

577



РАСЧЕТ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ И КАМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

**Методические указания
к разработке расчетно-конструктивного раздела
выпускной квалификационной работы бакалавра
по направлению «Строительство»**

Воронеж 2015

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования

УДК 624.012.45+624.012.1(07)

ББК 38.51+38.53я73

«Воронежский государственный архитектурно-строительный университет»

Составители

С.Г. Ларионов, А.Э. Поликутин, К.В. Макарычев

Расчет железобетонных и каменных конструкций: метод. указания к разработке расчетно-конструктивного раздела выпускной квалификационной работы бакалавра по направлению «Строительство» / Воронежский ГАСУ; сост.: С.Г. Ларионов, А.Э. Поликутин, К.В. Макарычев. – Воронеж, 2015. – 15 с.

РАСЧЕТ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ И КАМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

*Методические указания
к разработке расчетно-конструктивного раздела
выпускной квалификационной работы бакалавра
по направлению «Строительство»*

Методические указания составлены на основании Положения об итоговой государственной аттестации выпускников высших учебных заведений и включает в себя основные требования к расчетно-конструктивному разделу (расчет железобетонных и каменных конструкций).

Предназначено для оказания методической помощи в процессе выполнения ВКР студентам, обучающимся по направлению 080301 (270800) «Строительство» профиль "Промышленное и гражданское строительство" всех форм обучения, а также для руководителей и консультантов ВКР.

Ил. 3. Библиогр.: 25 назв.

УДК 624.012.45+624.012.1(07)

ББК 38.51+38.53я73

*Печатается по решению учебно-методического совета
Воронежского ГАСУ*

Рецензент – С.Н. Золотухин, проф. кафедры строительных конструкций, оснований и фундаментов имени профессора Ю.М.Борисова Воронежского ГАСУ

Воронеж 2015

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания составлены для студентов с целью оказания помощи на завершающем этапе обучения – выполнении выпускной квалификационной работы (ВКР).

Расчетно-конструктивный раздел является важнейшей частью ВКР и составляет до 35% от общего объема работы. В методическом плане, раздел выполняется с целью укрепления навыков самостоятельного принятия решений, обобщения комплекса знаний полученных в результате обучения. В оценочном плане проверяется степень подготовки бакалавра как специалиста в области проектирования конструкций широкого класса зданий и сооружений. Результаты работы по разделу сопоставляются с квалификационными требованиями.

Отправной точкой для выполнения работ по разделу является вариантное проектирование, позволяющее оптимизировать принимаемое конструктивное решение по технико-экономическим параметрам.

Цель работы над расчетно-конструктивным разделом – обоснование принятого объемно-планировочного и конструктивного решения расчетными методами, в т.ч. обеспечение механической прочности конструктивных элементов, проверка жесткости и устойчивости несущих конструкций здания в целом.

Задание на выполнение *расчетно-конструктивного раздела* выпускной квалификационной работы студент получает индивидуально у консультантов по подразделам (инженерно-геологические условия площадки строительства, расчет и проектирование конструкций, расчет оснований и проектирование фундаментов). При выполнении проектирования в рамках подраздела «Расчет и проектирование конструкций», студентов консультируют преподаватели кафедры «Строительные конструкции, основания и фундаменты имени профессора Ю.М.Борисова». Раздел выполняется по этой кафедре, если по заданию руководителя ВКР необходим расчет железобетонных или каменных конструкций.

При разработке ВКР по направлению «Строительство», профиль «Промышленное и гражданское строительство» содержание подраздела «Расчет и проектирование конструкций» должно отвечать требованиям СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003 и СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* [1,2].

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ПОДРАЗДЕЛА

На основании задания и исходных данных, выданных консультантом подраздела «Инженерно-геологические условия площадки строительства» а также результатов оценки инженерно-геологических условий площадки строительства, принимается решение о возможных конструктивных решениях фундаментов. Окончательно, способ устройства фундаментов выбирается в зависимости от конструктивной схемы здания, принятой на основании технико-экономического сравнения вариантов. Выбранный тип фундамента согласуется с консультантом по подразделу «Расчет оснований и проектирование фундаментов». Студент приступает к подразделу «Расчет и проектирование конструкций» после разработки архитектурных и объемно-планировочных решений, их окончательного утверждения консультантом архитектурного раздела и руководителем ВКР.

Одним из наиболее эффективных способов организации проектирования строительных конструкций является автоматизация выполнения разделов проектной документации. Современные программные средства автоматизации позволяют формировать расчетные схемы зданий и сооружений, выполнять статические и динамические расчеты, анализировать напряженно-деформированное состояние, создавать рабочие несущих строительных конструкций.

При выполнении подраздела «Расчет и проектирование конструкций», студентами должны быть максимально использованы знания и практические навыки по работе с вычислительными комплексами «Лира», «SCAD» [8-11, 22] и др., полученные в процессе обучения.

Чертежи несущих конструкций здания выполняются в объеме стадии «Проект», а армирование элементов, детали, стыки и узлы – в объеме стадии «Рабочая документация». Состав чертежей, и правила оформления приведены в [7,8].

Графическая часть конструктивного подраздела состоит из 1–2 листов чертежей формата А1 и текстовой части объемом 25–30 стр. в пояснительной записке. Варианты объемно планировочных решений, рассматриваемые в процессе вариантного проектирования приводятся на 1 листе формата А1.

При разработке проекта следует проводить четкую увязку разделов между собой. Так, например, в наиболее ответственной начальной стадии проектирования отбор и анализ вариантов конструктивных решений следует проводить параллельно с выполнением архитектурно-строительного раздела. Варианты должны иметь не только оптимальные технико-экономические показатели, но и удовлетворять функциональным и архитектурным требованиям, предъявляемым к объекту в зависимости от существующей застройки. При оценке вариантов важно иметь сведения об эффективных приемах возведения зданий и сооружений с различными конструктивными системами, которые обеспечивают снижение трудоемкости строительного-монтажных работ.

Расчетно-пояснительная записка должна отражать в полном объеме все указанные выше разделы и подразделы. Расчеты конструкций должны быть выполнены в объеме, необходимом для обоснования принятых в данном проекте конструктивных решений. Исходные данные к расчетам, расчетные схемы и результаты расчетов должны быть приведены в пояснительной записке. В приложения к расчетно-пояснительной записке включают вспомогательный материал, необходимый для понимания содержания основной части – распечатки таблиц с численными результатами расчетов и расчетными сочетаниями усилий, изополя напряжений и эпюры усилий в элементах конструкций, копии использованных в работе документов (патенты и изобретения), сертификаты и т.п.

2. ВАРИАНТНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Подраздел консультирует руководитель выпускной квалификационной работы¹

Этот раздел является начальным и важнейшим этапом ВКР. Вариантное проектирование следует выполнять одновременно с разработкой архитектурно-строительного раздела. Задача этого вида проектирования заключается в поиске рационального варианта конструктивного и объемно-планировочного решения здания, максимально удовлетворяющего технико-экономическим требованиям, архитектурным требованиям и функциональному назначению проектируемого здания. Выбор такого варианта выполняется на основе отбора и технико-экономического анализа наиболее прогрессивных и оригинальных конструктивных решений покрытия, перекрытия или всего здания в целом. Техно-экономическая оценка вариантов выполняется по материалоемкости, трудоемкости строительно-монтажных работ, по стоимости и приведенным затратам.

Количество вариантов возможных конструктивных решений, отбираемых для сравнения, обычно оговаривается заданием на проектирование, но должно быть не менее трех.

Расходы материалов подсчитываются приблизительно на основе упрощенных прочностных расчетов главных конструктивных элементов. Трудоемкость и стоимость строительно-монтажных работ также оценивается приблизительно с использованием соответствующих сборников. Для проверки достоверности полученных технико-экономических показателей рекомендуется сопоставить их с опубликованными данными для аналогичных конструктивных решений. С соответствующей корректировкой, допускается и непосредственное использование этих сведений для технико-экономической оценки рассматриваемых вариантов.

Критерием выбора окончательного варианта для последующего проектирования является минимум приведенных затрат. Однако при этом следует учитывать и такие важные факторы, как новизна и оригинальность конструктивных решений, архитектурная выразительность, продолжительность строительства.

В расчетно-пояснительной записке кратко описываются принимаемые объемно-планировочные и конструктивные решения, приводятся обоснования отбора вариантов для сравнения и расчеты по приближенному определению расхода материалов, трудоемкости, стоимости и приведенных затрат. Раздел завершается заключением по выбору варианта для дальнейшего проектирования с анализом его достоинств и недостатков.

¹ Только для студентов выполняющих ВКР по кафедре строительных конструкций, оснований и фундаментов имени профессора Ю.М.Борисова

3. РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ

2.1. Графическая часть вариантного проектирования

Графическая часть вариантного проектирования состоит из одного листа формата А1, содержит планы и разрезы с указанием только основных размеров. Для зданий большой протяженности планы и разрезы приводятся для типовой секции. Важно, чтобы чертежи давали четкое представление о применяемых конструкциях. При одинаковом объемно-планировочном решении, на листе показывают только один план и варианты разрезов. Вариант, выбранный для детального проектирования, рекомендуется выделить.

В вариантном проектировании можно рассматривать:

- различные схемы расположения диафрагм жесткости в плане здания и сравнивать их по эффективности обеспечения общей устойчивости и жесткости (для многоэтажных зданий каркасной системы);
- виды ригелей и колонн, типы сечений;
- различные конструктивные материалы;
- различные конструкции стенового ограждения;
- различные по конструктивному исполнению виды покрытий и перекрытий;
- варианты исполнения несущих конструкций: сборные, монолитные, сборно-монолитные;
- различные конструктивные схемы зданий: бескаркасные, с рамным каркасом, со связевым каркасом, рамно-связевые.

При оформлении графической части ВКР следует руководствоваться требованиями ГОСТ [7, 8].

3.1 Расчет железобетонных и каменных конструкций

Подраздел консультируют преподаватели кафедры: «Строительные конструкции, основания и фундаменты имени профессора Ю.М. Борисова»

В подразделе производятся расчеты и конструирование основных надземных несущих конструкций проектируемого здания или сооружения. Состав конструкций, подлежащих разработке, согласовывается с руководителем. Расчеты, как правило, должны выполняться с использованием сертифицированных вычислительных комплексов, наиболее широко используемых в практике проектирования. Расчетам должна предшествовать предварительная работа по формированию адекватной расчетной модели здания или проектируемой конструкции. При выборе модели здания рекомендуется выполнить обоснованный переход от пространственной системы здания к плоской расчетной схеме. При этом ряд плоских (плитных) конструкций может быть заменен стержневой аппроксимацией. Стержневые модели просты и универсальны. Среди важных достоинств стержневых конструкций следует отметить точное определение усилий в их элементах. Замена пространственных конструкций плоскими расчетными схемами позволяет значительно снизить трудоемкость формирования исходных данных, снизить объем и упростить анализ результатов расчетов.

Этот прием можно продемонстрировать на примере расчета пространственного каркасного здания. Если центр масс и центр жесткости этажа совпадают, то отсутствует эффект закручивания здания от горизонтальных нагрузок, и расчетную схему такого сооружения можно представить в виде ряда плоских рам. На рис. 3.1 а изображен схематичный план конструкции этажа каркасного здания до оси симметрии. Жирными линиями выделены поперечные диафрагмы жесткости. Требуется составить расчетную схему для расчета каркаса здания на горизонтальные (ветровые) нагрузки, а так же на сейсмические воздействия в поперечном направлении. Здесь может быть применен такой прием: выставить поперечные рамы вместе с диафрагмами жесткости в одну линию (рис. 3.1 б), объединить горизонтальные перемещения всех узлов этажа (узлы с 11 по 20, с 21 по 30, с 31 по 40). Здесь перемещения узлов 1-10 объединять не нужно, так как в защемлении они отсутствуют. Диафрагмы жесткости моделируются либо стержнями (как это показано на рис. 3.1 б), либо разбиваются на конечные элементы, например, типа балки-стенки. При объединении перемещений для расчетов на сейсмические воздействия, инерционные массы помещаются в любой узел перекрытия этажа. На рис. 3.1 б массы сосредоточены в узлах диафрагмы.

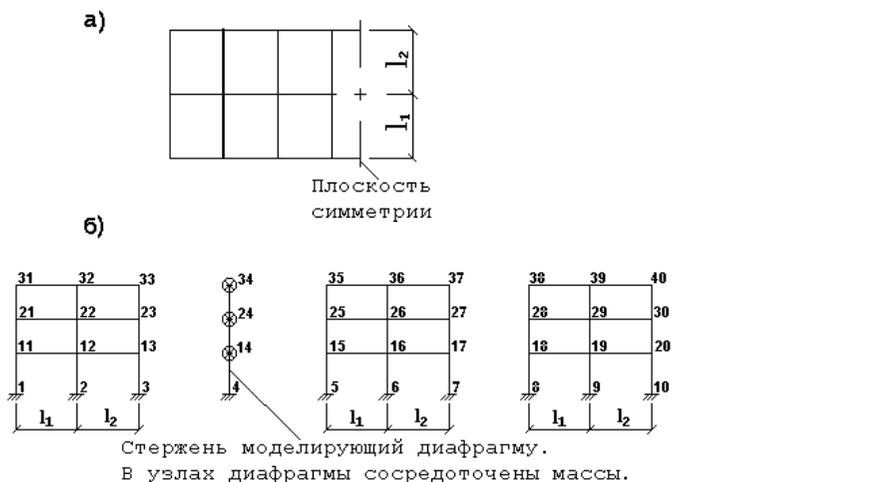


Рис. 3.1. Замена пространственного каркаса здания плоской расчетной схемой

В целом ряде случаев, упрощение расчетной модели может быть достигнуто за счет использования стержневой аналогии плоских конструкций (типа плита или балка-стенка). Переход от плитной модели к стержневой рассмотрим на примере преобразования вертикальной диафрагмы здания с каркасной обстройкой. Если диафрагма жесткости имеет отношение $H/a > 6$, то она может быть заменена стержнем эквивалентной жесткости, а для включения этого стержня в совместную работу с каркасом используются абсолютно жесткие вставки. На рис. 3.2 показано применение этого приема для фрагмента рамно-связевой системы в случае, если диафрагма не имеет проемов, а на рис. 3.3 - показан этот же прием, если диафрагма имеет проемы. Формирование расчетной модели включает следующие процессы:

3.1.1. Геометрическое моделирование

Геометрическое моделирование включает назначение размеров сечений элементов расчетной схемы, шага и пролета конструкций, общих габаритов. При геометрическом моделировании следует учитывать, что геометрические центры поперечных сечений конструктивных элементов должны совпадать с центрами элементов расчетной схемы, моделирующих их работу. В рамках геометрического моделирования могут быть рассмотрены вопросы о придании

модели свойств регулярности или симметрии даже в случае если сам объект не является строго регулярным или симметричным.

3.1.2. Назначение свойств материалу конструкций

Назначение свойств материалу конструкций заключается в выборе класса бетона и арматуры, марки кирпича и раствора, прочности древесины. Наряду с прочностными задаются и деформационные характеристики конструктивных материалов. При этом деформационные характеристики одного и того же материала могут изменяться в зависимости от уровня действующих напряжений или условно приниматься неизменными.

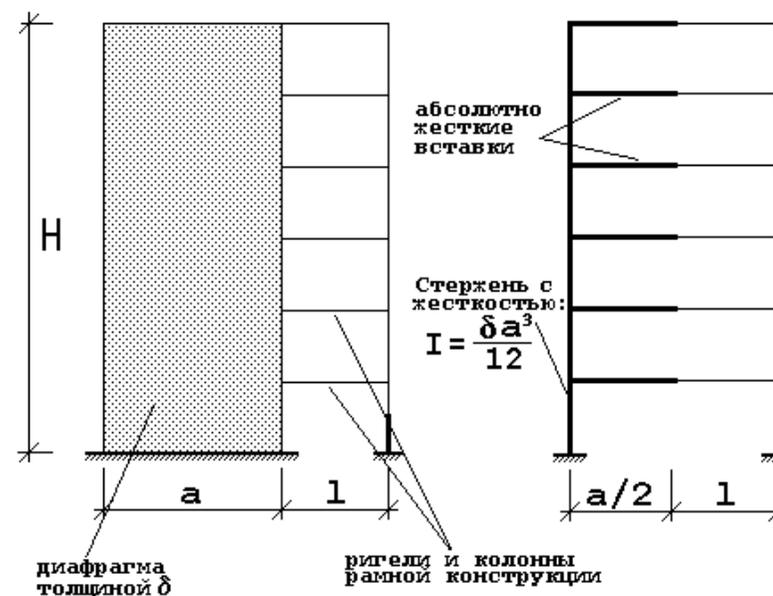


Рис.3.2. Использование стержневой аналогии для вертикальной диафрагмы жесткости рамно-связевой системы без проемов

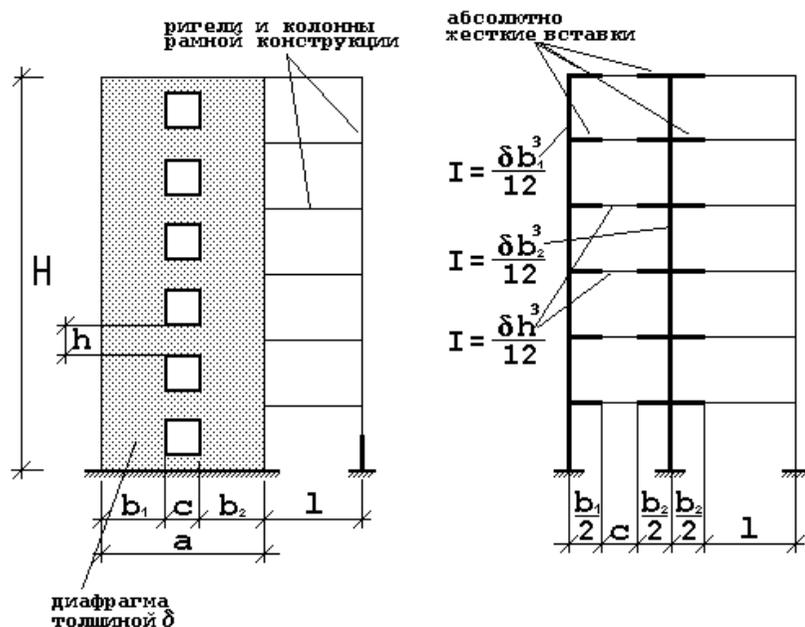


Рис. 3.3. Использование стержневой аналогии для вертикальной диафрагмы жесткости с проемами

3.1.3. Моделирование нагрузок

Моделирование нагрузок формируются схемы загрузки здания или рассчитываемой конструкции. Величины временных нагрузок, их полное нормативное и пониженное значение принимаются в соответствии с действующими нормами. Постоянные нагрузки рассчитываются исходя из размеров конструктивных элементов, их объемного веса, состава и плотности стяжек, засыпок, конструкции полов и кровли. Процесс сбора нагрузок должен отображаться в табличной форме с указанием коэффициентов надежности по нагрузкам и по зданию. При сборе нагрузок следует разделять их расчетные и нормативные значения для выполнения расчетов по группам предельных состояний. Для выявления расчетных усилий в отдельных конструктивных элементах, в общем случае требуется формирование ряда сочетаний нагрузок. Формирование соче-

таний нагрузок и определение их расчетных комбинаций выполняется автоматически при использовании вычислительных комплексов.

В исключительных случаях, при отсутствии программного обеспечения по каким-либо выбранным видам конструкций допускается производить их статистический расчет приближенными методами, а также с помощью расчетных таблиц, графиков и формул, взятых из справочной литературы. Расчеты статически неопределимых конструкций следует, как правило, выполнять по методу предельного равновесия с соответствующим перераспределением усилий. Ручные методы расчета могут быть использованы и для проверки результатов машинного расчета на наличие грубых ошибок. Необходимость проверки должна быть согласована с руководителем квалификационной работы.

Для расчета и конструирования выбираются 2 конструкции, рассчитываемые отдельно или в составе здания. При этом следует избегать расчетов однотипных конструкций и элементов.

Расчеты железобетонных элементов завершаются составлением таблиц с указанием требуемой площади арматуры и упрощенными схемами расположения рабочей арматуры с указанием диаметра, шага, класса арматуры. Эта информация в дальнейшем используются для разработки рабочих чертежей.

Пояснительная записка подраздела «Расчет и проектирование конструкций» (наземные конструкции) включает:

1. Краткое описание конструктивной схемы здания и конструкций, принятых для расчета и проектирования.
2. Сбор нагрузок на конструкции. Обоснование выбора расчетной схемы (модели) конструкции или здания, схемы загрузки.
3. Основные результаты расчетов. Краткие выводы по результатам расчетов конструкции или здания.

3.2. Графическая часть к подразделу «Расчет и проектирование конструкций»

Графическая часть к расчетно-конструктивному разделу (наземные конструкции) включает 1 лист формата А1, планы и разрезы, маркировку элементов конструкций, чертежи проектируемых конструкций и узлов, спецификации к чертежам. Содержание чертежей согласовывается с руководителем квалификационной работы. При необходимости, количество листов (по согласованию с руководителем) может быть увеличено до двух.

При оформлении графической части ВКР следует руководствоваться требованиями ГОСТ [7, 8].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. Москва, 2012.
2. СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. Москва, 2011.
3. СП 15.13330.2012. Каменные и армокаменные конструкции. Актуализированная редакция [СНиП](#) П-22-81*. Москва, 2012.
4. СП 16.13330.2011 Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП П-23-81*. Москва, 2011.
5. СНиП 52-103-2007. Железобетонные монолитные конструкции зданий. – М.: ФГУП «НИЦ «Строительство» 2007 г.
6. СП 52-117-2008. Железобетонные пространственные конструкции покрытий. Часть I. Методы расчета и конструирования. – М.: ФГУП «НИЦ «Строительство», 2008.
7. ГОСТ Р 21.1101-13. СПДС. Основные требования к проектной и рабочей документации [Текст]. – Взамен ГОСТ Р 21.1101-09; введ. 2014-01-01. – М.: Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии; М.: Изд-во Стандартиформ, 2013.– 59 с.
8. ГОСТ 21.501-2011. Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации архитектурных и конструктивных решений. – М., Стандартиформ, 2013. – 45 с.
9. Барабаш М.С. Гераймович Ю.Д. и др. Пакеты прикладных программ для автоматизированного проектирования конструкций. Учебное пособие. – К.: Факт, 2006.-112 с.
10. Боговис В.Е, Гензерский Ю.В. и др. Лира 9.4. Примеры расчета и проектирования. Учебное пособие. – К.: Факт, 2008.-280 с.
11. Барабаш М.С., Медведенко Д.В. и др. Программные комплексы САПФИР и ЛИРА-САПР – основа отечественных BIM-технологий
12. Семенов А.А., Габитов А.И. Проектно-вычислительный комплекс SCAD в учебном процессе. – М.: СКАД СОФТ, 2009.-152 с.
13. Каприловский В.С., Криксунов Э.З. и др. Вычислительный комплекс SCAD. – М.: АСВ, 2007.-592 с.
14. Бедов А.И., Габитов А.И. Проектирование, восстановление и усиление каменных и армокаменных конструкций. – М.: Издательство АСВ, 2008.-568 с.
15. Бондаренко В.М., Римшин В.И. Примеры расчетов железобетонных и каменных конструкций. – М.: Высш. шк., 2006.-504 с.
16. Заикин А.И. Проектирование железобетонных конструкций многоэтажного промышленного здания.- М.: АСВ, 2002. –192 с.
17. Заикин А.И. Железобетонные конструкции одноэтажных промышленных зданий (примеры расчета). Учеб.пособие/ - М.: АСВ, 2002.-271 с.

18. Добромысов А.Н. Примеры расчета конструкций железобетонных инженерных сооружений. – М.: АСВ, 2010. – 272 с.
19. Добромысов А.Н. Примеры динамических расчетов железобетонных сооружений. – М.: АСВ, 2013. – 224 с.
20. Колчунов В.И. Пространственные конструкции покрытий. - М.: АСВ, 2008.- 352 с.
21. Лебедева Н.В. Фермы, арки, тонкостенные пространственные конструкции. – М.: «Архитектура – С», 2006. – 120 с.
22. Маилян Р.Л., Маилян Д.Р и др. Строительные конструкции. – Ростов н/Д: Феникс, 2008. – 875 с.
23. Нанасова С.М., Михайлин В.М. Монолитные жилые здания. – М.: АСВ, 2006.- 136 с.
24. Георгиевский О.В. Строительные чертежи. – М.: «Архитектура – С», 2009. – 376 с.
25. Ларионов С.Г. Использование средств автоматизации при расчетах строительных конструкций. Учебное пособие. Воронеж, 2014. – 60 с.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАЗДЕЛА	4
2. ВАРИАНТНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ	6
2.1. Графическая часть вариантного проектирования	7
3. РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ	8
3.1 Расчет железобетонных и каменных конструкций	8
3.1.1 Геометрическое моделирование	9
3.1.2 Назначение свойств материалу конструкций	10
3.1.3 Моделирование нагрузок	11
3.2. Графическая часть к подразделу «Расчет и проектирование конструкций»	12
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	13

РАСЧЕТ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ И КАМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Методические указания
к разработке расчетно-конструктивного раздела
выпускной квалификационной работы бакалавра
по направлению «Строительство»

Составители: канд. техн. наук, доц. Ларионов Сергей Григорьевич,
канд. техн. наук, доц. Поликутин Алексей Эдуардович,
старший преподаватель Макарычев Константин Владимирович
Фото на обложке: Сборные перекрытия <http://stroykaminsk.by/plity-perekrytiya/vidy-perekrytij>

Редактор Аграновская Н.Н.

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16. Уч.-изд. 0,9.
Усл.-печ.л.0,9 Бумага писчая. Тираж 300 экз. Заказ № ____

Отпечатано: отдел оперативной полиграфии издательства учебной литературы
и учебно-методических пособий Воронежского ГАСУ
394006 Воронеж, ул.20-летия Октября, 84