

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное агентство по образованию  
Южно-Уральский государственный университет  
Кафедра «Строительная механика»

624.04(07)  
П64

А.Н. Потапов, Н.В. Дегтярева

**ВВОДНЫЙ КУРС ДЛЯ ПОДГОТОВКИ БАКАЛАВРОВ  
И СПЕЦИАЛИСТОВ ПО НАПРАВЛЕНИЮ  
270100 «СТРОИТЕЛЬСТВО»**

Учебное пособие

Челябинск  
Издательский центр ЮУрГУ  
2010

УДК 624.04(075.8) + 72.01(075.8)

П64

Одобрено  
учебно-методической комиссией архитектурно-строительного факультета

Рецензенты:

С.Б. Шматков, А.Ю. Рыжков.

**Потапов, А.Н.**

П64 Вводный курс для подготовки бакалавров и специалистов по направлению 270100 «Строительство»/А.Н. Потапов, Н.В. Дегтярева. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010. – 35 с.

В учебном пособии изложена общая информация по организации проектной деятельности.

Приведены сведения по истории развития строительной механики и сопротивления материалов. Представлена информация по авариям в строительстве из-за ошибок в проектировании.

Учебное пособие предназначено для студентов специальности «Промышленное и гражданское строительство» и может быть полезно студентам других специальностей.

УДК 624.04(075.8) + 72.01(075.8)

© Издательский центр ЮУрГУ, 2010

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|   |    |
|---|----|
| 1. Краткие сведения из истории сопротивления материалов и строительной механики .....         | 4  |
| 1.1. Некоторые любопытные исторические факты.....   | 6  |
| 1.2. Краткие биографические данные о некоторых ученых.....                                    | 7  |
| 2. Проектирование зданий и сооружений.....  | 10 |
| 2.1. Структурное построение проектных организаций .....                                       | 10 |
| 2.1.1. Принципы проектирования .....  | 10 |
| 2.1.2. Структуры управления проектной организацией .....                                      | 11 |
| 2.2. Порядок разработки проектной документации, ее согласование, утверждение и состав .....   | 12 |
| 2.2.1. Виды проектов .....  | 13 |
| 2.2.2. Порядок разработки проектной документации .....  | 15 |
| 2.2.3. Автоматизация проектно-изыскательских работ .....                                      | 19 |
| 2.2.4. Авторский надзор .....   | 22 |
| 2.3. Причины аварии в строительстве .....   | 23 |
| 2.3.1. Примеры неудачных проектных решений .....  | 24 |
| 2.3.2. Основные причины аварий зданий и сооружений при их строительстве и реконструкции ..... | 29 |
| Библиографический список.....   | 33 |
| Приложение. Самостоятельная работа студентов.....   | 34 |

*Главная задача строительной механики обучить будущего специалиста науки конструирования, привлекая для этой цели объективные законы природы. Человек не создает законы природы, а познает их путем искусственных мысленных построений, а затем воплощает в виде реальных конструкций, сооружений. При этом, очевидно, насколько он владеет знаниями законов природы, настолько будет эффективен и его проект, и его осуществление.*

*Д.т.н., проф. Г.В. Васильков*

## **1. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ИСТОРИИ СОПРОТИВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ И СТРОИТЕЛЬНОЙ МЕХАНИКИ**

Первоначально сопротивление материалов и строительная механика как науки развивались неразрывно в рамках единого направления – механики. Основы этой науки были заложены в начале XVII века великим итальянским ученым Галилео Галилеем. В своей знаменитой книге «Беседы и математические доказательства, касающиеся двух новых отраслей науки», вышедшей в 1638 году, Галилей заложил основы динамики и учения о прочности. Впервые в истории человечества был поставлен вопрос о прочности тел и сделана попытка его научного разрешения.

Им был осуществлен анализ работы стержня на примере рассмотрения двух видов деформаций стержня: растяжения и изгиба. Следует отметить, что при решении задачи изгиба консольной балки, нагруженной на свободном конце сосредоточенной силой, Галилеем была допущена ошибка. Он считал, что нулевая линия при изгибе должна проходить по нижней кромке поперечного сечения, что не согласуется с истинным положением дел. Вследствие этого результаты расчета по его теории давали значительное завышение предельной нагрузки по сравнению с ее действительным значением. В частности, при прямоугольном сечении бруса и упругой работе материала (до момента разрушения) действительное значение разрушающей нагрузки будет в 3 раза меньше той, которая следует из теории Галилея.

Однако, несмотря на данную ошибку, значение «Бесед» Галилея трудно переоценить. В своем анализе он совершенно правильно оценил роль ширины  $b$  и  $h$  прямоугольного сечения в сопротивлении балки изгибу, показав, что прочность балки пропорциональна величине  $bh^2$ . Впервые в научном труде появилась строгая постановка задачи о прочности стержня, имеющая важное значение для строительной практики. Впервые была предпринята попытка установления безопасных размеров стержней аналитическим путем. Появление «Бесед», в которых автор стремится привести известные ему методы анализа напряжений в логическую систему, знаменуют собой точку отсчета, характеризующую возникновение науки о прочности, т.е. науки о *сопротивлении материалов*.

Следующим важным шагом в развитии механики материалов явилась работа английского ученого Роберта Гука «О восстановительной способности или об уп-

ругости» (1678 г.), в которой рассматривались упругие свойства материалов. Открытый закон линейного соотношения между величиной сил и производимыми ими деформациями (закон Гука) послужил фундаментом для дальнейшего развития механики упругих тел.

Начиная с конца XVII века и на протяжении XVIII века, благодаря усилиям таких ученых как Мариотт, Я. Бернулли, Эйлер, Лагранж, Кулон и др., шла интенсивная разработка теории изгиба стержня, включая изгиб кривого бруса и задачу продольного изгиба. Окончательное решение задачи о прочности балки для случая прямого изгиба в упругой постановке было завершено в трудах французского ученого Навье (1826 г.).

Дальнейшее развитие задачи изгиба бруса связано с разработкой теории сложного сопротивления. Этого требовали новые задачи, вставшие перед практиками – мостостроителями, а именно задачи обеспечения прочности мостов при действии подвижной нагрузки. В 1834 году появилась работа французского ученого Перси, где была изложена теория моментов инерции. Перси ввел понятие момента инерции сечения. В своей работе он указал, что теория изгиба Навье верна лишь для частного случая совпадения нейтральной линии с главной осью сечения. Более общие решения задачи изгиба были получены французскими учеными Сен-Венаном (задача косоугольного изгиба, 1843 г.) и Брессом (задача о внецентренном растяжении или сжатии, 1854 г.). Бресс также ввел понятие ядра сечения и изучил его свойства. Завершение теории изгиба, учитывающей влияние сдвигов, связано с трудами русского ученого Д.И. Журавского, впервые получившего расчетную формулу касательных напряжений при поперечном изгибе балок (1855 г.).

Ранние строительные сооружения представляли собой балочные и арочные системы. Неразрезная балка и арка явились первыми статически неопределимыми системами, к которым применялись попытки построения аналитических решений еще до того, как были разработаны методы расчета статически неопределимых систем. К самым первым расчетам неразрезной балки относится работа (1808 г.) немецкого профессора, президента строительной академии Иоганна Эйтельвайна (1764 – 1848 гг.). Это была задача о двухпролетной неразрезной балке, нагруженной собственным весом и одним сосредоточенным грузом в каждом пролете. Задача содержала всего одну «лишнюю связь», что по современным представлениям соответствует задаче с одним неизвестным (по методике уравнения трех моментов). Тем не менее, авторское решение было чрезмерно сложным и трудоемким, так как ему пришлось составить и совместно решить 11 уравнений.

Впервые общий алгоритм расчета неразрезной балки (в форме уравнения трех моментов) был предложен французским физиком и механиком, членом Парижской Академии Наук Бенуа Клапейроном (1799 – 1864 гг.).

Долгое время расчет статически неопределимых систем сдерживался из-за отсутствия разработанного аналитического аппарата по вычислению перемещений в данных системах. Во второй половине XIX века благодаря работам Бресса, Винклера, Кульмана, Мора и других была разработана теория расчета статически неопределимых систем. В 1874 году немецкий механик Отто Мор (1835 – 1918 гг.) дал обобщение формулы Максвелла (интеграл Мора – Максвелла) для определе-

ния перемещений. Сразу же после вывода этой формулы началась интенсивная разработка графоаналитических способов вычисления интеграла Мора – Максвелла (приемы Мюллер-Бреслау и Верещагина) вследствие чего, теория и методы расчета сооружений стали развиваться более высокими темпами.

### **1.1. Некоторые любопытные исторические факты**

1. Первый систематический курс «Сопротивление материалов» был издан в 1826 году французским ученым в области математики и механики, членом Парижской Академии Наук Луи Мари Анри Навье (1785 – 1836 гг.) на базе своих лекций, которые он начал читать еще в 1819 году в Школе мостов и дорог. В этом курсе отражены главные достижения в области механики материалов за период времени, ограниченный первой четвертью XIX века, и устранен ряд ошибок допущенных в аналогичных сочинениях XVIII века. Более ранние курсы сопротивления материалов содержали много ошибочных утверждений. Например, в учебнике французского ученого Жирара, изданного в 1798 году, нулевая линия при упругом изгибе стержня располагалась на краю его поперечного сечения, а не в центре тяжести сечения. То есть ошибка Галилея оставалась неисправленной на протяжении 160 лет (с момента публикации «Бесед» в 1638 г.) и после этого продержалась еще 28 лет, пока Навье не поместил нулевую линию в центр тяжести сечения.

2. Первый русский учебник сопротивления материалов был написан в 1837 году инженером и механиком Николаем Феликсовичем Ястржембским (1808 – 1872 гг.), учеником русского математика М.В. Остроградского.

3. Первая работа по строительной механике, изданная в России, была опубликована петербургским академиком Бильфингером в Известиях Академии наук в 1735 году на латинском языке. Первый русский профессор строительной механики – Матвей Степанович Волков (1802 – 1878 гг.).

4. Термин «нейтральная линия» был предложен английским инженером Томасом Тредгольдом предположительно в 1821 году.

5. В 1824 году Навье сформулировал основные уравнения теории упругости. По-видимому, тогда же он ввел понятие «напряжение» (в некоторых источниках приоритет отдается О. Коши). В 1823 году им тоже были выведены дифференциальные уравнения с частными производными движения вязкой жидкости. В этом же году другой французский ученый математик, член Института Франции, профессор Политехнической школы и Сорбонны Огюстен Коши (1789 – 1857 гг.) вывел условия равновесия для элементарного прямоугольного параллелепипеда.

6. Существование касательных напряжений было открыто французским физиком и механиком, членом Парижской Академии Наук и президентом Национального института Шарлем Кулоном (1736 – 1806 гг.) в связи с его исследованиями в области трения. Кулон вывел известную в сопротивлении материалов расчетную формулу для крутящего момента.

7. Впервые эпюры моментов были предложены учеником Б. Клапейрона, французским математиком и механиком, членом Парижской Академии Наук

Шарлем Брессом (1822 – 1883 гг.) в 1848 году и построены им для арки. Одно из самых ранних построений эпюр моментов для балки содержится в книге русского инженера Беспалова в 1855 году.

## 1.2. Краткие биографические данные о некоторых ученых

*Власов Василий Захарович* (1906 – 1958 гг.) – советский ученый в области механики, член-корр. АН СССР (с 1953 г.). Окончил Московский инженерно-строительный институт (МИСИ) в 1930 г. Разработал (1932, 1939 г.) методы сведения задач устойчивости упругих систем к обыкновенным дифференциальным уравнениям. Развил методы расчета тонкостенных стержней, оболочек, получил ряд результатов в области теории цилиндрических оболочек. Развил (1947 г.) вариационный метод расчета многосвязных призматических оболочек. Исследовал колебания оболочек.

*Гвоздев Алексей Алексеевич* (1897 – 1986 гг.) – один из крупнейших учёных в области теории железобетона, железобетонных конструкций и строительной механики. Его научная и практическая деятельность явилась яркой страницей в истории строительной науки не только России, но и всего мира. Большое значение для практики строительства имели исследования, выполненные А. А. Гвоздевым и его сотрудниками в области армирования железобетонных конструкций. На основе этих исследований были разработаны эффективные виды стержневой арматуры периодического профиля из высокопрочной стали. В области теории сооружений А.А. Гвоздевым был предложен смешанный метод расчёта статически неопределимых систем, явившийся фундаментальным вкладом в строительную механику. Это же относится к его исследованиям в области расчёта оболочек и складок. Широко известен фундаментальный труд А. А. Гвоздева по расчёту конструкций методом предельного равновесия.

*Клапейрон Бенуа Поль Эмиль* (1799 – 1864 гг.) – французский инженер, физик и механик. В 1820 – 1830 г. работал в Петербурге в Институте АН, с 1858 г. – член Парижской АН. Совместно с Г. Ламе исследовал устойчивость арок. Дал формулировку уравнения трех моментов. Разработал (1848 г.) новый метод вычисления напряжений в неразрезных балках. В теории упругости известна теорема Клапейрона.

*Крылов Алексей Николаевич* (1863 – 1945 гг.) – советский математик, механик и кораблестроитель, академик (с 1916 г.), член-корр. Российской АН (с 1914 г.). Профессор Петербургского политехнического института и Института инженеров путей сообщения. Окончил Морскую академию (1890 г.), там же работал с 1892 года, читал лекции по теории корабля. С 1900 г. – заведующий Опытным бассейном Морского ведомства, с 1908 – 1910 гг. – главный инспектор кораблестроения и председатель Морского технического комитета, с 1917 г. – директор главной физической лаборатории АН, с 1919 – 1921 гг. – начальник Морской академии, с 1927 г. – профессор Морской академии, в 1927 – 1934 гг. – директор Физико-математического института АН СССР. Основные исследования относятся к теории корабля, строительной механике, теории гироскопов, теории вибрации судов,

теории дифференциальных уравнений и истории науки. Создал теорию килевой качки, установил влияние качки на возникновение добавочных усилий в различных частях корабля. В области строительной механики обосновал и развил оригинальный метод расчета балок, лежащих на упругом основании. Математические исследования посвящены математической физике и теории приближенных вычислений. Предложил (1931 г.) метод решения «векового уравнения» для отыскания частот собственных колебаний. Ввел балочные функции (функции Крылова).

*Лагранж Жозеф Луи* (1736 – 1813 гг.) – выдающийся французский математик и механик, член Парижской АН (с 1772 г.) и Национального института (с 1796 г.). Наиболее важные труды относятся к вариационному исчислению и теоретической механике. Классический труд «Аналитическая механика», где в основу статики положен принцип возможных перемещений, а в основу динамики – сочетание принципа возможных перемещений с принципом Д'Аламбера. Ввел обобщенные координаты и придал уравнениям движения новую форму, названную его именем. Продолжил и развил работы Л. Эйлера по устойчивости упругих стержней, в частности дал значение критической силы при различных концевых закреплениях.

*Ржаницын Алексей Руфович* (1911 – 1987 гг.) – выдающийся ученый. Разработал теорию составных стержней, которая в настоящее время широко применяется при расчете многоэтажных зданий (с учетом податливости соединений), а затем – и метод расчета составных стержней по предельному состоянию. Его монография «Некоторые вопросы механики систем, деформирующихся во времени» была одной из первых в области прикладной теории ползучести не только у нас, но и за рубежом. Алексей Руфович обнаружил явление потери устойчивости при наличии ползучести, описал его и разработал методику практического расчета деформаций с учетом ползучести бетонных конструкций – при температурных воздействиях и волокнистых материалов (типа древесины) – при увлажнении и высыхании. Обобщено все это в монографии «Теория ползучести». В области расчета оболочек А.Р. Ржаницын определил условия неизменяемости безмоментной схемы пологих оболочек, уточнил уравнения моментной теории пологих оболочек, разработал методы нахождения оптимальной формы складчатых и волнистых балочных настилов заданной прочности и жесткости (при условии наименьшего теоретического веса). Он впервые предложил также методы расчета центрально сжатого тонкостенного стержня открытого профиля на устойчивость за пределом упругости и тонкостенных стержней ступенчатого переменного сечения. Что касается расчета конструкций методом предельного равновесия, здесь А.Р. Ржаницыным был решен ряд задач и предложена схема работы сечения тонкостенного стержня на стесненное кручение в стадии предельного равновесия.

*Рэлей лорд Джон Уильям Стрэтт* (1842 – 1919 гг.) – выдающийся английский ученый физик, член Лондонского Королевского общества (с 1873 г.) и его президент (в 1905 – 1908 гг.), внесший фундаментальный вклад в различные области наук. Основные работы по механике относятся к теории колебаний. Главный вклад Рэля в строительную механику и теорию упругости содержится в его книге «Теория звука». Изложил основы математической теории колебаний, ввел понятия обобщенных сил и обобщенных координат, что вместе с теоремой взаимности



Бетти – Рэлея значительно упростило расчеты статически неопределимых систем. Ввел диссипативную функцию – функцию Рэлея. Разработал метод нахождения собственных частот колебательной системы. Метод Рэлея, развитый австрийским ученым В. Ритцем, применялся при решении задач теории упругости, теории сооружений, нелинейной механики. Исследовал колебания тонких пластинок и оболочек.

*Шухов Владимир Григорьевич* (1853 – 1939 гг.) – советский инженер и механик, почетный член АН СССР (с 1929 г.), член-корр. АН СССР (с 1928 г.). Окончил Московское техническое училище (1876 г.), стажировался в США. В 1877 – 1878 гг. – начальник чертежного бюро Варшавской железной дороги в Петербурге, в 1878 – 1917 гг. – главный инженер технической строительной конторы в Москве, в 1917 – 1939 гг. – главный инженер технической строительной конторы завода «Парострой». Работы относятся к области строительства, нефтяной промышленности, теплотехнике, судостроению и др. Развил математические методы строительной механики. Разработал конструкцию башни в форме гиперболоида. По его проектам построено свыше 200 башен, в частности Шаболовская в Москве (башня Шухова). Под его руководством спроектировано и построено более 500 мостов. Известна ферма Шухова. Разработал ряд конструкций облегченных перекрытий – висячие сетчатые своды и своды двойкой кривизны.

*Эйлер Леонард* (1707 – 1783 гг.) – великий математик, механик и физик, академик петербургской АН (с 1726 г. по 1741 г. и с 1766 г.). В 1731 – 1741 гг. – профессор математики, с 1744 г. – директор математического класса Берлинской АН. Его отец, пастор, был учеником Я. Бернулли и защитил диссертацию по математике. Первые сведения по математике получены от отца. Научные интересы Эйлера необычайно широки. Они охватывают все отделы современной ему математики и механики, теории упругости, математической физики, гидродинамики, баллистики и т.д. В 1744 г. опубликован труд «Метод нахождения кривых линий ...», в первой книге которого кроме основ вариационного исчисления содержится первое систематическое изложение теории упругих кривых и результаты по сопротивлению материалов.

Достижения русских и зарубежных ученых в области строительной механики и сопротивления материалов подготовили прочную основу для совершенствования методов расчета инженерных сооружений. Строительная механика тесно связана с проектированием сооружений и с технологией их изготовления. Более подробно познакомится с основами строительной механики и сопротивления материалов студентам архитектурно-строительного факультета предстоит в процессе обучения.

Узнать об особенностях работы проектировщика, а также о структуре проектных организаций, принципах проектирования, порядке разработки проектной документации можно на страницах этого учебного пособия.

## 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

В строительстве существует следующий перечень разрабатываемых проектов: районной планировки; планировки и застройки городов, поселков и сельских населенных мест; строительства промышленных предприятий; проекты отдельных зданий и сооружений промышленности, жилых зданий, зданий культурно бытового назначения и т.д. В перечисленной иерархии как бы отсутствует строительная механика, но это ложное впечатление. Каждый проект обычно состоит из нескольких частей – архитектурно-строительной, технологической, энергетической, инженерного оборудования, организации строительства, технико-экономических показателей, смет. Строительная часть неизменно содержит проект несущих элементов механической системы.

Реализации проекта, т.е. материальной конструктивной деятельности, предшествует интеллектуальное проектирование. В интеллектуальной творческой деятельности различают два обычно не совпадающих процесса: проектирование конструктивного объекта и разработку технологии его изготовления. Созданный в процессе мысленного моделирования проект, даже если его содержание не противоречит законам природы, не имеет практического значения до тех пор, пока не будет разработан путь его осуществления. Таким образом, перед строительной механикой стоит двуединая задача: во-первых, разработать наиболее оптимальный проект несущих конструкций, во-вторых, указать путь их изготовления.

### 2.1. Структурное построение проектных организаций

Появление большого числа проектных организаций можно считать результатом принятого в 1928 году постановления Совета Министров СССР по созданию государственных проектных институтов.

Проектные организации, как правило, специализировались на проектировании объектов конкретной отрасли строительства – промышленного, гидротехнического, мелиоративного, гражданского, сельскохозяйственного, транспортного и т.д., что обычно отражается в их названиях (Промстройпроект, Гипромез, Гражданпроект и т.п.). Различие между организациями разных отраслей обычно состоит в соответствующей специализации их отделов и кадровом составе, организационная же их структура, как правило, мало зависит от отраслевой направленности.

Под проектированием понимается разработка комплексной технической документации (проекта) содержащей технико-экономическое обоснование, расчеты, чертежи, макеты, сметы, пояснительные записки и другие материалы, необходимые для строительства или реконструкции зданий и сооружений и их комплексов. Без проектно-сметной документации вести строительные-монтажные работы в Российской Федерации запрещается.

#### 2.1.1. Принципы проектирования

1. *Принцип системности* предполагает взаимное согласование, увязку, устранение противоречий между различными направлениями, методами, элементами (квалифицированные специалисты, нормативные документы, информация от за-

казчика об объекте проектирования и т.п.). Этот принцип проектирования предполагает разработку во взаимосвязи всех частей проекта – технологической, архитектурно-строительной, санитарно-технической, сметной и др.

2. *Принцип от общего к частному.* В процессе проектирования последовательно решаются сначала общие вопросы обоснования целесообразности строительства, затем – определение основных технологических, объемно-планировочных, конструктивных, архитектурных и других решений с дальнейшей детализацией проекта. Этот принцип предопределяет порядок проектирования по этапам и стадиям с учетом задач, решаемых на каждом этапе и стадии, а также состав проектных материалов, разрабатываемых на отдельных этапах и стадиях проектирования.

3. *Принцип вариантности.* В целях повышения экономической эффективности капитальных вложений проектирование ведется методом разработки нескольких вариантов. Затем из них по технико-экономическим показателям отбирается оптимальный вариант, позволяющий получить максимальный эффект при минимуме затрат общественного труда.

4. *Принцип типизации, стандартизации и унификации* состоит в выборе таких составляющих объекта проектирования и методик его расчета, которые применимы для возможно более широкого класса объектов.

5. *Принцип единства нормативной и законодательной базы.*

6. *Принцип автоматизации проектных работ.*

### 2.1.2. Структуры управления проектной организацией

1. *Линейная* структура. В этом случае вышестоящее звено концентрирует все функции управления, а объект управления (подчиненные) выполняет управляющие команды только своего субъекта управления (руководитель) (рис. 1).

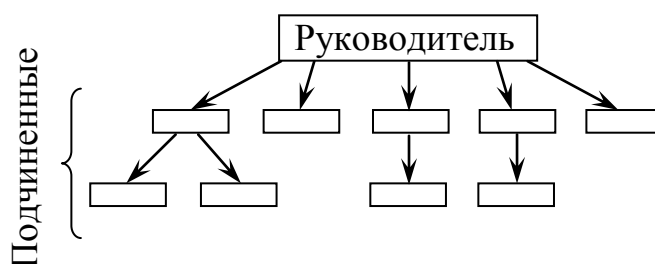


Рис. 1. Схема линейной структуры управления

2. *Линейно-штабная* структура включает в себя специально созданные при линейных руководителях подразделения (штаб), которые не обладают правом принятия решений и руководства каким-либо нижестоящим подразделением. Главная задача штабных подразделений состоит в оказании помощи руководителю в выполнении отдельных функций управления (рис. 2).

3. *Линейно-функциональная* структура управления – структура органов управления, состоящая из:

– линейных подразделений, осуществляющих в организации основную работу;

– обслуживающих функциональные подразделения.

При линейно-функциональном управлении линейные звенья получают возможность принимать решения, а функциональные подразделения информируют и помогают линейному руководителю вырабатывать и принимать конкретные решения.

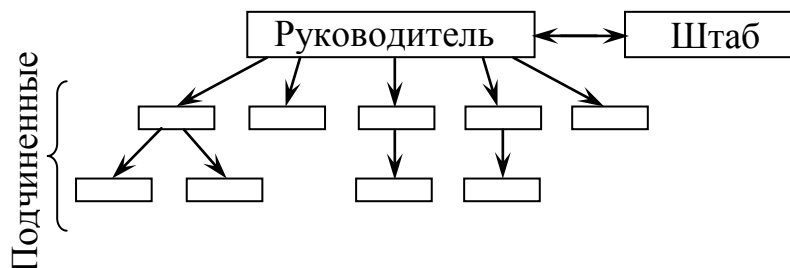


Рис. 2. Схема линейно-штабной структуры управления

4. *Матричная* структура управления – структура органов управления, построенная на принципе двойного подчинения исполнителей:

- непосредственному руководителю и
- руководителю проекта, например, главному инженеру проекта, главному архитектору проекта, ведущему специалисту и т.п (рис. 3).

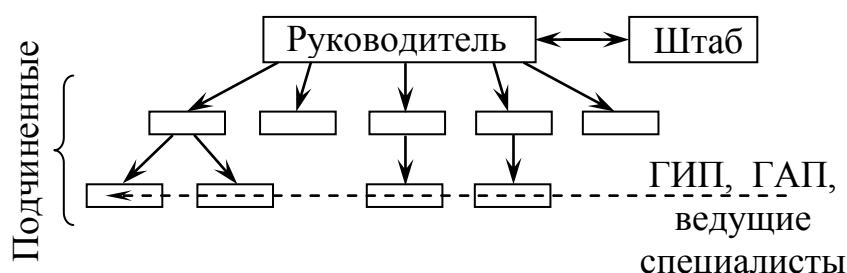


Рис. 3. Схема матричной структуры управления

Представленные выше структуры можно отнести не только к проектной, но и любой другой организации.

## 2.2. Порядок разработки проектной документации, ее согласование, утверждение и состав

Проектная документация состоит из текстовой и графической частей.

Текстовая часть содержит сведения в отношении объекта капитального строительства, описание принятых технических и иных решений, пояснения, ссылки на нормативные и (или) технические документы, используемые при подготовке проектной документации и результаты расчетов, обосновывающие принятые решения.

Графическая часть отображает принятые технические и иные решения и выполняется в виде чертежей, схем, планов и других документов в графической форме.

Проект здания или сооружения представляет собой комплекс чертежей, расчетов и пояснительной записки, необходимых для возведения зданий и обоснования принятых в проекте решений. Проект сопровождается сметой, в которой определены необходимые для возведения здания расходы строительных материалов, затраты труда и стоимость объекта. Проекты разрабатываются коллективами специалистов проектных организаций (архитекторы, инженеры-конструкторы, инженеры-технологи, специалисты по инженерному оборудованию, технологии и организации строительства, экономисты).

### **2.2.1. Виды проектов**

В дореформенный период в 50 – 80-е годы строительство в нашей стране велось преимущественно по типовым проектам. *Типовой проект* – это проект, обладающий достаточно высокими технико-экономическими показателями, принятый в качестве образца для массового применения и утвержденный правительственным органом. Особенно широко типовые проекты применяются в строительстве жилых, промышленных зданий и массовых типов общественных зданий.

Основная цель типового проектирования – обеспечение возможности внедрения в массовое строительство наиболее современных для рассматриваемого отрезка времени архитектурно-конструктивных решений.

Типовые проекты предназначены для многократного применения, поэтому они должны быть безукоризненными по функциональному и конструктивному решению, а также обеспечивать экономичность и индустриальность строительства. Срок действия типового проекта 8 – 10 лет. С таким интервалом по мере роста народного благосостояния и развития техники производится пересмотр норм проектирования и типовых проектов. Каждое новое «поколение» типовых проектов по мере их разработки рассматривается не только организацией заказчиком, но и специалистами смежных отраслей. На основе такого широкого рассмотрения производится корректировка типовых проектов, предшествующая их внедрению в строительство. Столь же строгой проверке и оценке подвергаются заложенные в проект новые технические решения.

Принятию проекта в качестве типового предшествовали обязательные три этапа:

- научное обоснование;
- экспериментальное проектирование;
- экспериментальное строительство.

В настоящее время типовые проекты утратили свою законодательную силу, но многократное применение одного и того же проекта довольно широко практикуется и в настоящее время. Делается это на свободных условиях, т.е. могут использоваться проекты, не утвержденные правительственными органами, а также старые типовые проекты. Такие проекты теперь именуется *«проектами массового применения»*.

Другим случаем применения ранее подготовленных проектов было использование проектов *повторного применения*. Таким проектом мог быть любой проект,

обладающий желаемыми технико-экономическими показателями, т.е. утверждения в правительственных органах не требовалось. В настоящее время такие проекты полностью сохранили свое значение и применяются очень широко. Упомянутые выше «проекты массового применения» с правовой точки зрения относятся к этому же виду проектов.

Проекты повторного (массового) применения требуют привязки к местным условиям, что подразумевает довольно большой объем работ.

*Индивидуальный проект* – это проект, который не повторяет уже готовых решений, а подразумевает свои решения архитектурных и конструктивных задач. В период планового хозяйства такие проекты разрабатывались лишь в особых случаях с разрешения Госстроя СССР, в настоящее время, напротив, – это основной вид проектной документации.

Несмотря на различие характера работы по привязке проектов повторного (массового) применения и составления индивидуальных проектов, инженерные изыскания во всех случаях производятся одинаково. Это связано с тем, что задачи, относящиеся к размещению здания на генплане, к проектированию оснований и фундаментов, к защите от опасных природных факторов, не зависят от того, каким способом разработан проект. В частности, как бы ни были сходны здания, фундаменты у них все равно на каждой площадке будут различными.

Последние десятилетия в отечественной практике проектирования ощущается тенденция расширения круга вопросов, охватываемых проектом. В 50 – 60-е годы проектировщики часто ограничивались рассмотрением лишь главных вопросов – генерального плана, технологической, архитектурно-строительной частей и инженерного оборудования. Подробные сметы зачастую не составлялись, и оплата строительно-монтажных работ в таких случаях шла по фактическим объемам. В конце 60-х годов сметы стали обязательным элементом работ, а несколько позже обязательным стал проект организации строительства, без которого не открывалось финансирование. В настоящее время, кроме названных разделов, обязательным для всех проектов является экологический раздел, добавились проектирование организации, условий труда и системы управления на будущем промышленном предприятии, мероприятия по гражданской обороне и предупреждению чрезвычайных ситуаций, а также раздел по уточнению эффективности инвестиций. В связи с этим содержание проектной документации стало очень широким и в настоящее время, включает (в общем случае) 10 разделов, показанных на рис. 4.

Общая пояснительная записка охватывает все части проекта. Она характеризует природные и хозяйственные условия, рассмотренные и принятые варианты технических решений, конструктивные решения, сводные данные по объемам работ, потребным ресурсам и организации строительства, требуемые инвестиции и технико-экономические показатели.

Во многих случаях проектная документация может быть существенно сокращена. Для небольших объектов отдельные разделы можно объединять или исключать совсем. Например, для одноэтажного сельского дома генплан, архитектурно-строительная часть, инженерное оборудование могут быть объединены в единый комплект чертежей, а мероприятия по охране природы, гражданской обо-

роне и чрезвычайным ситуациям изложены в общей пояснительной записке. Небольшим объемом документации можно ограничиться, разрабатывая, например, проект небольшой дамбы, проект благоустройства оврага, проект берегоукрепительных работ небольшого участка малой реки и т.д.



Рис. 4. Разделы проектной документации.

Тем не менее, для большинства объектов все же приходится готовить обширную проектную документацию.

Каждый раздел проекта, указанный, например, на рисунках, обычно выполняется различными отделами (группами) проектной организации. Эти отделы должны работать в тесном взаимодействии друг с другом. По каждому объекту назначается координирующее лицо, ответственное за проект в целом, т.е. за его качество, сроки выполнения, за ведение финансовых операций и т.д. В зависимости от вида объекта это лицо может именоваться «главный инженер проекта» (ГИП), «главный архитектор проекта» (ГАП), а для особо крупных объектов «управляющий проектом».

*Факторы, определяющие качество проектов:*

1. Материально-техническая база.
2. Квалифицированный и заинтересованный исполнитель.
3. Качество управления.

### **2.2.2. Порядок разработки проектной документации**

Проектирование может вестись в две или одну стадию (рис. 5).

Сущность *двухстадийного проектирования* в том, что необходимая для строительства документация составляется не сразу, а поэтапно: на первом этапе («I стадия») принимаются решения по общим принципиальным вопросам, затем такие решения всесторонне оцениваются, корректируются, утверждается и только после устранения всех выявленных недостатков составляется подробная рабочая документация для строительства. Преимущество такой системы в сведении к миниму-

му затрат по переработке проектной документации в случае неудачных общих решений.

Сущность *одностадийного проектирования* в том, что проектная документация подготавливается сразу же в полном объеме и содержит решения всех общих и частных вопросов. Это удобно при небольших объемах проектных работ.



Рис. 5. Этапы двухстадийного и одностадийного проектирования

Работа над крупным проектом – сложный вид деятельности не только с инженерно-технической, но и с организационной точки зрения. Показанные на рисунке (рис. 5) стадии проектирования фактически включают множество этапов, состоящих, в свою очередь, из решения многих последовательно возникающих организационно-технических вопросов.

Перед началом проектных работ заказчик заключает договор с проектировщиком и выдает ему техническое задание на проектирование, прилагая к заданию основные документы, подготовленные на предпроектной стадии (в первую очередь «обоснование инвестиций» и «архитектурно-планировочное задание»). В разработке технического задания обычно принимает участие и сам проектировщик, но его роль в основном сводится к конкретизации и уточнению задач, которые ставит заказчик. Содержание технического задания зависит от вида строительства. В техническом задании должны быть указаны основание для проектирования, особые условия строительства, основные технико-экономические показатели проектируемых объектов, требования к архитектурно-планировочным и конструктивным решениям, требования по охране природы. Окончательный текст задания подписывает заказчик.

После этого начинается организационный этап, на котором главный инженер проекта (ГИП) изучает техническое задание, знакомится в общих чертах с необ-



ходимыми архивными материалами, технической литературой, выезжает на место строительства. На месте строительства ГИП знакомится с природными условиями района, опытом строительства в этом районе, возможностями местных строительных организаций, устанавливает деловые контакты с заказчиком. Далее к работе подключаются руководители основных отделов-исполнителей, которые тоже знакомятся с задачами предстоящей работы и условиями ее выполнения.

Второй этап обычно подразумевает решение общих принципиальных вопросов, установление объемов и планирование организации проектных работ. Обычно ГИП проводит совещание с начальниками проектных отделов, на котором уточняются функции каждого отдела, содержание и основные сроки (календарный план) выполнения работ. Составляются сметы на выполнение проектно-изыскательских работ, выдается задание на инженерные изыскания.

Третий, основной этап имеет наибольшую продолжительность и включает выполнение полного объема изыскательских и проектных работ. Обычно разрабатывается сначала ведущий раздел проекта в нескольких вариантах, и на основании технико-экономического анализа выбирается наилучший вариант. В соответствии с этим выбором уточняются задания и исходные данные для проектирования остальных разделов проекта. Разработка этих разделов ведется параллельно с детализацией ведущего раздела. Ведущим разделом обычно считается раздел, отражающий основное назначение проектируемого объекта или системы и определяющий содержание остальных разделов. Для промышленного предприятия ведущие разделы – это технологическая часть проекта, для общественного здания – архитектурная часть.

На этом же этапе делается предварительное определение сметной стоимости строительства, составляется общая пояснительная записка. Этап заканчивается оформлением проекта и рассмотрением его на техническом совете проектной организации (обычно с приглашением представителей заказчика и других заинтересованных сторон). Следующий (и последний при одностадийном проектировании) этап связан с окончательной корректировкой и утверждением проекта. Он включает, в частности, экспертизу проекта и доработку по замечаниям экспертизы.

Если проектирование ведется в две стадии (для крупного промышленного предприятия это, как отмечалось, делается всегда), добавляется еще этап – выполнение рабочей документации (РД).

При двухстадийном проектировании работа разделяется на 2 стадии:

- стадия «Проект» (П);
- стадия «Рабочая документация» (РД).

На стадии «Проект» принимаются без детализации основные архитектурно-планировочные и конструктивные решения (в том числе по генеральному плану), решения по инженерному оборудованию, сетям. При проектировании объектов природообустройства на этой стадии принимаются решения принципиального характера, касающиеся выбора типа сооружения, его расположения, основных конструктивных решений, способа строительства и т.д. Для промышленных предприятий выбираются принципиальные схемы технологических процессов, решаются

общие вопросы управления, охраны труда. Выполняются сводные сметные расчеты, решаются вопросы организации строительства. Обязательным элементом проекта является экологический раздел.

Для составления «Проекта» заказываются и выполняются специальные инженерные изыскания. Такие изыскания делаются в сокращенном объеме, но они должны позволять делать выводы о пригодности площадки, о предпочтительности того или иного вида фундамента (мелкозаглубленного, свайного, глубоких опор и т.д.), т.е. позволять решать общие принципиальные вопросы.

Вся эта документация направляется на государственную экспертизу, которая дает свои замечания и общую оценку проекта. После устранения проектировщиком выявленных недостатков проект рассматривается и утверждается (или отклоняется) органами местной исполнительной власти или другой утверждающей инстанцией. Порядок утверждения зависит от источника финансирования. Если строительство ведется за счет бюджетных средств, утверждающая инстанция – государственный орган. Если оно финансируется конкретным предприятием, фондом или физическим лицом утверждающая инстанция – сам заказчик или инвестор.

После утверждения «Проекта» проводится вторая стадия проектирования «рабочая документация». На этой стадии уточняются и детализируются решения, принятые на стадии «Проект», составляются рабочие чертежи, локальные сметы и прочая документация, необходимая для производства строительно-монтажных работ. Для выполнения этой стадии проектирования заказываются и выполняются подробные инженерные изыскания. Они должны содержать полную информацию для решения всех частных вопросов и составления рабочих чертежей, не требующих последующей корректировки.

«Рабочая документация» – это те чертежи и текстовый материал, который используется непосредственно на строительной площадке (документация стадии «Проект», как правило, строителям не передается).

При *одностадийном проектировании* составляется документация называемая «Рабочий проект» (РП), она также должна подвергаться государственной экспертизе и утверждению. При этом утверждается не вся документация, а наиболее важная ее часть (так называемая «утверждаемая часть рабочего проекта»).

Проектные работы должны быть экономичными, т.е. не допускать необоснованных затрат. Однако четкое разграничение затрат при проектировании на «обоснованные» и «необоснованные», как и при инженерных изысканиях, может быть довольно затруднительным. Проектные работы являются не самоцелью, а средством обеспечения надежности и экономичности строительно-монтажных работ, стоимость которых во много раз выше стоимости проектных работ. По этой причине вполне возможны ситуации, когда увеличение затрат на проектирование сопровождается удешевлением строительно-монтажных работ, значительно превосходящим удорожание проекта. Например, проектировщик принимает свои решения на основе разработки и технико-экономического анализа различных вариантов, по своей инициативе пользуется услугами научных учреждений, приобретает и применяет эффективные компьютерные программы, в результате чего

стоимость проектных работ возрастает. Однако полученный в результате этого более качественный проект вполне может обеспечить такое снижение стоимости строительно-монтажных работ, которое в несколько раз превысит удорожание проекта. Это совершенно не исключает необходимости экономного использования всех ресурсов проектной организации, борьбы с простоями, обеспечения рациональной загрузки персонала. Тем не менее, главным направлением нужно считать не удешевление проекта (составляющего по стоимости лишь 2 – 5% от общих затрат на строительство), а удешевление строительно-монтажных работ.

### **2.2.3. Автоматизация проектно-изыскательских работ**

В настоящее время в деятельность изыскательских и проектных организаций быстро проникает компьютеризация. Это глобальная тенденция, охватывающая все развитые страны мира, коренным образом меняет характер работы проектировщика и изыскателя, предъявляет к ним совершенно новые требования. Наряду с умением решать архитектурно-строительные задачи современный проектировщик должен обладать хорошими навыками работы с компьютером, ориентироваться в многообразном программном обеспечении, своевременно и эффективно внедрять новейшие достижения в этой области. Компьютеризация поднимает проектную работу на качественно новый уровень, при котором резко повышаются темпы и качество проектирования, более обоснованно решаются многие сложные инженерные задачи, которые раньше рассматривались лишь упрощенно. В таких условиях проектировщик, не владеющий навыками работы на компьютере, уже не сможет удовлетворять современным требованиям к скорости и качеству работы.

Проектировщику или изыскателю чаще всего приходится сталкиваться со следующими видами программной продукции:

- стандартными офисными программами
- базами данных
- программами, выполняющими расчетно-графические работы, непосредственно связанные с проектированием.

*Офисными программами* обычно называют стандартные приложения к операционной системе компьютера, применяемые в делопроизводстве любых организаций, любой отраслевой направленности (в операционной системе Windows они входят в пакет Office). Это – текстовые редакторы (в первую очередь Word), электронные таблицы (типа Excel) и другие программы, не привязанные к конкретной отрасли деятельности. Они используются для решения частных вопросов, в том числе оформления текстовой части проектов, выполнения вычислений и т.д. Офисные программы – это, как бы начальный этап автоматизации труда проектировщика и изыскателя, еще не затрагивающий основного содержания их работы. Однако в данном случае они заслуживают упоминания как средства существенного ускорения проектно-изыскательских работ за счет автоматизации многих вспомогательных операций.

*Базы данных* – это размещенная на компьютерных носителях совокупность данных, организованных по определенным правилам, позволяющим манипулиро-

вать этими данными и быстро находить в них нужную информацию. Такой вид программ имеет большое значение для проектировщика, ибо в виде базы данных можно представлять любой справочный материал, нормативные документы, архивные материалы и прочие. Главное их преимущество – возможность быстрого нахождения нужной информации по ключевым словам или другим признакам, удобным для пользователя. По-видимому, в будущем базы данных заменят каталоги, сортаменты и другие печатные справочные материалы именно в силу возможности быстрого нахождения в них нужной информации.

Третий вид программ, *выполняющих расчетно-графические работы*, является главным в сфере автоматизации проектирования. Общей тенденцией современного развития программного обеспечения является использование крупных программных комплексов, решающими широкий круг инженерных задач. Распространение получили многофункциональные программы двух типов:

– программы общетехнического характера, не связанные с конкретной инженерной отраслью, т.е. пригодные для выполнения, расчетных или графических операций в любой сфере деятельности (в строительстве, машиностроении, энергетике, сельском хозяйстве и т.д.)

– программы, специализированные на решениях задач конкретной инженерной отрасли, например, геотехники, гидрогеологии, топографии, проектирования строительных конструкций, технологии и организации строительных работ и т.д.

Программы общетехнического характера выполняют практически любые чертежи или расчеты, но они подразумевают, как правило, непосредственное участие пользователя в каждой операции по их выполнению, т.е. составление им алгоритмов расчетов, команды по выполнению отдельных элементов чертежа (линий, фигур, надписей). Программы же специализированного характера приспособлены к задачам только конкретной отрасли – топографии, гидрогеологии, геотехники, строительных конструкций и т.д. Однако они позволяют выполнять работу большими блоками или даже сразу решать весь комплекс задач, охватывая зачастую и расчетную, и графическую часть этой работы. Пользователь лишь должен правильно вводить исходные данные. Иными словами они позволяют делать, например, не отдельные элементы чертежа, а сразу получать топографическую карту, генеральный план, литологический разрез, трассу и профили дороги, расчет и конструирование строительной конструкции (фундаментной плиты, каркаса сооружения, подпорной стенки и т.д.), архитектурную планировку сооружения. Чем совершенней специализированная программа, тем обычно большие блоки проекта (или отчета по изысканиям) она способна создавать.

Очевидно, что наибольшее повышение производительности труда проектировщика достигается при использовании программ второго вида, т.е. специализированных на решении соответствующих задач. Однако разработка таких программ – это сложная и длительная работа, соизмеримая по трудоемкости с созданием универсальных (общетехнических) программ. Обычно подобные программные продукты довольно дороги (особенно зарубежные), что создает трудности в их приобретении для мелких проектных организаций. При этом проданные программы обычно устанавливаются на конкретный компьютер таким образом, что

их несанкционированное копирование и установление на другом компьютере невозможно.

Таким образом, важнейшим направлением в развитии автоматизации проектирования является создание эффективных специализированных программ, которые могут быть как самостоятельными, так и в виде приложений к общетехническим программам.

Деятельность по созданию программных продуктов и технических средств для автоматизации проектных работ имеет общее название САПР (*системы автоматизированного проектирования*). САПР – это человеко-машинные системы, позволяющие проектировщику принимать решения по проектным вопросам на основе диалога с компьютером и получать с помощью компьютера графические и текстовые материалы, полностью соответствующие современным требованиям к проектной документации. САПР обычно подразумевает использование системы крупных программ, с помощью которых выполняются сложные расчеты, разрабатываются чертежи, выбираются оптимальные варианты технических решений. При этом специализированные программы используются как самостоятельно, так и в комплексе с общетехническими. Компоненты многофункциональных систем САПР традиционно группируются в три основных блока CAD, CAM, CAE. Модули блока CAD (Computer Aided Design) предназначены в основном для выполнения графических работ, модули CAM (Computer Aided Manufacturing) – для решения задач технологической подготовки производства, модули CAE (Computer Aided Engineering) – для инженерных расчетов, анализа и проверки проектных решений. Некоторые специалисты считают, что в комплекс САПР должен входить также блок управления документооборотом PDM (Product Data Management), но в данном случае это принципиального значения не имеет. Существует большое количество пакетов САПР разного уровня. Значительное распространение получили системы, в которых основное внимание сосредоточено на создании «открытых» (т.е. допускающих расширение) базовых графических модулей CAD, а модули для выполнения расчетных или технологических задач (соответствующие блокам CAM и CAE) остаются для разработки пользователям или организациям, специализированным на соответствующем программировании. Такие дополнительные модули могут использоваться и самостоятельно, без CAD-систем, что очень часто практикуется в строительном проектировании. Они сами могут представлять крупные программные комплексы, для которых разрабатываются свои приложения, позволяющие решать более узкие задачи.

В современной мировой практике наиболее известными CAD-системами являются AutoCAD, MicroStation, IntelHCAD, CADdy, среди которых явно превалирует AutoCAD. В России наблюдается все более широкое применение отечественных САД-систем (например, КОМПАС).

В последнее время в нашей стране достигнут значительный прогресс в области компьютерных расчетов и конструирования сложных строительных конструкций. Широко используются программы расчета фундаментных плит, ленточных «перекрестных» фундаментов на неоднородном основании или на закарстованном участке, надземных конструкций (каркасных, бескаркасных), программы оценки

устойчивости склонов и т.д. (программы Abaqus, Ansys, Plaxis, MicroFe, proFEt&STARK ES, SCAD, Лира и т.д.). Хотя такие программы используются в основном как самостоятельные, наибольший эффект, как уже отмечалось, они должны давать в комплексе с универсальными программами. Иными словами, расчетная программа или пакет должны по возможности реализовываться как САЕ-приложения к САД-системам и, соответственно, обеспечивать максимальную совместимость для таких операций. Это же относится и к программам технологического направления, которые должны реализовываться как САМ-приложения.

В большинстве случаев наиболее трудоемкой и сложной частью работы с программой является ввод исходных данных, поэтому программа должна обеспечивать наибольшую простоту и удобство выполнения такой операции. Широкое применение компьютерной техники – признак высокого технического уровня проектирования, однако, необходимо иметь в виду некоторые сопутствующие обстоятельства, недооценка которых может иметь нежелательные последствия.

Во-первых, наличие современных компьютеров и нужных программ – это еще не гарантия быстрого и высококачественного проектирования. Умение эффективно пользоваться компьютером требует от проектировщика навыков, которые приобретаются в течение длительного времени. При использовании универсальных программ специалист, не обладающий достаточно высокой компьютерной культурой, многие месяцы может делать чертежи на компьютере значительно медленней, чем это он делал бы с помощью карандаша и кульмана.

Во-вторых, переход на компьютерные расчеты (алгоритмы которых, как правило, недоступны для пользователя) влечет за собой определенную опасность, связанную с тем, что инженер начинает меньше интересоваться содержанием и физическим смыслом этих расчетов, рассматривая их как «черный ящик». Затрудняется и корректировка программ в связи с какими-либо их улучшениями, так как для этого зачастую необходимо привлечение самого автора программы. Внесение же каких-либо поправок в результаты компьютерных расчетов требует очень хорошего понимания содержания расчета. В связи с этим политика проектной организации в сфере компьютеризации должна всячески препятствовать упрощенному подходу к применению программ, когда их содержание, физическая сущность остаются без внимания. Это особенно касается сложных программ, понимание содержания которых может вызывать большие затруднения.

#### ***2.2.4. Авторский надзор***

Авторский надзор – совокупность действий представителей проектной организации, преимущественно авторов проекта или его раздела, осуществляемых визуально и документально и направленных на определение соответствия градостроительных, архитектурно-планировочных, художественных, технических, технологических и природоохранных решений и действий, осуществляемых подрядчиком в процессе возведения объекта строительства, принятым решениям в рабочем проекте объекта строительства и зафиксированным в документации.

Авторский надзор – контроль лица, осуществившего подготовку проектной документации, за соблюдением в процессе строительства требований проектной документации.

Руководство авторским надзором осуществляет ГИП или ГАП. Члены авторского надзора ведут журнал и следят за своевременным и качественным выполнением указанных работ специалистами.

Когда на строительных предприятиях обсуждаются проблемы качества, приводится множество самых разнообразных факторов, препятствующих решению этих проблем: это и качество проектирования, и уровень технологии, и качество покупных изделий и материалов, зарплата и квалификация работников, условия труда и т.д. Сейчас, с развитием науки управления, можно сказать, что для обеспечения качества требуется:

1) материальная база (покупные изделия и материалы, технологическое и испытательное оборудование, средства измерений, здания, сооружения, транспорт и т.д.);

2) квалифицированный персонал, заинтересованный в хорошей работе (человеческий фактор);

3) глубоко продуманная организационная структура и четкое управление предприятием в целом и управление качеством в частности

Первые два фактора – активный квалифицированный добросовестный персонал и материальная база – определяют необходимую основу для выпуска высококачественной продукции. Поэтому их можно, по-видимому, считать фундаментом, базой качества. Третий фактор – организация и управление предприятием – дополняет фундамент и позволяет реализовать возможности, которые создаются материальной базой и человеческим фактором.

Проблема качества актуальна во все времена. Вот некоторые афоризмы.

Если делать что-нибудь неправильно, не рассчитывай на правильный результат. (Китайская пословица)

Спасение России – в качестве.

Дело несделанное лучше дела испорченного, т.к. несделанное можно сделать, а испорченное трудно или невозможно исправить.

Когда речь идет о качестве строительных работ нужно быть особенно добросовестными, как в учебе, так и в работе.

### **2.3. Причины аварий в строительстве**

Строительство – одно из самых ответственных дел, ведь от качества строительства зависит жизнь людей. Проектирование сложных объектов в общей сложности может занять значительную часть всего периода времени осуществления проекта и здесь все целиком зависит от качества работы проектировщиков. Каждый проектировщик ставит свою личную подпись под каждым созданным им проектом. Цепочка ответственных лиц начинается с него.

В настоящее время рост объемов строительства, в том числе высотных зданий, зданий сложных форм с большепролетными конструкциями, применение не-

достаточно изученных и проверенных на практике новых конструктивных схем и материалов сопровождается снижением качества проектирования и строительства, увеличением количества нарушений организационно-правового порядка, что опять приводит к росту и тяжести происходящих аварий.

Стоит отметить, что аварии и катастрофы в строительстве редко возникают в силу какой-то одной причины. Как правило, в одном месте и в одно время собирается сразу несколько роковых обстоятельств. Не будь хотя бы одного из них, здание, возможно бы, устояло, и люди остались бы живы.

Динамика аварий зданий и сооружений и их причин на территории Российской Федерации в период с 1981 по 2004 гг. представлены в таблице. Тенденция к снижению качества проектирования заметна в последние годы. Согласно техническому анализу причин аварий зданий и сооружений доля аварий, связанных с проектными ошибками в 2004 году составила 22 от их общего количества, в 2002 и 1999 годах – 9% в 1981–1985 годах – 4%.

По статистике, 85 – 90% аварий происходит во время эксплуатации зданий. Однако, когда начинают расследовать их причины, в 90% этих аварий во время эксплуатации причинами являются ошибки, допущенные на стадиях изыскания, проектирования и самого строительства.

Проектные ошибки явились основными причинами аварии на спортивно-развлекательном комплексе с аквапарком в Ясенево в г. Москве 14 февраля 2004 года и эстакады по ул. Шевченко в г. Екатеринбурге 4 сентября 2006 года.

В общем, за 2005 год в России обрушилось 40 зданий, по причинам не связанным с бытовыми авариями и террористическими актами. В результате этих обрушений погибло 48 человек. В 2004 году в России произошло на 30% меньше обрушений, чем в 2005-м.

### **2.3.1. Примеры неудачных проектных решений**

1. «Трансвааль-парк» – спортивно-развлекательный комплекс в Ясенево на юго-западе Москвы, открытый в июне 2002 г. 14 февраля 2004 года произошло обрушение крыши аквапарка. В момент обрушения в здании находилось около 400 человек. Число погибших составило 28 человек, в том числе 8 детей, травмы различной степени тяжести получили 193 человека (в том числе 51 ребёнок). Следствием рассматривались четыре основные версии обрушения крыши: нарушение в проектировании здания, ошибки при строительстве, неправильная эксплуатация либо подвижка грунта, на котором был возведен «Трансвааль». Прокуратура Москвы, проводившая следствие, пришла к выводу об ошибке конструктора.

2. На территории *многоярусной подземной парковки* по ул. Кожевническая в центре Москвы 3 сентября 2009 г произошло обрушение. Парковка расположена в нежилом строящемся здании. Площадь обрушения составила 600 квадратных метров, оно произошло на минус втором этаже, под землей. Один человек погиб. По мнению специалистов, причина аварии – ошибка в проектировании.



## Динамика аварий зданий и сооружений на территории Российской Федерации

| № | Наименование  | 1981 – 1985 | 1993 | 1996 | 1999 | 2002 | 2004 |
|---|---|-------------|------|------|------|------|------|
| 1 | Количество аварий   | 22          | 29   | 31   | 43   | 24   | 27   |
| 2 | Доля причин аварий (%):   |             |      |      |      |      |      |
|   | нарушения требований нормативных документов и отступления от проектных решений  | 40          | 48   | 48   | 26   | 27   | 30   |
|   | нарушение технологии производства строительномонтажных работ;   | 25          | 7    | 7    | –    | –    | 4    |
|   | применение конструкций, деталей, материалов с непроектными характеристиками   | 20          | –    | 7    | 28   | 9    | 4    |
|   | нарушение правил технической эксплуатации   | 11          | 11   | 10   | 23   | 39   | 41   |
|   | проектные ошибки  | 4           | 3    | 6    | 9    | 9    | 22   |
|   | превышение расчетных нагрузок на конструкции в процессе строительства   | –           | 7    | –    | –    | –    | –    |
|   | превышение расчетных нагрузок на конструкции в процессе эксплуатации зданий и сооружений  | –           | –    | –    | 9    | 3    | –    |
|   | нарушение технологии производства работ при демонтаже конструкций   | –           | –    | 6    | –    | –    | –    |
|   | отсутствие консервации, несанкционированная разборка приостановленных строительством неохраняемых зданий и сооружений                   | –           | 3    | 16   | –    | –    | –    |
|   | нарушения при производстве земляных работ   | –           | 21   | –    | –    | –    | –    |
|   | строительство без проекта, необеспечение достаточной несущей способности конструкций  | –           | –    | –    | 5    | –    | –    |
|   | просадки фундаментов эксплуатируемых зданий, вызванные подвижками грунтов основания при производстве вблизи их земляных и свайных работ | –           | –    | –    | –    | 12   | –    |
| 3 | Доля аварий, произошедших на зданиях и сооружениях определенных конструктивных схем (%):  |             |      |      |      |      |      |
|   | с конструктивными элементами из железобетонных материалов   | 61          | 31   | 26   | 9    | 15   | 26   |
|   | с конструктивными элементами из каменных материалов   | 20          | 38   | 58   | 37   | 61   | 48   |
|   | на зданиях из металлических конструкций   | 19          | 10   | 13   | 33   | 15   | 11   |
|   | на деревянных зданиях   | –           | –    | –    | 21   | 9    | 4    |
|   | на зданиях и сооружениях комплексной конструкции  | –           | –    | –    | –    | –    | 11   |
|   | на земляных сооружениях   | –           | 21   | 3    | –    | –    | –    |
| 4 | Доля аварий, произошедших на производственных зданиях и сооружениях (%)   | 50          | 45   | 52   | 48   | 27   | 33   |
| 5 | Доля аварий, произошедших на непромышленных зданиях и сооружениях (%)   | 50          | 55   | 48   | 52   | 73   | 67   |
| 6 | Доля аварий, произошедших на эксплуатируемых зданиях и сооружениях (%)  | –           | 45   | 71   | 93   | 91   | 82   |

3. Здание *Басманного рынка* было построено в 1974 году. 23 февраля 2006 г. крыша Басманного рынка Москвы обрушилась из-за неудовлетворительной эксплуатации здания. Общее число погибших в результате трагедии составило 66 человек. Установлено, что техническая эксплуатация здания рынка велась неудовлетворительно, местами утеплитель кровли находился в переувлажненном состоянии, некоторые элементы несущих конструкций оболочки имели коррозионный износ до 50%. Эксперты пришли к выводу, что в здании рынка была проведена реконструкция для увеличения мест торговли, повышения качества предоставляемых услуг, а также увеличения товарооборота. Именно реконструкция с возможной перепланировкой антресольного этажа могла привести к возникновению дополнительной нагрузки на несущие конструкции.

Кроме того, во время снегопада 22 – 23 февраля 2006 г. снеговая нагрузка на покрытие усугубила напряженно-деформированное состояние несущих конструкций рынка.

Факторы, ставшие причиной разрушения купола, могли накапливаться постепенно и не проявляться в течение длительного времени. Кроме того, определенную роль могли сыграть выявленные дефекты конструкции, резкое изменение метеоусловий, возможное сочетание приведенных выше и других факторов.

5. Обрушение *транспортной галереи на заводе «Магнезит»* в г. Сатка произошло из-за грубых ошибок, допущенных при проектировании промежуточной опоры высотой 9,1 м (рис. 6). Нагрузка от пролетных строений передается в виде сосредоточенных сил. Ошибочно вместо нагрузки 105 т. на каждую сторону опоры в проекте была принята нагрузка 43,5 т. При разработке чертежей КМД из-за неясного изображения на чертеже КМ размера высоты оголовка 1600 мм высота была принята 1000 мм. Изменилась геометрическая схема опоры. Ошибка осталась не замеченной авторами проекта. Основная причина аварии – разрыв узловых сварных швов опорного подкоса.

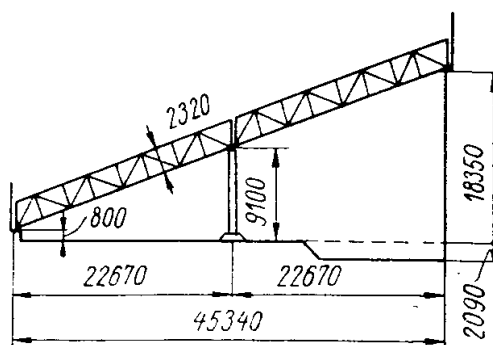


Рис. 6. Конструкция транспортной галереи на заводе «Магнезит»

6. Авария *стропильной фермы* пролетом 28 м в здании прокатного стана 300-2 металлургического комбината произошла из-за неудачного проектирования, отступления от проекта и неудовлетворительного выполнения сварных стыковых швов соединений. Ферма, расположенная примерно посередине длины здания под температурным швом в монолитной железобетонной плите покрытия цеха, не-

ожиданно рухнула, увлекая за собой прогоны и часть железобетонной плиты толщиной 8 см. Фермы аварийного пролета с нисходящими опорными раскосами при жестком креплении ферм к колонне были изготовлены на строительной площадке со значительными отклонениями от чертежей Промстройпроекта: уголкового профиля в поясах были заменены малоэффективными составными сечениями из нескольких профилей (уголков, швеллеров и полос) с дополнительными сварными швами большой протяженности.

7. Полное разрушение *кирпичной водонапорной башни* с шатром произошло вследствие неудачного конструктивного решения опорного кольца резервуара. При пробном заполнении бака на 1/3 его объема раздался сильный удар, и все сооружение – ствол башни с шатром и баком – обрушилось, превратившись в груду обломков. Корпус резервуара разорвался по шву в месте крепления к нему днища. Причиной обрушения были большие напряжения, превышающие предел прочности стали, в месте прикрепления днища резервуара.

8. В октябре 1973 г. в одном из совхозов произошло обрушение стального бункера-накопителя, входящего в состав зерноочистительного комбината (рис. 7).

Размер бункера 8x12x7 м, масса 33 т. Он рассчитан на вместимость 600 т зерна. Опорами бункера являлись 15 металлических стоек высотой 5,3 м, выполненных из прокатного двутавра № 22. Обшивка бункера выполнена из стального листа толщиной 4 мм. В плоскости стен бункера были установлены крестовые связи. Таким образом, бункер представлял собой довольно жесткую пространственную систему.

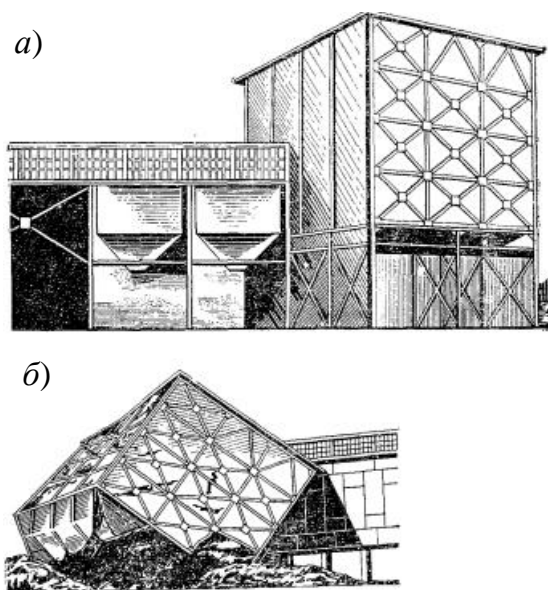


Рис. 7. Бункер-накопитель до обрушения (а) и после обрушения (б)

Обрушение бункера произошло внезапно в безветренную погоду при наличии в нем 430 т зерна. Он обрушился с наклоном в сторону машинного зала зерноочистительного комплекса. Стойки получили значительные искривления с изгибом на 180°, но без разрыва стали. В соответствии с анализом химических и механических свойств образцов металла, взятых на месте аварии, сталь конструкции бун-

кера и стоек относится к марке СтЗ. Поверочные расчеты конструкций самого бункера, произведенные по нормам проектирования стальных конструкций, показали, что они обладают достаточной прочностью. Что касается стоек бункера, то гибкость их намного превышала требуемую по нормам проектирования стальных конструкций.

Несущая способность стоек, рассчитанных как центрально-сжатые элементы, составляет 122 кН. Фактическая нагрузка в момент обрушения составляла на средние стойки 745, на крайние – 373, а на угловые – 186 кН. Таким образом, фактические нагрузки соответственно в 6,1; 3,05 и 1,5 раза были больше несущей способности стоек по расчету.

Характер деформаций стоек обрушившегося бункера свидетельствует о том, что они потеряли устойчивость в плоскости большей гибкости. Авария произошла при шестикратной перегрузке средних стоек.

Краткое описание только части нарушений, допущенных при проектировании и строительстве зданий, приводит к выводу, что имеются серьезные проблемы проектирования и контроля строительного комплекса.

Проектные недостатки:

- осуществление проектирования зданий и сооружений при недостаточной изученности инженерно-геологических условий, иногда вообще без проведения инженерно-геологических изысканий, использование устаревших материалов, или материалов по близлежащим площадкам;
- невыполнение проектными организациями рекомендаций, изложенных в материалах инженерно-геологических изысканий;
- смещение зданий относительно пятен изысканий при их проектировании;
- не учет возможных изменений инженерно-геологических условий строительных площадок за время между их проведением и началом строительства, в первую очередь при реконструкции и капитальном ремонте зданий и сооружений;
- применение, чаще всего с целью удешевления строительства, не оптимальных для конкретной ситуации конструктивных схем и технических решений;
- применение нетехнологичных и трудно реализуемых на практике проектных решений;
- ошибки при расчетах конструкций;
- не учет возможных неравномерных нагрузок (прежде всего снеговых) на покрытия зданий;
- отсутствие технических решений отдельных узлов и деталей;
- в достаточной мере не учитываются условия эксплуатации объектов (агрессивная среда, повышенная влажность и т.д.);
- привязка повторно применяемых проектов, не учитывающих особенности района строительства;
- применение технических решений, ранее не оправдавших себя на практике и вызвавших аварийные ситуации;
- в проектах не указывается или занижается требуемая морозостойкость строительных материалов и конструкций;

– в проекты необоснованно закладывается применение отдельных строительных материалов и изделий, плохо зарекомендовавших себя в процессе эксплуатации;

– внесение изменений в ранее принятые проектные решения без соответствующих расчетов и государственной экспертизы;

С января прошлого года упразднена административная ответственность проектных и изыскательских организаций за правонарушения в области строительства. Мнение о том, что проведение государственной экспертизы проектной документации является единым залогом безопасности при реализации принятых проектных решений ошибочно. Бывают недостатки и при проведении государственной экспертизы. Кроме того, государственная экспертиза проектной документации целого ряда объектов и рабочей документации и не проводится.

На практике мы видим, что при проектировании основные нарушения требований нормативных документов имеют место в рабочей документации, в первую очередь в сложных инженерно-геологических и сейсмических районах.

### ***2.3.2. Основные причины аварий зданий и сооружений при их строительстве и реконструкции***

1. Низкий профессиональный уровень, недостаточный опыт и отсутствие необходимых специалистов проектных, изыскательских, строительных организаций и, в первую очередь, эксплуатационных служб;

2. Отсутствие соответствующей базы для производства инженерно-геологических изысканий, проектирования и технического обследования зданий и сооружений (оборудование, приборы, инструменты, оргтехника, расчетные программы и т.п.);

3. Невыполнение проектными организациями рекомендаций, изложенных в отчетах об инженерно-геологических изысканиях;

4. Осуществление проектирования зданий и сооружений при недостаточной инженерно-геологической изученности площадок строительства;

5. Смещение зданий относительно пятен изысканий при их проектировании;

6. Не учет возможных изменений инженерно-геологических условий строительных площадок за период, прошедший между временем их производства и началом выполнения строительного-монтажных работ (главным образом из-за переувлажнения грунтов);

7. Не учет возможных изменений несущей способности конструкций зданий за период, прошедший между временем предшествующего проектированию их технического обследования и началом реконструкции зданий и сооружений;

8. В технических этажах и подвалах зданий в условиях многолетнемерзлых грунтов, на просадочных и насыпных грунтах проектируются разного рода конструктивы (перегородки, опоры под трубопроводы, оборудование и т.п.) без надежных фундаментов;

9. Отсутствие необходимых расчетов конструкций и оснований, в том числе при изменении технических решений и конструктивных элементов; ошибки при

расчете конструкций и оснований (учет всех возможных нагрузок на конструкции, характера их деформирования и особенностей геометрии, выбор оптимальной геометрии конструкций, армирование конструкций, решение узлов их сопряжения, выбор оптимального класса бетона и марки стали);

10. При расчетах несущих конструкций не обеспечиваются резервы их несущей способности с учетом потери несущей способности в процессе эксплуатации и уровня эксплуатации зданий и сооружений;

11. Применение (чаще всего с целью удешевления строительства) не оптимальных для конкретной ситуации конструктивных схем и технических решений;

12. Привязка повторно применяемых проектов, не учитывающих особенности района строительства (сейсмические, снеговые, ветровые и другие нагрузки);

13. Применение технических решений, ранее не оправдавших себя и вызвавших аварии зданий и сооружений;

14. Несовершенство проектных решений опорных узлов балконов, прежде всего консолей длинноразмерных балконов.

15. При проектировании не учитываются возможные неравномерные нагрузки (прежде всего снеговые) на покрытия зданий;

16. При проектировании и строительстве не предусматриваются и не выполняются надежные фундаменты под разного рода навесы, декоративные стенки ограждений входов в подъезды зданий, приставных лоджий, навесов, не осуществляется их соответствующее крепление к конструкциям зданий;

17. При проектировании не учитываются условия эксплуатации соответствующих конструкций (повышенная влажность, агрессивная среда);

18. В проектах занижается или не указывается требуемая морозостойкость строительных материалов и конструкций, при строительстве также на это не обращается внимания.

19. Необоснованное применение отдельных строительных материалов и изделий в ответственных несущих конструкциях зданий и сооружений (разного типа кирпича – в фундаментах и стенах подвалов, подвергающихся переувлажнению в процессе эксплуатации зданий, помещениях с мокрым и влажным режимом);

20. Применение для кладки стен с влажным режимом пустотелого кирпича, керамических камней, глиняного кирпича полусухого прессования, силикатного кирпича, камней и блоков без нанесения на их внутренние поверхности пароизоляционного покрытия, применение этих материалов для кладки стен цоколей;

21. Проектами не предусматривается отвод техногенных и других вод с подвалов зданий;

22. При проектировании не уделяется должного внимания обеспечению надежности, казалось бы, простейших щитовых зданий (отсутствие связей между продольными и поперечными стенами, мауэрлатами и поперечными стенами, мауэрлатами и стропилами);

23. Необеспечение жесткости дисков перекрытий и покрытий, их связи со стенами, связи поперечных и продольных стен между собой в зданиях всех конструктивных схем, как при их проектировании, так и при строительстве;

24. В рабочей документации не указываются требования по особенностям производства работ и строительных материалов, приведенные в частях II и III строительных норм и правил, например, перевязка каменной кладки, тип и марка кирпича для кладки вентканалов, вентшахт, стен с мокрым режимом, морозостойкость строительных материалов и конструкций, особенности производства работ в зимнее время, требуемые промежуточные прочностные растворы на этажах для различной степени готовности каменных зданий повышенной этажности (9 этажей и более), возводимых зимой с противоморозными добавками, величина защитного слоя бетона и т.п.;

25. Отсутствие утвержденной в соответствующем порядке проектной документации на строительство;

26. Недостаточный объем рабочей документации для реализации проекта;

27. Отсутствие технических решений отдельных узлов и деталей (нет альбомов типовых решений узлов и деталей);

28. Отсутствие проектов организации строительства и проектов производства работ;

29. Отсутствие положительных заключений государственной экспертизы проектной документации;

30. Отсутствие грамотных заключений по обследованию состояния несущих конструкций и оснований, приостановленных строительством объектов и прошедших экспертизу технических решений по их усилению для продолжения дальнейшего строительства;

31. Отсутствие авторского надзора или ведение его неквалифицированными специалистами;

32. Не обеспечение расчетной несущей способности фундаментов, как по вине проектных, так и по вине строительных организаций.

Обрушения зданий и сооружений происходят по одним и тем же законам. Причем причиной большинства аварий являются непредсказуемые человеческие ошибки и упущения, вызванные невежеством, невнимательностью и халатностью. Конечно, есть и преднамеренные причины, связанные с погоней за экономией, не говоря уже об участившихся в последнее время террористических актах. Никто еще не придумал до сих пор, да вряд ли это вообще возможно, таких конструкций, таких методов строительства, которые были бы нечувствительны к человеческим ошибкам (fool-proof concept).

Проектировщику важно не самоуспокаиваться, быть всегда начеку. Жизненный опыт показывает, что существует некий замкнутый цикл развития событий: авария – исследование ее причин – выводы – внесение изменений в практическую деятельность – безаварийное функционирование производства – самоуспокоение – авария...

Осознав, какая ответственная работа ждет в будущем, нужно разобраться, с тем, кто такой проектировщик и какие качества нужны для успешной деятельности.

В широком смысле проектировщик – это и архитектор, и конструктор, инженеры смежных специальностей, проектирующие водоснабжение и водоотведение (ОВ), вентиляцию и кондиционирование, и прочие смежные разделы проектов. Говоря об инженере по специальности «Промышленное и гражданское строительство», в дальнейшем речь пойдет непосредственно о конструкторах. Грамотный проектировщик – это специалист способный выполнить чертежи здания на основе знаний нормативных документов, расчетов и пожеланий заказчика.

*Необходимые качества, обеспечивающие успешность в профессии:*  
Способность к концентрации. Умение погрузиться в работу над конкретным проектом в течение длительного времени. Высокие концентрация и устойчивость внимания. Аналитическое мышление. Способность быстрого переключения с уровня абстрактного мышления и представлений на уровень представлений о конкретном продукте (результате этих разработок). Логичность мышления – способность устанавливать причинно-следственные связи по формальному признаку. Критичность – способность посмотреть на полученный результат с разных точек зрения, определить структуру задачи и затем представить процесс решения задачи в целом, предвидеть конкретный, конечный результат. Способность к творчеству. Умение переходить от конкретных к общим понятиям. Способность продуцировать большое количество решений одной задачи. Умение разбираться в принципах работы технических устройств. Технический склад ума.

С первого дня учебы на архитектурно–строительном факультете из вчерашних выпускников школ преподаватели разных кафедр университета начинают готовить ответственных, добросовестных, интеллигентных, грамотных и квалифицированных специалистов.



## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Смирнов, В.А. Висячие мосты больших пролетов / В.А. Смирнов. – М.: высшая школа, 1970. – 368 с.
2. Шпете, Г. Надежность несущих строительных конструкций / Г. Шпете. – М.: Стройиздат, 1994. – 287 с.
3. Расчет и проектирование конструкций высотных зданий из монолитного железобетона / А.С. Городецкий, Л.Г. Батрак, Д.А. Городецкий и др. – Киев: Факт, 2004. – 106 с.
4. Маклакова, Т.Г. Конструкции гражданских зданий / Т.Г. Маклакова, С.М. Нанасова. – М.: АСВ, 2000. – 294 с.
5. Нойфер, Э. Строительное проектирование / Э. Нойфер; под ред. З.И. Эстроваи. – М.: Стройиздат, 1991. – 392 с.
6. Тимошенко, С.П. История науки о сопротивлении материалов / С.П. Тимошенко; под ред. А.Н. Митинского. – М.: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1957. – 536 с.
7. Бернштейн, С.А. Очерки по истории строительной механики / С.А. Бернштейн. – М.: Госстройиздат, 1957. – 452 с.
8. История механики / под ред. А.Т. Григорьяна, И.Б. Погребыского. – М.: Наука, 1972. – 128 с.
9. Феодосьев, В.И. Десять лекций-бесед о сопротивлении материалов / В.И. Феодосьев. – М.: Наука, 1974. – 173 с.
10. Гордон, Дж. Почему не проваливаемся сквозь пол? / Дж. Гордон. – М.: Мир, 1971. – 114 с.
11. Стельмах, С.И. В.З. Власов и его вклад в создание современной строительной механики тонкостенных конструкций / С.И. Стельмах, В.В. Власов. – М.: Стройиздат, 1982. – 77 с.
12. Крылов, А.Н. Мои воспоминания / А.Н. Крылов. – Л.: Судостроение, 1979. – 480 с.
13. Шухов, В.Г. Строительная механика. Избранные труды / В.Г. Шухов. – М.: Наука, 1977. – 192 с.
14. Бубнов, И.Г. Труды по теории пластин / И.Г. Бубнов. – М.: ГИТТЛ, 1953. – 424 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### Самостоятельная работа студентов

Темы курсовых работ:

1. Исторические сведения о развитии бетонных и железобетонных конструкций.
2. Исторические сведения о развитии деревянных конструкций.
3. Исторические сведения о развитии каменных конструкций.
4. Исторические сведения о развитии металлических конструкций.
5. История развития конструктивных решений зданий и сооружений.
6. История развития науки «Соппротивление материалов».
7. История развития науки «Строительная механика».
8. История развития строительства большепролетных сооружений.
9. История развития строительства высотных зданий и сооружений.
10. История развития строительства метро в России и за рубежом.
11. История развития строительства мостов.
12. Обеспечение надежности и безопасности зданий и сооружений при строительстве и эксплуатации (в России и за рубежом).
13. Обеспечение надежности и безопасности зданий и сооружений при проектировании и эксплуатации (в России и за рубежом).
14. Развитие архитектуры зданий и сооружений.
15. Современные конструкции и материалы в малоэтажном строительстве.
16. Современные эффективные материалы в несущих строительных конструкциях.
17. Современное строительство дорог.
18. Строительные конструкции гражданских и промышленных зданий.
19. Строительные нормативные документы в России и за рубежом.
20. Уникальные здания и сооружения.
21. Математическое и компьютерное моделирование конструкций.
22. Жизнь и научная деятельность академика А.Н. Крылова.
23. Жизнь и научная деятельность инженера В.Г. Шухова.
24. Научная деятельность профессора В.З. Власова.
25. Научная деятельность профессора С.П. Тимошенко.
26. Научная деятельность инженера И.Г. Бубнова.

Требования к оформлению работы:

- пояснительная записка должна содержать 15 – 17 страниц формата А4 машинописного текста, а также иллюстрации, рисунки и фотографии;
- текст, таблицы, подписи к рисункам, список литературы печатать шрифтом Times New Roman Cyr, кегль 14, стиль «обычный», межстрочный интервал – 1,5, абзац – 0,9, режим «выравнивание по ширине», поля: левое, правое и верхнее – 2,0, нижнее – 2,5. Нумерация страниц: внизу, выравнивание по центру, кегль 12;
- заголовки в шапке таблицы оформляются либо в единственном, числе без лишних (неинформативных) слов;

– при переходе текста таблицы на другую страницу повторяется шапка таблицы, а в правом углу пишется *Продолжение табл. 1* (если таблица на три и более страницы) или *Окончание табл. 1* (в случае, если таблица заканчивается);

– рисунки и картинки вставлять в текст только по центру с обтеканием текста сверху и снизу, интервал до картинки – 6, после – 2.

– шрифт подрисуночной надписи на один кегль меньше шрифта основного текста.

*Пример оформления титульного листа.*

**Южно-Уральский государственный университет  
Архитектурно-строительный университет  
Кафедра строительной механики**

**Курсовая работа на тему:**

**«История развития строительства  
высотных зданий и сооружений»**

**Выполнил:  
студент группы  
ФИО**

**Проверил:  
преподаватель  
ФИО**

**Челябинск, 2010**