

# 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 строительно-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 работы<sup>1</sup>*

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.

---

<sup>1</sup> 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.

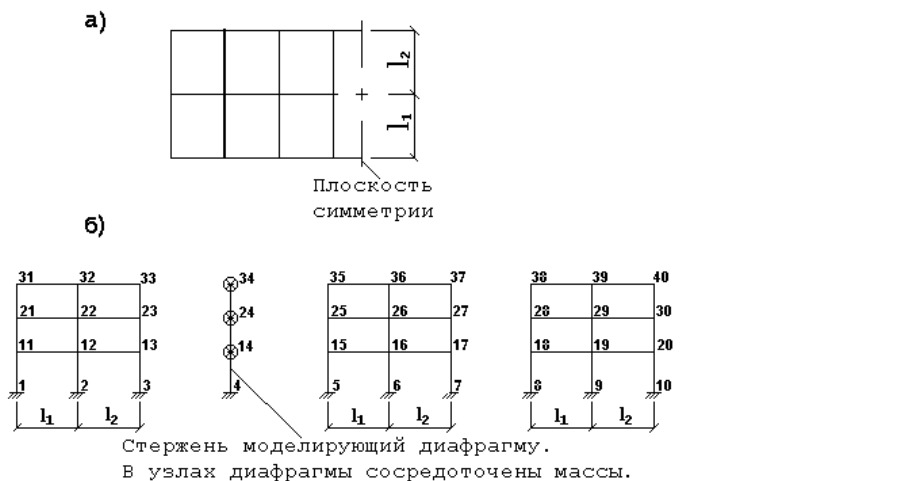


Рис. 3.1. Замена пространственного каркаса здания плоской расчетной схемой

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.

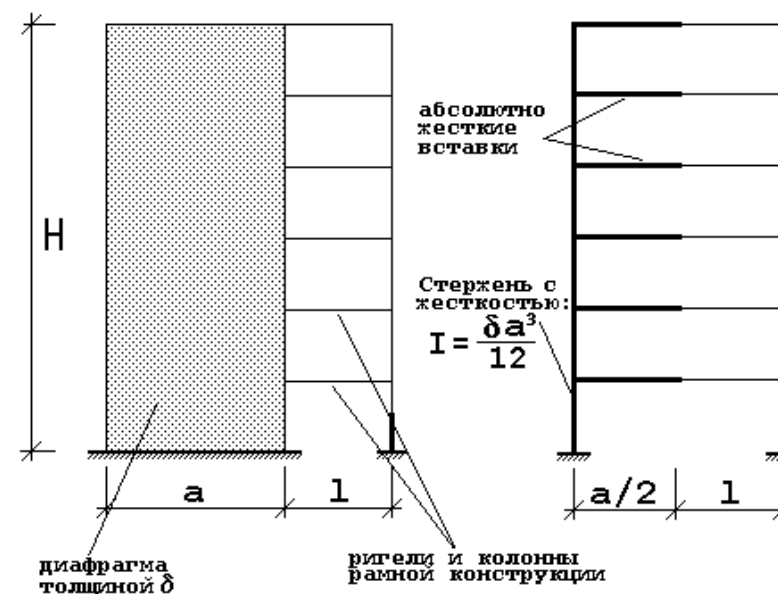


Рис.3.2. Использование стержневой аналогии для вертикальной диафрагмы жесткости рамно-связевой системы без проемов

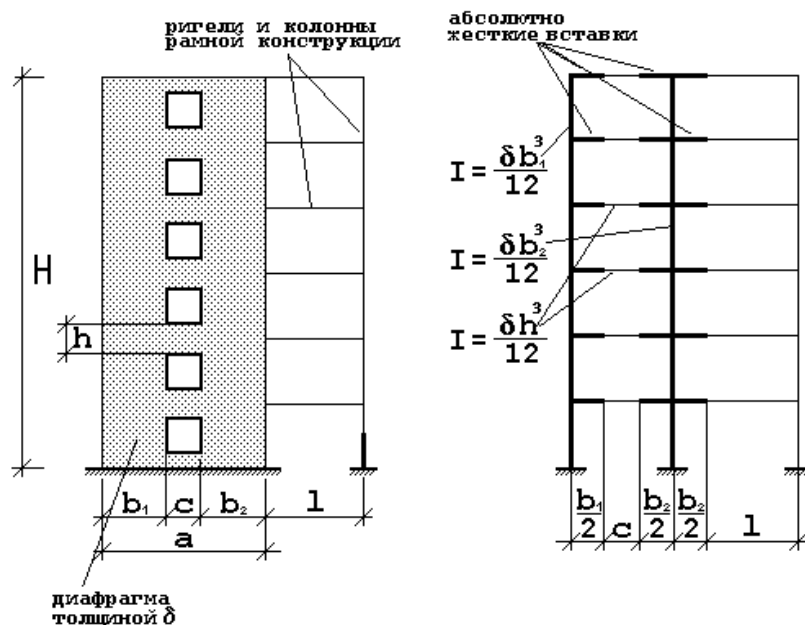


Рис. 3.3. Использование стержневой аналогии для вертикальной диафрагмы жесткости с проемами

### 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.: Вышш. 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