненную периодического профиля классов А600, А800 и А1000; холоднодеформированную периодического профиля классов от Вр1200 до Вр1600; канатную 7-проволочную (К7) классов К1400, К1500, К1600, К1700.

Студент знакомится с видами арматурных изделий (сетки и каркасы) и учится читать их обозначения. Объясняются виды соединений арматуры на сварке, внахлестку, а также более современные соединения с применением специальных механических устройств (с опрессованными и резьбовыми муфтами). Дается понятие защитного слоя бетона (толщина слоя бетона от грани элемента до ближайшей поверхности арматурного стержня) и разъясняются требования СП [2] по его обеспечению (п. 10.3.1 – 10.3.4 [2]). Приводятся конструктивные требования, касающиеся максимальных и минимальных расстояний между стержнями арматуры (п. 10.3.5 и п. 10.3.8 [2]), а также допустимых их диаметров (п. 10.3.12 [2]). Студент должен знать, что минимальные расстояния в свету между стержнями арматуры следует

принимать такими, чтобы обеспечить совместную работу арматуры с бетоном и качественное изготовление конструкций, связанное с укладкой и уплотнением бетонной смеси, но не менее наибольшего диаметра стержня, а также не менее:

- 25 мм – при горизонтальном или наклонном положении стержней при бетонировании – для нижней арматуры, расположенной в один или два ряда;
- 30 мм – то же, для верхней арматуры;
- 50 мм – то же, при расположении нижней арматуры более чем в два ряда (кроме стержней двух нижних рядов), а также при вертикальном положении стержней при бетонировании.

В железобетонных линейных конструкциях и плитах наибольшие расстояния между осями стержней продольной арматуры, обеспечивающие эффективное вовлечение в работу бетона, равномерное распределение напряжений и деформаций, а также ограничение ширины раскрытия трещин между стержнями арматуры, должны быть не более:

- в железобетонных балках и плитах:

200 мм – при высоте поперечного сечения $h \leq 150$ мм;

1,5h и 400 мм – при высоте поперечного сечения $h > 150$ мм;

- в железобетонных колоннах:

400 мм – в направлении, перпендикулярном плоскости изгиба;

500 мм – в направлении плоскости изгиба.

В железобетонных стенах расстояния между стержнями вертикальной арматуры принимают не более $2t$ и 400 мм (t – толщина стены), а горизонтальной – не более 400 мм. Диаметр поперечной арматуры (хомутов)

в вязаных каркасах внецентренно сжатых элементов принимают не менее 0,25 наибольшего диаметра продольной арматуры и не менее 6 мм. Диаметр поперечной арматуры в вязаных каркасах изгибаемых элементов принимают не менее 6 мм. В сварных каркасах диаметр поперечной арматуры принимают не менее диаметра, устанавливаемого из условия сварки с наибольшим диаметром продольной арматуры. Для более глубокого изучения вопросов, связанных с армированием железобетонных конструкций, студенту предлагается ознакомиться с подразделами 6.2 и 10.3 [2].

Метод расчета железобетонных конструкций по предельным состояниям

При изучении данного раздела студент узнает, что на основе многочисленных опытов по нагружению различных железобетонных конструкций выделяют три характерные стадии напряженно-деформированного состояния в сечении элемента (п. 2.1 [1]). При этом в общем случае сечения по длине железобетонной конструкции могут испытывать разные стадии напряженно-деформированного состояния. Важным является понимание того, что разрушение нормально армированного железобетонного элемента начинается с арматуры растянутой зоны и заканчивается раздроблением бетона сжатой зоны, проявляя пластичный характер. Разрушение переармированных (с избыточным содержанием растянутой арматуры) элементов происходит по бетону сжатой зоны внезапно и носит хрупкий характер при неполном использовании прочности растянутой арматуры.

Студент знакомится с действующим в настоящее время методом расчета строительных конструкций по предельным состояниям (п. 2.3 [1]).

При расчете по этому методу четко устанавливаются предельные состояния конструкций и используют систему расчетных коэффициентов, введение которых гарантирует, что такое состояние не наступит при самых неблагоприятных сочетаниях нагрузок и при наименьших значениях прочностных характеристик материалов. Важно понять, что предельными считаются состояния, при которых конструкции перестают удовлетворять предъявляемым к ним в процессе эксплуатации требованиям, то есть теряют способность сопротивляться внешним нагрузкам и воздействиям (первая группа предельных состояний) или получают недопустимые перемещения (вторая группа предельных состояний). Студенту необходимо усвоить, что расчет по предельным состояниям первой группы выполняют, чтобы предотвратить следующие явления:

- ✓ хрупкое, вязкое или иного характера разрушение (расчет по прочности с учетом в необходимых случаях прогиба конструкции перед разрушением);

- ✓ потерю устойчивости формы конструкции (расчет на устойчивость тонкостенных конструкций и т. п.) или ее положения (расчет на опрокидывание и скольжение подпорных стен, внецентренно нагруженных высоких фундаментов; расчет на всплытие заглубленных или подземных резервуаров и т. п.);

- ✓ усталостное разрушение (расчет на выносливость конструкций, находящихся под воздействием многократно повторяющейся подвижной или пульсирующей нагрузки: подкрановых балок, шпал, рамных фундаментов и перекрытий под неуравновешенные машины и т. п.);

- ✓ разрушение от совместного воздействия силовых факторов и неблагоприятных влияний внешней среды (агрессивность среды, попеременное замораживание и оттаивание и т. п.).

Кроме того, студент должен понять, что расчет по предельным состояниям второй группы выполняют, чтобы предотвратить такие явления, как:

- ✓ образование чрезмерного и продолжительного раскрытия трещин (если по условиям эксплуатации они допустимы);
- ✓ чрезмерные перемещения (прогибы, углы поворота, углы перекоса и амплитуды колебаний).

Следует осознать, что расчет по предельным состояниям конструкции в целом или отдельных ее элементов и частей выполняют для всех этапов: изготовления, транспортирования, монтажа и эксплуатации, а расчетные схемы при этом должны отвечать принятым конструктивным решениям и каждому из перечисленных этапов.

Студент должен знать, что требования по назначению нагрузок, воздействий и их сочетаний, учитываемых при расчетах зданий и сооружений по предельным состояниям первой и второй групп, в соответствии с положениями ГОСТ 27751 [17], устанавливает СП 20.13330.2016 [3]. Его необходимо познакомить с классификацией нагрузок в зависимости от продолжительности их действия (раздел 5 [3]). Он должен усвоить, что различают постоянные P_d и временные (длительные P_l , кратковременные P_t , особые P_s) нагрузки. К постоянным нагрузкам относятся:

- а) вес частей сооружений, в том числе несущих и ограждающих строительных конструкций;
- б) вес и давление грунтов (насыпей, засыпок), горное давление;
- в) гидростатическое давление.

К длительным нагрузкам относятся:

а) вес временных перегородок, подливок и подбетонок под оборудование;

б) вес стационарного оборудования: станков, аппаратов, моторов, емкостей, трубопроводов с арматурой, опорными частями и изоляцией, ленточных конвейеров, постоянных подъемных машин с их канатами и направляющими, а также вес жидкостей и твердых тел, заполняющих оборудование;

в) давление газов, жидкостей и сыпучих тел в емкостях и трубопроводах, избыточное давление и разрежение воздуха, возникающее при вентиляции шахт;

г) нагрузки на перекрытия от складироваемых материалов и стеллажного оборудования в складских помещениях, холодильниках, зернохранилищах, книгохранилищах, архивах и подобных помещениях;

д) температурные технологические воздействия от стационарного оборудования;

е) вес слоя воды на плоских водонаполненных покрытиях;

ж) вес отложений производственной пыли, если не предусмотрены соответствующие мероприятия по ее удалению;

з) пониженные нагрузки от оборудования, людей, животных и транспортных средств на перекрытия жилых, общественных и сельскохозяйственных зданий, от мостовых и подвесных кранов, снеговых, температурных климатических воздействий;

и) воздействия, обусловленные деформациями основания, не сопровождающимися коренным изменением структуры грунта, а также оттаиванием вечномёрзлых грунтов;

к) воздействия, обусловленные изменением влажности, усадкой и ползучестью материалов.

К кратковременным нагрузкам относятся:

а) нагрузки от оборудования, возникающие в пускоостановочном, переходном и испытательном режимах, а также при его перестановке или замене;

б) вес людей, ремонтных материалов в зонах обслуживания и ремонта оборудования;

в) нагрузки от людей, животных, оборудования на перекрытия жилых, общественных и сельскохозяйственных зданий с полными нормативными значениями;

г) нагрузки от подвижного подъемно-транспортного оборудования (погрузчиков, электрокаров, кранов-штабелеров, тельферов, а также от мостовых и подвесных кранов с полным нормативным значением), включая вес транспортируемых грузов;

д) нагрузки от транспортных средств;

е) климатические (снеговые, ветровые, температурные и гололедные).

К особым нагрузкам относятся сейсмические и аварийные воздействия.

К аварийным воздействиям относятся:

а) взрывные;

- б) нагрузки, вызываемые резкими нарушениями технологического процесса, временной неисправностью или поломкой оборудования;
- в) воздействия, обусловленные деформациями основания, сопровождающимися коренным изменением структуры грунта (например, при замачивании просадочных грунтов) или оседанием его в районах горных выработок и в карстовых;
- г) нагрузки, обусловленные пожаром;
- д) нагрузки от столкновений транспортных средств с частями сооружения;
- е) климатические (снеговые, ветровые, температурные и гололедные) нагрузки, действие которых может привести к аварийной расчетной ситуации.

Студенту нужно понять, что расчет конструкций и оснований по предельным состояниям первой и второй групп следует выполнять с учетом неблагоприятных сочетаний нагрузок или соответствующих им усилий (раздел 6 [3]). Эти сочетания устанавливаются из анализа реальных вариантов одновременного действия различных нагрузок для рассматриваемой стадии работы конструкции или основания. При этом в зависимости от учитываемого состава нагрузок различают:

- а) основные сочетания нагрузок, состоящие из постоянных, длительных и кратковременных
- б) особые сочетания нагрузок, состоящие из постоянных, длительных, кратковременных и одной из особых нагрузок.

Студента нужно познакомить с понятием коэффициента сочетаний нагрузок, который учитывает уменьшения вероятности одновременного достижения несколькими нагрузками их расчетных значений.

Студент должен знать, что основными характеристиками нагрузок, установленными в [3], являются их нормативные (базовые) значения. Расчетное значение нагрузки, которое определяется как предельное (максимальное или минимальное) значение нагрузки в течение срока эксплуатации объекта, получают умножением нормативного значения на коэффициент надежности по нагрузке, соответствующий рассматриваемому предельному состоянию. Нужно понять, что нормативное значение собственного веса различных конструкций (значения постоянных нагрузок) следует определять на основании стандартов, рабочих чертежей и паспортных данных заводов-изготовителей, а также по проектным размерам и удельному весу материалов и грунтов с учетом их влажности в условиях возведения и эксплуатации сооружений. Студент должен знать, что средняя плотность тяжелого железобетона при укладке бетонной смеси с вибрированием составляет 2500 кг/м^3 . При значительном содержании арматуры (свыше 3%) плотность железобетона определяют как сумму масс бетона и арматуры в 1 м^3 объема конструкции. Нормативные значения временных нагрузок принимаются по строительному заданию или если это возможно по [3] (разделы 8-13). Значения коэффициентов надежности по нагрузке принимаются по [3].

Расчет железобетонных элементов по первой группе предельных состояний

При изучении данной темы студенту нужно понять, что в расчетах на прочность исходят из III стадии напряженно-деформированного состояния. Ему необходимо усвоить, что расчет железобетонных конструкций на прочность при действии изгибающих моментов и продольных сил следует производить для сечений, нормальных к их продольной оси, при действии поперечных сил – на основе модели наклонных сечений, а при действии

крутящих моментов – на основе модели пространственных сечений (раздел 5.2 [2]). Кроме того, студенту необходимо разъяснить, что расчет по прочности нормальных сечений нормы проектирования рекомендуют производить на основе нелинейной деформационной модели, хотя в некоторых случаях (для прямоугольного, таврового и двутаврового сечений с арматурой, расположенной у верхней и нижней граней сечения) допускают выполнять на основе предельных усилий. Он должен знать, что расчет по прочности железобетонных элементов по предельным усилиям производят из условия, что усилие от внешних нагрузок и воздействий F в рассматриваемом сечении не должно превышать предельного усилия, которое может быть воспринято элементом в этом сечении F_{ult} . Важным является понимание того, что при вычислении предельных усилий, которые могут быть восприняты бетоном и арматурой в нормальном сечении, исходят из следующих положений (п. 5.2.7 и п. 8.1.4 [2]):

- сопротивление бетона растяжению принимают равным нулю;
- сопротивление бетона сжатию представляется напряжениями, равными расчетному сопротивлению бетона сжатию и равномерно распределенными по условной сжатой зоне бетона;
- растягивающие и сжимающие напряжения в арматуре принимаются не более расчетного сопротивления растяжению и сжатию соответственно.

Студента нужно познакомить с методиками расчета на прочность по нормальным сечениям изгибаемых элементов прямоугольного и таврового профиля (п. 3.3 [1], п.п. 8.1.8 – 8.1.13 [2]). Дается вывод расчетных формул и разбираются решения возможных типовых задач. Студенту необходимо уяснить, что тавровые сечения встречаются в практике весьма часто как в отдельных железобетонных элементах – балках, так и в составе конструкций – в монолитных ребристых и сборных панельных перекрытиях, а при их

расчете различают два случая положения нижней границы сжатой зоны: в пределах полки и ниже ее. Рассматриваются расчеты нормальных сечений сжатых элементов (п.п. 4.1-4.3 [1], п.п. 8.1.14 – 8.1.17 [2]). Важно усвоить, что разрушение внецентренно сжатого элемента с относительно большим эксцентриситетом продольной силы по характеру близко к разрушению изгибаемого непереармированного элемента. Разрушение внецентренно сжатого элемента с относительно малым эксцентриситетом продольной силы происходит вследствие преодоления предельных сопротивлений в бетоне и арматуре в части сечения, расположенной ближе к силе; при этом прочность материалов в части сечения, удаленной от сжимающей силы, недоиспользуется. При расчете внецентренно сжатых железобетонных элементов следует учитывать случайный эксцентриситет и влияние продольного изгиба. Рассматривается расчет центрально (п. 8.1.18 [2]) и внецентренно (п. 8.1.19 [2]) растянутых элементов. Студент должен уяснить, что расчет железобетонных элементов по нелинейной деформационной модели (п.п. 8.1.20 – 8.1.30 [2]) производят на основе диаграмм состояния бетона и арматуры, исходя из гипотезы плоских сечений. Критерием прочности нормальных сечений является достижение предельных относительных деформаций в бетоне или арматуре.

Студенту объясняются принципы прочностных расчетов по полосе между наклонными сечениями и наклонному сечению на действие поперечных сил, а также момента (п. 3.5 [1], п.п. 8.1.31 – 8.1.35 [2]). Нужно понять, что разрушение железобетонного элемента может происходить по наклонной трещине при текучести поперечной арматуры от разрушения бетона над вершиной наклонной трещины (разрушение по сжатой зоне) или от текучести либо нарушения анкеровки продольной арматуры (разрушение по растянутой зоне), а также может произойти разрушение бетона в блоках между наклонными трещинами. Первый вид разрушения по сжатой зоне наблюдается при сильной, хорошо заанкеренной продольной арматуре, а

второй вид разрушения по растянутой зоне – напротив, при ослаблении продольной арматуры в пролете в результате ее обрывов или ослабления анкеровки продольной арматуры на шарнирных опорах. Последний вид разрушения наблюдается при сильной поперечной арматуре и слабой тонкой стенке в тавровых и двутавровых элементах. Студент должен знать, что прочность по наклонной полосе характеризуется максимальным значением поперечной силы, которое может быть воспринято наклонной полосой, находящейся под воздействием сжимающих усилий вдоль полосы и растягивающих усилий от поперечной арматуры, пересекающей наклонную полосу. При этом прочность бетона определяют по сопротивлению бетона осевому сжатию с учетом влияния сложного напряженного состояния в наклонной полосе. Расчет по наклонному сечению на действие поперечных сил производят на основе уравнения равновесия внешних и внутренних поперечных сил, действующих в наклонном сечении с длиной проекции C на продольную ось элемента. Внутренние поперечные силы включают поперечную силу, воспринимаемую бетоном в наклонном сечении, и поперечную силу, воспринимаемую пересекающей наклонное сечение поперечной арматурой. При этом поперечные силы, воспринимаемые бетоном и поперечной арматурой, определяют по сопротивлениям бетона и поперечной арматуры растяжению с учетом длины проекции C наклонного сечения. Расчет по наклонному сечению на действие момента производят на основе уравнения равновесия моментов от внешних и внутренних сил, действующих в наклонном сечении с длиной проекции C на продольную ось элемента. Моменты от внутренних сил включают момент, воспринимаемый пересекающей наклонное сечение продольной растянутой арматурой, и момент, воспринимаемый пересекающей наклонное сечение поперечной арматурой. При этом моменты, воспринимаемые продольной и поперечной арматурой, определяют по сопротивлениям продольной и поперечной арматуры растяжению с учетом длины проекции C наклонного сечения.

Разъясняются конструктивные требования к поперечному армированию (п.п. 10.3.11 – 10.3.15 [2])

Для более детального изучения темы расчетов железобетонных конструкций по первой группе предельных состояний студенту предлагается ознакомиться с подразделом 8.1 [2].

Расчет железобетонных элементов по второй группе предельных состояний

Студенту необходимо разъяснить, что расчеты по предельным состояниям второй группы включают:

- расчет по образованию трещин;
- расчет по раскрытию трещин;
- расчет по деформациям.

Он должен понять, что расчет по образованию трещин производят, когда необходимо обеспечить отсутствие трещин, а также как вспомогательный при расчете по раскрытию трещин и по деформациям. Необходимо разъяснить условия, из которых определяется возможность образования трещин (п. 8.2.4 [2]). Студент изучает методики определения усилий при образовании трещин с использованием понятия приведенного сечения (п.п. 8.2.8 – 8.2.14 [2]). Он должен знать, что расчет железобетонных элементов по образованию нормальных трещин производят по предельным усилиям или по нелинейной деформационной модели. При расчете по предельным усилиям в железобетонном элементе образуются трещины, если усилие от внешних нагрузок и воздействий F в рассматриваемом сечении превышает предельное усилие $F_{crc, ult}$, которое может быть воспринято элементом при образовании трещин. Предельное усилие, воспринимаемое

железобетонным элементом при образовании нормальных трещин, следует определять исходя из расчета железобетонного элемента как сплошного тела с учетом упругих деформаций в арматуре и неупругих деформаций в растянутом и сжатом бетоне при максимальных нормальных растягивающих напряжениях в бетоне, равных расчетным значениям сопротивления бетона осевому растяжению для предельных состояний второй группы. Расчет железобетонных элементов по образованию нормальных трещин по нелинейной деформационной модели производят на основе диаграмм состояния арматуры, растянутого и сжатого бетона и гипотезы плоских сечений, принимая значения механических свойств материалов для предельных состояний второй группы. Критерием образования трещин является достижение предельных относительных деформаций в растянутом бетоне.

Студент должен усвоить, что расчет железобетонных элементов по раскрытию различного вида трещин производят в тех случаях, когда расчетная проверка на образование трещин показывает, что трещины образуются. Расчет по раскрытию трещин производят из условия, по которому ширина раскрытия трещин от внешней нагрузки a_{crc} не должна превосходить предельно допустимого значения ширины раскрытия трещин $a_{crc, ult}$, установленного нормами (п. 8.2.6 [2]). Студент должен знать, что расчет железобетонных элементов следует производить по продолжительному и по непродолжительному раскрытию нормальных и наклонных трещин (п. 8.2.7 [2]). Разъясняется схема определения ширины нормальных трещин железобетонных элементов с объяснением всех коэффициентов, входящих в расчетную формулу (п.п. 8.2.15 – 8.2.18 [2]). Важно понять, что ширину раскрытия нормальных трещин определяют как произведение средних относительных деформаций арматуры на участке между трещинами и длины этого участка. Средние относительные деформации арматуры между трещинами определяют с учетом работы

растянутого бетона между трещинами. Относительные деформации арматуры в трещине определяют из условно упругого расчета железобетонного элемента с трещинами с использованием приведенного модуля деформации сжатого бетона, установленного с учетом влияния неупругих деформаций бетона сжатой зоны, или по нелинейной деформационной модели. Расстояние между трещинами определяют из условия, по которому разность усилий в продольной арматуре в сечении с трещиной и между трещинами должна быть воспринята усилиями сцепления арматуры с бетоном на длине этого участка. Ширину раскрытия нормальных трещин следует определять с учетом характера действия нагрузки (повторяемости, длительности и т.п.) и вида профиля арматуры.

Студенту разъясняется, что расчет железобетонных элементов по деформациям производят из условия, по которому прогибы или перемещения конструкций f от действия нормативной внешней нагрузки не должны превышать предельно допустимых значений прогибов или перемещений f_{ult} . Нужно понять, что прогибы или перемещения железобетонных конструкций определяют по общим правилам строительной механики в зависимости от изгибных, сдвиговых и осевых деформационных характеристик железобетонного элемента в сечениях по его длине (кривизна, углы сдвига и т. д.). В тех случаях, когда прогибы железобетонных элементов в основном зависят от изгибных деформаций, значения прогибов определяют по кривизнам элементов или по жесткостным характеристикам. При изучении расчетов по деформациям, студент знакомится с такими базовыми понятиями как полная кривизна и изгибная жесткость приведенного поперечного сечения железобетонных элементов (п.п. 8.2.23 – 8.2.32 [2]). Он должен знать, что кривизну железобетонного элемента определяют как частное деления изгибающего момента на жесткость железобетонного сечения при изгибе. Жесткость рассматриваемого сечения железобетонного элемента определяют по общим правилам сопротивления материалов: для сечения без

трещин – как для условно упругого сплошного элемента, а для сечения с трещинами – как для условно упругого элемента с трещинами (принимая линейную зависимость между напряжениями и деформациями). Влияние неупругих деформаций бетона учитывают с помощью приведенного модуля деформаций бетона, а влияние работы растянутого бетона между трещинами – с помощью приведенного модуля деформаций арматуры. Расчет деформаций железобетонных конструкций с учетом трещин производят в тех случаях, когда расчетная проверка на образование трещин показывает, что трещины образуются. В противном случае производят расчет деформаций как для железобетонного элемента без трещин. Кривизну и продольные деформации железобетонного элемента также определяют по нелинейной деформационной модели исходя из уравнений равновесия внешних и внутренних усилий, действующих в нормальном сечении элемента, гипотезы плоских сечений, диаграмм состояния бетона и арматуры и средних деформаций арматуры между трещинами. Расчет деформаций железобетонных элементов следует производить с учетом длительности действия нагрузок, устанавливаемой по [3]. Расчет по деформациям следует производить на действие:

- постоянных, временных длительных и кратковременных нагрузок при ограничении деформаций технологическими или конструктивными требованиями;
- постоянных и временных длительных нагрузок при ограничении деформаций эстетическими требованиями.

Важно понять, что в общем случае жесткость меняется по длине элемента и для определения максимальных прогибов используют упрощенные подходы и расчетные формулы. Значения предельно допустимых деформаций элементов принимают согласно [3] и нормативным документам на отдельные виды конструкций.

Для более глубокого изучения вопросов, связанных с расчетами железобетонных конструкций по второй группе предельных состояний студенту предлагается ознакомиться с разделом 8.2 [2]. Для более досконального изучения всех четырех тем шестого семестра, а также рассмотрения не охваченных вопросов студенту рекомендуется ознакомиться с дополнительной литературой [4-9].

Расчет плоских перекрытий

При изучении данной темы студент должен узнать, что конструктивные схемы зданий могут быть каркасными и панельными (бескаркасными), многоэтажными и одноэтажными. Каркас многоэтажного здания образуют основные вертикальные и горизонтальные элементы – колонны и ригели. Каркас одноэтажного здания образуют колонны, заделанные в фундамент, и ригели, шарнирно или жестко соединенные с колоннами. В каркасном здании горизонтальные воздействия (ветровые, сейсмические и т. п.) могут восприниматься совместно каркасом и вертикальными связевыми диафрагмами, соединенными перекрытиями в единую пространственную систему, или же при отсутствии вертикальных диафрагм только каркасом как рамной конструкцией. Поэтому различают связевые, рамные и рамно-связевые конструктивные системы многоэтажных каркасных зданий в продольном и поперечном направлениях. В многоэтажном панельном здании горизонтальные воздействия воспринимаются совместно поперечными и продольными стенами, также соединенными перекрытиями в пространственную систему. При рассмотрении сборных железобетонных конструкций многоэтажных каркасных зданий студент знакомится с сериями ИИ 20 (420) и 1.020-1/87.

Студент должен узнать, что основные методы расчета балочных плит, плит, работающих в двух направлениях, неразрезных балок и рам,

монолитных и сборных безбалочных перекрытий и фундаментов под отдельно стоящие сооружения башенного типа приведены в Руководстве [10]. Ему необходимо усвоить, что статически неопределимые железобетонные конструкции рассчитывают по методу предельного равновесия с учетом перераспределения усилий, вызываемого проявлением неупругих деформаций бетона, арматуры и образованием трещин. Он должен познакомиться с таким базовым понятием, как пластический шарнир – участок больших местных деформаций, который возникает при развитии в арматуре текучести. Необходимо понять различия в поведении статически определимой (например, свободно лежащая балка) и статически неопределимой (например, балка, защемленная на опорах) конструкции под нагрузкой. Нужно уяснить, что в балке, защемленной на опорах, с появлением пластического шарнира повороту частей балки, развитию прогиба системы и увеличению напряжений в сжатой зоне препятствуют лишние связи (защемления на опорах). Поэтому при дальнейшем увеличении нагрузки разрушение в пластическом шарнире не произойдет до тех пор, пока не появятся новые пластические шарниры и не выключатся лишние связи. В статически неопределимой конструкции после появления пластического шарнира при дальнейшем увеличении нагрузки происходит перераспределение изгибающих моментов между отдельными сечениями. При этом деформации в пластическом шарнире нарастают, но значение изгибающего момента остается прежним, поскольку плечо внутренней пары сил увеличивается незначительно. Студент должен усвоить, что в предельном равновесии – непосредственно перед разрушением – изгибающие моменты балки находят статическим или кинематическим способом. Статический способ основан на соблюдении уравнения равновесия, а кинематический – на равенстве виртуальных работ внешних сил и внутренних усилий. Студент должен понять преимущества расчета по выравненным моментам, которые заключаются в облегчении армирования сечений (это особенно важно для монтажных стыков на опорах сборных

конструкций) и принятии одинакового армирования тех зон, где при расчете по упругой схеме возникают различные по значению изгибающие моменты. Кроме того, расчет по выравненным моментам в сравнении с расчетом по упругой схеме может дать 20-30% экономии арматурной стали. Важным является понимание необходимости ограничения величины перераспределенного момента, которая должна быть не менее 70% значения момента в упругой схеме, поскольку в противном случае ширина раскрытия трещин может быть больше допустимой. Также нужно усвоить, что для обеспечения условий, отвечающих предпосылке метода предельного равновесия, т. е. возможности образования пластических шарниров и развитию достаточных местных деформаций при достижении конструкцией предельного равновесия необходимо соблюдать определенные конструктивные требования, а именно:

- конструкцию следует запроектировать так, чтобы причиной ее разрушения не мог быть срез сжатой зоны или раздавливание бетона под действием главных сжимающих напряжений;
- армирование сечений, в которых намечено образование пластических шарниров, следует ограничивать так, чтобы относительная высота сжатой зоны $\xi \leq 0,35$;
- необходимо применять арматурные стали с площадкой текучести или сварные сетки из обыкновенной арматурной проволоки.

Студент знакомится с видами железобетонных перекрытий, которые нашли широкое применение в строительстве благодаря таким достоинствам, как высокая индустриальность, экономичность, жесткость, огнестойкость и долговечность. Он должен усвоить, что по конструктивной схеме железобетонные перекрытия делятся на две основные группы: балочные и безбалочные, которые могут быть сборными, монолитными и сборно-монолитными (п. 11.1 [1]). Балочными называют перекрытия, в которых

балки работают совместно с опирающимися на них плитами перекрытий. В безбалочных перекрытиях плита опирается непосредственно на колонны с капителями или без них. Кроме того, важно понять, что при отношении сторон опорного контура больше двух плита работает на изгиб в направлении меньшей стороны, а изгибающим моментом в направлении большей стороны ввиду его малости пренебрегают. Если же отношение сторон опорного контура не более двух, плита работает на изгиб в двух направлениях и имеет перекрестную пролетную рабочую арматуру.

Студент изучает конструкцию балочных сборных перекрытий, которая состоит из плит и ригелей, опирающихся на колонны и образующих вместе с ними рамы (п. 11.2 [1]). Необходимо понять, что для уменьшения расхода материалов плиты проектируются пустотными или ребристыми. При этом стремясь удалить бетон из растянутой зоны, оставляют лишь ребра шириной, необходимой для размещения сварных каркасов и обеспечения прочности панелей по наклонному сечению. Студенту разъясняется принцип работы ребер и полки ребристой плиты. Важно усвоить, что расчет прочности плит ребрами вниз сводится к расчету таврового сечения с полкой в сжатой зоне. Расчет плит с ребрами вверх ведут как для прямоугольного сечения шириной равной суммарной ширине ребер. Полка плиты работает на местный изгиб как частично защемленная на опорах – ребрах плиты. При расчете сечений панелей с пустотами используют эквивалентное двутавровое сечение, заменяя площадь отверстия круглой или овальной формы площадью квадрата или прямоугольника соответственно. Студенту нужно усвоить, что пустотные плиты, позволяющие создать гладкий потолок, применяют для жилых и гражданских зданий, ребристые панели ребрами вниз – для промышленных зданий с нормативными нагрузками свыше 5 кН/м^2 . Студент изучает расчет многопролетного ригеля, представляющего собой неразрезную балку, с учетом перераспределения усилий. Он должен знать, что сечение продольной арматуры ригеля подбирают по моменту в четырех

нормальных сечениях: в первом и среднем пролетах, на первой промежуточной опоре и на средней опоре. Расчет поперечной арматуры ведут для трех наклонных сечений: у первой промежуточной опоры слева и справа и у крайней опоры. Кроме того рассматривается армирование плит и ригеля.

Студент изучает конструкцию ребристых монолитных перекрытий с балочными плитами, знакомится с принципами расчета и армирования плит, второстепенных и главных балок (п. 11.3 [1]). Ему нужно разъяснить принципы компоновки и назначения предварительных размеров элементов перекрытия. Он должен понять сущность конструкции монолитного ребристого перекрытия, заключающуюся в том, что бетон в целях экономии удален из растянутой зоны сечений, где сохранены лишь ребра, в которых сконцентрирована растянутая арматура. Студенту необходимо знать, что толщину плиты по экономическим соображениям принимают возможно меньшей. При этом минимальные ее значения составляют: для покрытий – 50 мм, для междуэтажных перекрытий промышленных зданий – 60 мм, жилых и гражданских зданий – 50 мм (п. 5.4 [8]). Ему необходимо усвоить, что при расчете балочных плит рассматривают полосу шириной 1 м, вырезанную из плиты параллельно ее коротким сторонам, которая загружена постоянной нагрузкой от собственного веса, веса пола и временной нагрузкой. Площадь арматуры плиты подбирают в расчетных сечениях прямоугольной формы. Нужно знать, что плиту армируют в соответствии с характером эпюры моментов рулонными сетками с продольным расположением рабочей арматуры, раскатывая рулон по опалубке поперек каркасов второстепенных балок. Если нужна более мощная рабочая арматура – диаметром 6 мм и более, плиты армируют в пролете и на опоре отдельно рулонными сетками с поперечным расположением рабочей арматуры. Студент должен усвоить, что второстепенные балки опираются на монолитно связанные с ними главные балки, а те, в свою очередь, – на колонны и

наружные стены. Важно понять, что расчетная схема многопролетных второстепенных балок аналогична расчетной схеме плиты. При этом второстепенные балки загружены равномерно распределенной нагрузкой, передаваемой на них плитой с полосы, ширина которой равна расстоянию между осями балок, и собственным весом. Требуемую площадь сечения продольной растянутой арматуры в пролетах второстепенной балки определяют как для тавровых сечений, так как полка (плита) располагается в сжатой зоне, а на опорах – как для прямоугольных сечений, поскольку полка располагается в растянутой зоне. Студент должен представлять, что арматуру в пролетах второстепенных балок конструируют в виде сварных каркасов, продольные стержни которых подобраны по пролетному моменту, а поперечные стержни – из условия прочности наклонных сечений на соответствующую поперечную силу. На опорах второстепенные балки армируют двумя гнутыми сетками с продольными рабочими стержнями или двумя смещенными одна относительно другой рулонными сетками с поперечной рабочей арматурой, которые раскатывают над главной балкой. Студенту нужно усвоить, что главные балки загружены сосредоточенными грузами в местах опирания на них второстепенных балок и нагрузкой от собственного веса. Ему надо знать, что главную балку армируют в пролете двумя или тремя плоскими каркасами, а на опоре – самостоятельными каркасами, заводимыми сквозь арматурный каркас колонн.

Студент изучает расчет ребристых монолитных перекрытий с плитами, опертыми по контуру (п. 11.4 [1]). Он должен усвоить, что конструктивная схема перекрытий включает плиты, работающие на изгиб в двух направлениях, и поддерживающие их балки. Балки назначают одинаковой высоты и располагают по осям колонн в двух направлениях. Важно знать, что толщина плиты в зависимости от ее размеров в плане и значения нагрузки может составлять от 50 мм до 140 мм, но не менее $1/50$ пролета. Студент должен усвоить, что перекрытия с плитами, опертыми по контуру,

применяют главным образом по архитектурным соображениям, например, для перекрытия вестибюля, зала и т. п. По расходу арматуры и бетона эти перекрытия менее экономичны, чем перекрытия с балочными плитами при той же сетке колонн. Студента необходимо познакомить с характером разрушения плит под действием равномерно распределенной нагрузки. Нужно понять, что на нижней поверхности плиты трещины направлены по биссектрисам углов, а на верхней поверхности при заделке по контуру трещины идут параллельно сторонам и имеют закругления в углах. Студент должен знать, что плиты, опертые по контуру, рассчитывают кинематическим способом метода предельного равновесия. Плиту в предельном равновесии рассматривают как систему плоских звеньев, соединенных друг с другом по линиям излома пластическими шарнирами, возникающими в пролете приблизительно по биссектрисам углов и на опорах вдоль балок. Студент должен понимать вывод уравнения, связывающего допустимую нагрузку на плиту с расчетными изгибающими моментами. Он должен представлять, что сечение арматуры плит подбирают как для прямоугольных сечений. Студенту нужно разъяснить принципы армирования плиты. Необходимо рассмотреть расчет и конструирование балок. Важно усвоить, что нагрузка от плиты на балки передается по грузовым площадям в виде треугольников и трапеций. Студент должен знать, что порядок подбора сечения и принцип армирования балки такие же, как главной балки ребристого перекрытия с балочными плитами. Ему необходимо представлять, что балки армируют седловидными каркасами и это позволяет осуществить независимое армирование в пересечениях на колоннах.

Студент знакомится с видами безбалочных перекрытий (п. 11.7 [1]). Он должен знать, что толщину монолитной безбалочной плиты находят из условия достаточной ее жесткости и принимают равной $1/32 \dots 1/35$ от размера большего пролета при прямоугольной сетке колонн. Студенту необходимо понять, что для безбалочной плиты опасными (расчетными)

загружениями являются: полосовая нагрузка через пролет и сплошная по всей площади. При полосовой нагрузке образуются три линейных пластических шарнира: в пролете пластический шарнир расположен по оси загруженных панелей и трещины раскрываются вниз, а у опор пластические шарниры отстоят от осей колонн на некотором расстоянии и трещины раскрываются вверх. При сплошном нагружении безбалочного перекрытия в средних панелях возникают взаимно перпендикулярные и параллельные рядам колонн линейные пластические шарниры с раскрытием трещин вниз; при этом каждая панель делится пластическими шарнирами на четыре звена, вращающихся вокруг опорных линейных пластических шарниров, оси которых расположены в зоне капителей обычно под углом 45° к рядам колонн. В средних панелях над опорными пластическими шарнирами трещины раскрываются только вверх, а по линиям колонн – прорезают всю толщину плиты. Студенту необходимо разъяснить принципы расчета и армирования безбалочных перекрытий. Нужно рассмотреть расчет плиты на продавливание (п.п. 8.1.46-8.1.52 [2], п.п. 3.2.71-3.2.76 [8]), а также конструктивные требования к постановке поперечной арматуры (п. 10.3.17 [2], п. 5.26 [8]). Студент должен знать, что распределение опорного давления в бетоне происходит под углом 45° . Для более глубокого понимания расчета на продавливание студенту рекомендуется самостоятельно ознакомиться с примерами 39 и 40 из [8]. Студент должен понять назначение капителей, которое состоит в создании достаточной жесткости в месте сопряжения монолитной плиты с колонной, в обеспечении прочности плиты на продавливание по периметру капители, в уменьшении расчетного пролета безбалочной плиты и более равномерном распределении моментов по ее ширине. Кроме того необходимо рассмотреть виды капителей и их армирование.

Расчет железобетонных фундаментов

Студенту даются общие сведения о железобетонных фундаментах, их классификация. Более детально студент изучает расчет отдельных железобетонных фундаментов на естественном основании под сборные колонны зданий и сооружений [11, 12]. Он должен понимать, что расчет производится в два этапа. На первом этапе определяются размеры подошвы фундамента от расчетных нагрузок при $\gamma_f=1$ и с учетом собственной массы фундамента и грунта на его уступах; при этом среднее значение удельного веса фундамента и грунта на его уступах принимается равным 20 кН/м^3 . На втором этапе производится расчет фундамента на прочность от расчетных нагрузок при $\gamma_f > 1$ и без учета собственной массы фундамента и грунта на его уступах. Рассматриваются как центрально нагруженные, так и внецентренно нагруженные фундаменты. Студент должен понимать, что расчетное сопротивление грунта основания и среднее давление по подошве фундамента зависят от размеров фундамента и для отыскания площади его подошвы используют различные методы [16].

Студент знакомится с принципами расчетов на продавливание. Он должен представлять, что продавливание происходит по боковой поверхности пирамиды, меньшим основанием которой служит площадь действия продавливающей силы (площадь сечения колонны или подколонника), а боковые грани наклонены под углом 45° к горизонтали. Важно понять смысл условия, на основании которого определяется необходимость выполнения расчета на продавливание колонной от дна стакана и на раскалывание. Студент должен знать, что при высоком фундаменте продавливание плитной части рассматривается от низа подколонника, а при низком фундаменте происходит его продавливание колонной от дна стакана и раскалывание. Студенту разъясняется принцип расчета на раскалывание тела фундамента. Он должен усвоить, что из расчетов на продавливание и раскалывание принимается бóльшая величина

несущей способности. Студенту разъясняется принцип расчета плитной части фундамента на поперечную силу и обратный момент. Рассматривается алгоритм определения площади сечения арматуры плитной части. Студент должен усвоить, что сечение рабочей арматуры подошвы фундамента определяется из расчета на изгиб консольного вылета плитной части фундамента на действие отпора грунта под подошвой в сечениях по грани подколонника и по граням ступеней. Рассматривается расчет поперечных сечений подколонника. Студент должен понять, что расчетными являются два сечения по высоте подколонника: прямоугольное на уровне торца подколонника (в уровне плитной части) и коробчатое в уровне торца колонны. Он должен понять смысл определения усилий в этих сечениях и знать, что если величина приведенного момента в одном направлении составляет не более 0,1 момента в другом, меньший момент допускается не учитывать, и сечение рассчитывается как внецентренно сжатое в одной плоскости. Кроме того, рассматривается расчет площади поперечной арматуры (горизонтальных сеток) стаканной части подколонника. Разъясняется расчет подколонника на местное смятие под торцом колонны без косвенного армирования и при наличии сеток косвенного армирования. Студент знакомится с расчетом фундаментов по образованию и раскрытию трещин. Он должен знать, что эти расчеты производятся для двух сечений подколонника и для сечения плитной части, в котором требуется максимальное количество арматуры из расчета по прочности. Рассматриваются конструктивные указания по проектированию фундаментов, которые касаются применяемых материалов, назначения геометрических размеров и армирования фундаментов.

Расчет каменных и армокаменных конструкций

Студенту необходимо разъяснить, что проектирование каменных и армокаменных конструкций новых и реконструируемых зданий и сооружений различного назначения, эксплуатируемых в климатических условиях России, производится в соответствии с требованиями СП [13]. Студент знакомится с материалами, применяемыми для каменных и армокаменных конструкций, изучает достоинства и недостатки каменной кладки [13 – 15]. Он должен понять, что каменная кладка является монолитным неоднородным упругопластическим материалом, а камень и раствор находятся в условиях сложного напряженного состояния даже при равномерном распределении нагрузки по всему сечению сжатого элемента. Причинами таких условий работы камня и раствора являются: значительная неоднородность растворных швов; различие деформативных свойств камня и раствора; наличие пустот в вертикальных швах кладки и отверстий в пустотелых кирпичах и камнях; неоднородность камней по размерам и форме, вид перевязки швов и другие геометрические несовершенства. Кроме того, студенту нужно разъяснить, что на основании многочисленных экспериментальных исследований выделяют четыре характерные стадии работы кладки при сжатии в зависимости от величины действующих напряжений. Первая стадия соответствует нормальной эксплуатации кладки, когда усилия, возникающие в кладке под нагрузкой, не вызывают видимых ее повреждений. Переход кладки во вторую стадию работы характеризуется появлением небольших трещин в отдельных кирпичах. В этой стадии кладка еще несет нагрузку (величина ее составляет 60-80% от разрушающей), и дальнейшего развития трещин при неизменной нагрузке не наблюдается. При увеличении нагрузки после появления первых трещин кладка вступает в третью стадию. Происходит как развитие существующих, так и возникновение и развитие новых трещин, которые соединяются между собой, пересекая значительную часть кладки в вертикальном направлении и

постепенно расслаивая ее на отдельные ветви, каждая из которых оказывается в условиях внецентренного нагружения. При длительном действии этой нагрузки, даже без ее увеличения, будет постепенно (вследствие развития пластических деформаций) происходить дальнейшее развитие трещин, расслаивающих кладку на тонкие гибкие столбики. И третья стадия перейдет в четвертую – стадию разрушения от потери устойчивости расчлененной кладки.

Студент изучает прочность кладки на растяжение, срез и изгиб по перевязанному и неперевязанному сечениям, а также прочность при местном сжатии. Важно усвоить, что прочностные характеристики каменной кладки, применяемые в расчетах, определяются на основании многочисленных испытаний образцов кладки, а в нормах проектирования каменных и армокаменных конструкций расчетные сопротивления кладки приведены в табличной форме в зависимости от вида НДС, марки кирпича и марки раствора (п. 6 [13]). Кроме того, расчетные сопротивления кладки в ряде случаев умножают на коэффициент условий работы, величина которого больше единицы при благоприятных условиях и меньше единицы при неблагоприятных условиях.

Студент осваивает расчеты каменной кладки по первой группе предельных состояний (п. 7 [13]). Он знакомится с методиками расчета по несущей способности центрально и внецентренно сжатых элементов неармированных каменных конструкций, а также элементов с сетчатым армированием. Разъясняется смысл всех коэффициентов, входящих в расчетные формулы, дается понятие о гибкости и расчетной длине элемента. Важно усвоить, что сетчатое армирование с расположением арматуры в горизонтальных швах кладки препятствует развитию в ней поперечных деформаций, воспринимает растягивающее усилие и тем самым разгружает соответствующие компоненты кладки, повышая ее прочность в 2,0-2,5 раза. Сетчатое армирование нужно применять в тех случаях, когда повышение

марок кирпича, камней и растворов не обеспечивает требуемой прочности кладки и площадь поперечного сечения элемента не может быть увеличена. Студенту нужно усвоить, что сетчатое армирование эффективно при эксцентриситетах, не выходящих за пределы ядра сечения, а также, если гибкость не превышает определенный предел ($\lambda_{hi} > 15$ или $\lambda_i > 53$). Студенту необходимо разъяснить каким образом вычисляется процент армирования по объему и указать максимально и минимально допустимые его значения, установленные правилами проектирования. Кроме того студента необходимо познакомить с конструктивными требованиями, которые предъявляются к армированной кладке (п.п. 9.75-9.77 [13]).

Студент изучает предпосылки расчета каменной кладки по предельным состояниям второй группы (п. 8 [13]). Он должен знать, что для внецентренно сжатых неармированных элементов при эксцентриситете продольной силы $e_0 > 0,7y$ (y – расстояние от центра тяжести сечения до сжатого его края в сторону эксцентриситета) кроме расчета на прочность необходимо выполнять расчет на образование и раскрытие трещин (швов кладки). Этот расчет (п. 8.2 – 8.3 [13]) должен производиться на воздействие расчетных нагрузок исходя из следующих положений:

- при расчете принимается линейная эпюра напряжений внецентренного сжатия как для упругого тела;
- расчет производится по условному краевому напряжению растяжения, которое характеризует величину раскрытия трещин в растянутой зоне.

Кроме того, он должен усвоить, что конструкции, в которых по условиям эксплуатации не может быть допущено появление трещин в штукатурных и других покрытиях, должны быть проверены на деформации растянутых поверхностей. Студента знакомят с методиками определения

этих деформаций, а также с их максимально допустимыми значениями (п. 8.4 – 8.5 [13]).

Студент знакомится с основами проектирования каменных стен в зданиях (п. 6 [15]). Ему необходимо усвоить, что правилами проектирования каменных конструкций установлены предельные отношения высоты к толщине стен и столбов, которые зависят от группы кладки и других факторов. Важно понять, что при расчете на горизонтальные нагрузки, внецентренное и центральное сжатие каменные стены и столбы принимаются опертыми в горизонтальном направлении на междуэтажные перекрытия, покрытия и поперечные стены, а сами эти опоры делятся на жесткие и упругие. Студенту разъясняют основы расчетов несущих стен зданий с жесткой и упругой конструктивной схемой. Он должен усвоить, что в многоэтажных зданиях с жесткой конструктивной схемой продольные стены и столбы рассматриваются как вертикальные неразрезные многопролетные балки, опертые на неподвижные опоры – перекрытия. С целью упрощения расчета допускается рассматривать продольную стену или столб расчлененными по высоте на однопролетные балки с расположением опорных шарниров в уровне низа плит или балок перекрытий. Нагрузка, действующая на стену или столб каждого этажа, состоит из нагрузки от вышележащих этажей и нагрузки от перекрытия, опирающегося на стену или столб рассматриваемого этажа. Поперечные стены – устои в зданиях с жесткой конструктивной схемой рассчитывают как консоли, заделанные в фундамент, и имеют форму поперечного сечения в виде двутавра, тавра или швеллера. Элементы здания с упругой конструктивной схемой рассматривают как конструкции рамной системы, выделяя один ряд поперечных конструкций. Рассматриваются особенности проектирования каменных конструкций, возводимых в зимнее время (п. 8 [15]).

Содержание практических занятий в шестом семестре

Задача 1. Определение несущей способности изгибаемого железобетонного элемента прямоугольного поперечного сечения с одиночной арматурой при $\xi < \xi_R$ (2 часа).

Задача 2. Определение несущей способности изгибаемого железобетонного элемента прямоугольного поперечного сечения с одиночной арматурой при $\xi > \xi_R$ (2 часа).

Задача 3. Определение площади сечения растянутой и сжатой продольной арматуры изгибаемого железобетонного элемента прямоугольного профиля (2 часа).

Задача 4. Определение размеров прямоугольного поперечного сечения и площади растянутой продольной арматуры изгибаемого железобетонного элемента (2 часа).

Задача 5. Проверка несущей способности изгибаемого железобетонного элемента таврового поперечного сечения с одиночной арматурой (2 часа).

Задача 6. Определение площади сечения продольной растянутой арматуры изгибаемого железобетонного элемента таврового профиля (2 часа).

Задача 7. Определение площади сечения продольной арматуры во внецентренно сжатом железобетонном элементе при малом эксцентриситете ($e_0 \leq h/30$) продольной силы (2 часа).

Задача 8. Определение площади сечения симметричной продольной арматуры внецентренно сжатого железобетонного элемента прямоугольного профиля (2 часа).

Содержание лабораторных работ в седьмом семестре

Лабораторная работа 1. Испытание железобетонной балки на изгиб с разрушением по нормальному сечению. Обработка показаний приборов, определение теоретических значений момента образования трещин, предельного момента, ширины раскрытия нормальных трещин и прогиба при разрушении балки, а также их сравнение с опытными величинами. (4 часа).

Лабораторная работа 2. Испытание железобетонной балки на изгиб с разрушением по наклонному сечению. Обработка показаний приборов, сравнение опытных и теоретических данных. (4 часа).

Задача 1. Расчет на прочность монолитной железобетонной плиты, опертой на стальные балки (2 часа).

Задача 2. Расчёт на прочность плиты, опёртой по контуру (2 часа).

Задача 3. Определение несущей способности неармированного кирпичного столба и столба с сетчатым армированием при различных значениях эксцентриситета продольной силы (3 часа).

Задача 4. Определение несущей способности кирпичного столба при его усилении стальной, железобетонной и растворной обоями для различных значений эксцентриситета продольной силы (2 часа).

Вопросы к зачету (6 семестр)

1. Сущность железобетона. Достоинства и недостатки. Области применения. Понятие о предварительно напряженном железобетоне.
2. Основы прочности бетона. Влияние различных факторов на прочность бетона.

3. Прочность бетона на осевое сжатие. Кубиковая прочность. Призменная прочность. Прочность бетона при длительном действии нагрузки.
4. Прочность бетона на осевое растяжение и срез. Классы и марки бетона.
5. Прочность бетона при многократно повторяемых нагрузках. Динамическая прочность бетона.
6. Деформативность бетона. Виды деформаций. Предельные деформации бетона перед разрушением.
7. Арматура, ее назначение и классификация. Требования по применению арматуры в железобетонных конструкциях.
8. Механические свойства арматурных сталей.
9. Арматурные изделия.
10. Стадии напряженно-деформированного состояния железобетонных элементов. Предпосылки расчета на прочность по нормальным сечениям.
11. Метод расчета железобетонных конструкций по предельным состояниям. Классификация нагрузок. Нормативные и расчетные значения нагрузок. Сочетания нагрузок.
12. Нормативные и расчётные сопротивления бетона. Нормативные и расчётные сопротивления арматуры. Общий вид формул для расчета железобетонных конструкций по первой и второй группам предельных состояний.
13. Расчет прочности по нормальным сечениям изгибаемых железобетонных элементов прямоугольного профиля с одиночной арматурой.

14. Типы задач по расчету нормальных сечений изгибаемых железобетонных элементов прямоугольного профиля с одиночной арматурой.

15. Защитный слой бетона. Конструктивные требования к минимальным и максимальным расстояниям между стержнями арматуры.

16. Расчет прочности по нормальным сечениям изгибаемых железобетонных элементов прямоугольного профиля с двойной арматурой.

17. Типы задач по расчету нормальных сечений изгибаемых железобетонных элементов прямоугольного профиля с двойной арматурой.

18. Расчет прочности по нормальным сечениям изгибаемых железобетонных элементов таврового профиля. Два расчетных случая.

19. Типы задач по расчету нормальных сечений изгибаемых железобетонных элементов таврового профиля.

20. Расчет прочности железобетонных элементов по наклонным сечениям. Возможные формы разрушения при совместном действии изгибающих моментов и поперечных сил.

21. Расчет железобетонных элементов по наклонным сечениям на действие поперечных сил.

22. Расчет железобетонных элементов по наклонным сечениям на действие моментов.

23. Расчет железобетонных элементов по полосе между наклонными сечениями. Конструктивные требования к поперечному армированию изгибаемых элементов.

24. Расчет по прочности прямоугольных сечений сжатых элементов при малой величине эксцентриситета ($e_0 \leq h/30$) и гибкости ($l_0/h \leq 20$). Типы задач.

25. Расчет по прочности прямоугольных сечений внецентренно сжатых железобетонных элементов. Учет влияния продольного изгиба. Два случая расчета в зависимости от величины эксцентриситета продольной силы.

26. Типы задач по расчету внецентренно сжатых железобетонных элементов прямоугольного сечения. Конструктивные требования к поперечному армированию внецентренно сжатых элементов.

27. Расчет по прочности сечений центрально растянутых железобетонных элементов. Расчет по прочности прямоугольных сечений внецентренно растянутых железобетонных элементов.

28. Расчет железобетонных элементов по образованию трещин.

29. Расчет железобетонных элементов по продолжительному и непродолжительному раскрытию трещин. Определение ширины раскрытия нормальных трещин. Значения предельно допустимой ширины раскрытия трещин.

30. Расчет железобетонных элементов по прогибам. Определение кривизны железобетонных элементов для участков без трещин и с трещинами в растянутой зоне. Определение жесткости железобетонных элементов на участке без трещин и с трещинами в растянутой зоне.

31. Предварительные напряжения арматуры и их снижение вследствие потерь.

Вопросы к экзамену (7 семестр)

1. Общие положения расчета железобетонных конструкций методом предельного равновесия. Понятие о пластическом шарнире.

2. Статический и кинематический способы определения усилий.

3. Классификация плоских железобетонных перекрытий и особенности их расчета.
4. Балочные сборные перекрытия. Расчет плит. Проектирование неразрезного ригеля.
5. Конструктивные схемы зданий. Связевая, рамная и рамно-связевая системы многоэтажных каркасных зданий.
6. Конструкции многоэтажных каркасных зданий по сериям ИИ-20 (420) и 1.020-1/87.
7. Ребристые монолитные перекрытия с балочными плитами. Компоновка конструктивной схемы. Расчет и конструирование плиты.
8. Ребристые монолитные перекрытия с балочными плитами. Расчет и конструирование балок.
9. Ребристые монолитные перекрытия с плитами, опертыми по контуру. Конструктивные схемы.
10. Ребристые монолитные перекрытия с плитами, опертыми по контуру. Расчет и конструирование плиты.
11. Ребристые монолитные перекрытия с плитами, опертыми по контуру. Расчет и конструирование балок.
12. Безбалочные монолитные перекрытия. Расчет и конструирование плиты.
13. Безбалочные монолитные перекрытия. Расчет плиты на продавливание. Типы капителей и их армирование.
14. Отдельно стоящие фундаменты под железобетонные колонны. Конструктивные требования к материалам, геометрическим размерам и армированию.

15. Отдельно стоящие фундаменты под железобетонные колонны. Определение размеров подошвы.

16. Отдельно стоящие фундаменты под железобетонные колонны. Расчет на продавливание плитной части от низа монолитной колонны или подколонника.

17. Отдельно стоящие фундаменты под железобетонные колонны. Расчет на продавливание колонной от дна стакана.

18. Отдельно стоящие фундаменты под железобетонные колонны. Расчет на раскалывание.

19. Отдельно стоящие фундаменты под железобетонные колонны. Расчет плитной части на поперечную силу и обратный момент.

20. Отдельно стоящие фундаменты под железобетонные колонны. Определение площади арматуры плитной части.

21. Отдельно стоящие фундаменты под железобетонные колонны. Расчет поперечных сечений подколонника.

22. Отдельно стоящие фундаменты под железобетонные колонны. Расчет подколонника на местное сжатие.

23. Отдельно стоящие фундаменты под железобетонные колонны. Расчет по образованию и раскрытию трещин плитной части и подколонника.

24. Каменные и армокаменные конструкции. Достоинства и недостатки. Применяемые материалы.

25. Напряженное состояние камня и раствора при сжатии кладки. Стадии работы каменной кладки под нагрузкой при сжатии.

26. Прочность каменной кладки при растяжении, изгибе и срезе.

27. Расчет на прочность центрально сжатых неармированных элементов каменных конструкций.

28. Расчет на прочность внецентренно сжатых неармированных элементов каменных конструкций.

29. Расчет на прочность центрально сжатых элементов каменных конструкций с сетчатым армированием.

30. Расчет на прочность внецентренно сжатых элементов каменных конструкций с сетчатым армированием.

31. Расчет элементов каменных конструкций по предельным состояниям второй группы.

32. Проектирование каменных стен зданий.

33. Особенности проектирования каменных конструкций, возводимых в зимнее время.

Рекомендуемая литература

1. Байков В.Н., Сигалов Э.Е. Железобетонные конструкции: Общий курс. М.: ООО "БАСТЕТ", 2009. – 768 с.
2. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. М.: 2015.
3. СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. М.: 2011.
4. Габрусенко В.В. Основы расчета железобетона в вопросах и ответах. М.: Изд-во АСВ, 2014. – 160 с.
5. Свистунов В.В., Ломунов А.К. Основы сопротивления железобетона. Курс лекций по дисциплине «Железобетонные и каменные конструкции». Н.Новгород, 2012. – 85 с.
6. Свистунов В.В., Ломунов А.К. Расчет элементов железобетонных конструкций. Н.Новгород, 2015. – 90 с.
7. Кодыш Э.Н., Никитин И.К., Трекин Н.Н. Расчет железобетонных конструкций из тяжелого бетона по прочности, трещиностойкости и деформациям. М.: Изд-во АСВ, 2011. – 352 с.
8. Расчет железобетонных конструкций без предварительно напряженной арматуры. Методическое пособие к СП 63.13330.2012. М.: 2015.
9. Методическое пособие по расчету предварительно напряженных железобетонных конструкций (к СП 63.13330.2012). М.: 2015.
10. Руководство по расчету статически неопределимых железобетонных конструкций. М.: Стройиздат, 1975. – 193 с.
11. Пособие по проектированию фундаментов на естественном основании под колонны зданий и сооружений (к СНиП 2.03.01-84 и СНиП 2.02.01-83). М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. – 112 с.
12. Нифонтов А.В., Макаров А.Д. Расчет и конструирование отдельных фундаментов под колонны. Н.Новгород, 2010. – 43 с.
13. СП 15.13330.2012. Каменные и армокаменные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-22-81*. М.: 2012.

14. Пособие по проектированию каменных и армокаменных конструкций (к СНиП II-22-81). М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1987. – 152 с.
15. Бедов А.И., Щепетьева Т.А. Проектирование каменных и армокаменных конструкций. М.: Изд-во АСВ, 2003. – 240 с.
16. Ухов С.Б., Семенов В.В., Знаменский В.В. и др. Механика грунтов, основания и фундаменты / Учебное пособие: - М.: Изд-во АСВ, 2005. – 528 с.
17. ГОСТ 27751-2014. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения. М.: Стандартинформ, 2015. – 13 с.

Ламзин Дмитрий Александрович

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ
«ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ И КАМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ»

Учебно-методическое пособие

Подписано в печать Формат 60x90 1/16 Бумага газетная. Печать трафаретная.
Уч. изд. л.3,1. Усл. печ. л.3,2. Тираж 300 экз. Заказ №

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
603950, Нижний Новгород, ул. Ильинская, 65.
Полиграфический центр ННГАСУ, 603950, Н.Новгород, Ильинская, 65
<http://www.nngasu.ru>, srec@nngasu.ru