

Министерство Высшего и Среднего Образования
Ташкентский Государственный Авиационный Институт

проф. Туйчиев Н.Ж.

Конструкция гражданских и промышленных зданий

Учебное пособие

ТАШКЕНТ 2004

Особое внимание уделено возможности широкого использования местных материалов для получения высокоэффективных конструкций.

«Конструкция гражданских и промышленных зданий». Учебное пособие , проф. Туйчиев Н.Д. , Ташкент ,ТГАИ ,2002 г.78стр.

Книга посвящена дисциплине «Конструкции зданий и сооружений в различных экологических условиях», разработана на основе образовательных стандартов, типовых и рабочих программ для специальности В860100 – Безопасность жизнедеятельности (Хаёт фаолияти хавсизлиги)

В учебном пособии освещаются вопросы, связанные с технологией проектирования, строительством и эксплуатацией конструкции гражданских и производственных зданий, а также сооружений. Приводятся категории и классификации зданий и сооружений, перечни требований и норм, правила к проектирования конструкций. Выявлены основные виды и факторы экологической среды, отрицательно влияющие на жизнедеятельность людей, находящихся в зданиях.

Уделено внимание на широкое использования в конструкциях местных, высокоэффективных материалов. В главах пособия описаны свойства, особенности, физико-механические характеристики конструкций из различных материалов, а также приведены принципы и алгоритм расчета конструкций зданий и сооружений.

В работе показаны конструкции , как мостов , тоннелей , метрополитенов, а также промышленных зданий. Изложены основы оптимального проектирования конструкций, роль и влияние землетрясений на качества зданий и меры защиты от них , а также вопросы пособий технической и экономической оценке недвижимости.

В материале рассматривается вопросы влияния окружающей среды на здания и, наоборот, представляет влияния зданий на окружающую среду.

Книга рассчитана преподавателям , научным работникам , специалистом и предназначена студентам технических высших учебных заведений , в том числе Ташкентского Государственного Авиационного Института по специальности безопасность жизнедеятельности.

Рецензент д.т.н. ,проф. Рузиев К.И ., Ташкентский архитектурно-строительный институт

Учебное пособие рассмотрено на заседании методического совета

Ташкентского Государственного Авиационного института и рекомендовано на изданию протоколом за №

Книга предназначена преподавателям и студентам высших технических учебных заведений, научным сотрудникам и специалистам технического профиля, а также для лиц, изучающих дисциплину «Безопасность жизнедеятельности».

Содержание

ГЛАВА.1 ЧАСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Предисловие.

- 1.1. Совершенствование курса «Конструкции зданий».
- 1.2. Общие сведения о зданиях и сооружениях.
- 1.3. Основные конструктивные элементы зданий и сооружений.
- 1.4. Классификация зданий и сооружений.
- 1.5. Исторический опыт использования различных конструкций.
- 1.6. Типы строительных конструкций.
- 1.7. Особенности строительных конструкций из разных материалов
- 1.8. Конструктивные схемы зданий.....

ГЛАВА.2. Безопасность жизнедеятельности. Здания и сооружения

- 2.1. Взаимодействия окружающей среды и зданий , сооружений.
- 2.2. Категории пожарной опасности производств.
- 2.3. Специфические природные климатические условия Узбекистана.
- 2.4. Характеристика основных загрязнителей воздушной среды городов Узбекистана.
- 2.5. Основы планировки населенных мест с учетом экологических факторов.....

ГЛАВА 3. АРХИТЕКТУРНО–СТРОИТЕЛЬНЫЙ ПРОЕКТ И МЕТОДИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ

- 3.1.Архитектурно-строительный проект и стадии проектирования.
- 3.2. Современные конструкции и области их применения.
 - 3.2.1 Требования, предъявляемые к строительным конструкциям.
 - 3.2.2 Области рационального применения строительных конструкций из различных материалов.**
- 3.3. Требования, предъявляемые к зданиям и их конструктивным элементам.**
- 3.4.Принципы технико–экономической оценки вариантов

конструктивных решений на стадии проектирования.....

ГЛАВА 4. ОСНОВАНИЯ ФУНДАМЕНТЫ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ.

- 4.1. Естественные основания и требования предъявляемые к ним.
- 4.2. Основные факторы, влияющие на глубину заложения подошвы фундаментов.
- 4.3. Методы улучшения оснований.
- 4.4. Типы фундаментов.
- 4.5. Виды свайных фундаментов.
- 4.6. Отдельно стоящие ленточные и сплошные фундаменты.....

ГЛАВА 5. Конструкции из местных материалов

- 5.1 Каменные строительные материалы.
- 5.2 .Особенности каменных конструкций
 - 5.2.1. Сведения о каменных конструкциях.
 - 5.2.2. Материалы для каменных конструкций.
 - 5.2.3. Прочность, деформативность каменной кладки.
- 5.3. Армокаменные конструкции
- 5.4. Конструкция из кирпича, пахсы и из деревянного синча.....

ГЛАВА 6. ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

- 6.1. Общие сведения о бетонных и железобетонных конструкциях.
 - 6.1.1. Основные сведения о бетоне.
 - 6.1.2. Основные сведения о железобетоне
- 6.2. Виды бетонных и железобетонных конструкций
- 6.3. Особенности железобетонной конструкции
- 6.4. Расчёт элементов железобетонных конструкций.
 - 6.4.1. Расчет изгибаемых элементов.
 - 6.4.2. Расчёт сжатых и растянутых элементов.....

ГЛАВА 7 МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ

- 7.1. Общие сведения.
- 7.2. Достоинства и недостатки металлических конструкций
- 7.3. Материалы для металлических конструкций.
- 7.4. Расчет металлических конструкций
- 7.5. Применения металлических конструкций
- 7.6.1. Влияние температуры на работу стали и алюминиевых сплавов

- 7.6.2. Коррозия стали и алюминиевых сплавов и меры борьбы с ней.
- 7.7. Стандартные сортаменты из материалов.
- 7.8. Конструкции большепролётных и многоэтажных каркасных зданий

ГЛАВА. 8. ДЕРЕВЯННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

- 8.1 Общие свойства конструкций.
- 8.2. Дерево как строительный материал
 - 8.2.1. Физико механические характеристики и несущие конструкции из дерева.
- 8.3. Виды деревянных конструкций
- 8.4. Защита деревянных конструкций от гниения
- 8.5. Общие сведения о пластмассах основные виды конструкционных пластмасс

ГЛАВА 9. ПРОМЫШЛЕННЫЕ, КАРКАСНЫЕ И КРУПНОПАНЕЛЬНЫЕ ЗДАНИЯ

- 9.1 Общие сведения
- 9.2. Укрепленная сетка колонн
- 9.3. Одноэтажные каркасные здания
- 9.4. Многоэтажные каркасные здания.
 - 9.4.1. Гражданские здания.
 - 9.4.2. Промышленные здания

ГЛАВА 10. СООРУЖЕНИЯ МОСТЫ И ТОННЕЛИ МЕТРОПОЛИТЕНА

- 10.1. Общие сведения. Конструкция мостов и путепроводов.
- 10.2. Типы мостов.
- 10.3. Конструктивные формы современных мостов и путепроводов.
- 10.4. Проектирования метрополитена.
- 10 .5. Конструкции станции метрополитена.....

ГЛАВА 11. ПОКРЫТИЯ, И ПЕРЕКРЫТИЯ ПОЛЫ И ПЕРЕГОРОДКИ, ЛЕСТНИЦЫ

- 11.1. Требования, предъявляемые к перекрытиям.
- 11.2. Классификация перекрытий
- 11.3. Виды перекрытий, покрытий, их элементы, перегородки и требования к ним.
- 11.4. Лестницы. лифты
- 11.5. Тонкостенные пространственные покрытия.
Виды пространственных конструкций
- 11.6. Особенности проектирования пространственных

конструкций

ГЛАВА 12. ОПТИМАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ

- 12.1. Исходное положение
- 12.2. Формулировка задачи.
- 12.3. Методы оптимизации и их оценка. Методы оптимизации.
- 12.4. Алгоритм оптимизации и программа КРОУС (Комплексный Расчет и Оптимизация Упругих Систем)
- 12.5. Решение многокритериальной задачи
- 12.6. Построение области эффективных решений и принятие решений.**
- 12.7. Принятие решений для многокритериальной задачи оптимизации.**

ГЛАВА 13. О РАСЧЕТЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- 13.1. Строительные конструкции. Основные положения их проектирования.
- 13.2. Нагрузки и воздействия
- 13.3. Основы расчёта строительных конструкций

ГЛАВА 14. ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ И ИХ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ.

- 14.1. Общие сведения.
- 14.2. Поведения зданий и сооружений при сильных землетрясениях
- 14.3. Сейсмостойкость.....

ГЛАВА 15. ТЕХНИЧЕСКАЯ, ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И ПРАВОВАЯ ОЦЕНКА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

- 15.1. Основы оценки
- 15.2. Оценка технического состояния улучшений.
- 15.3. Экономическая оценка улучшений
- 15.4. Порядок проведения оценки
- 15.5. Механизм оценки недвижимости
- 15.6. Принятие окончательного решения при многокритериальной оценке
- 15.7. Составление технического отчета

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

ЛИТЕРАТУРА

Приложение

Предисловие

Учебное пособие разработано на основании Государственного Стандарта типовой программы Узбекистана согласно требования к обязательному минимуму содержания и уровню подготовки бакалавра по направлению В 860100 – «Безопасность жизнедеятельности» является единой для всех образовательных учреждений высшего образования Республики Узбекистан.

Изучив дисциплину, студент должен:

иметь представление об основах Государственных систем стандартизации и о системе проектной документации для строительства; о напряженно – деформированном состоянии строительных конструкций под воздействием механических, температурных, и др. нагрузок; о научных направлениях и различных подходах в области проектирования зданий и сооружений; о прогрессивных решениях строительных конструкций; об архитектурно – строительных мерах охраны окружающей среды; знать и уметь использовать: основные объемно – планировочные и конструктивные решения гражданских и промышленных зданий; технические, экономические и противопожарные требования, антисейсмические мероприятия предъявляемые к зданиям и их элементам; чертежи и схемы строительных конструкций и изделий; нормы по оформлению проектной и конструкторской документации;

Иметь навыки построения и чтения чертежей и схем основных видов строительных конструкции; использования информационно – справочной, технической литературы и ГОСТов.

В книге приводится краткий исторический очерк и перспективы дальнейшей индустриализации, повышения качества, снижения материалоемкости и стоимости строительных конструкций. Области применения каменных металлических, железобетонных, деревянных и других строительных конструкций их достоинства и недостатки. Проблемы оптимального проектирования экономической оценки недвижимости в условиях Узбекистана.

Структурные части зданий. Назначение фундаментов, их классификация по конструктивным видам, материалам и методам возведения. Цоколи, отмстки, стены. Основные воздействия на стены и требования, предъявляемые к ним. Классификация стен по материалам и воспринимаемой нагрузке. Элементы стен: оконные и дверные проемы, карнизы, парапеты, пилястры, фронтоны. Стены из кирпича и мелких блоков. Крупнопанельные стены. Перегородки. Требования, предъявляемые к перегородкам, и их классификация. Перекрытия. Виды перекрытий: цокольные, междуэтажные, чердачные, совмещенные с кровлей. Железобетонные перекрытия: сборные и монолитные, балочные и без балочные.

Разъясняются значение перекрытий в обеспечении пространственной жесткости здания. Лестницы. Классификация лестниц и требования, предъявляемые к ним. Конструкции лестниц заводского и построечного изготовления. Покрытия и крыши. Скатные чердачные крыши. Несущие конструкции чердачных и бес чердачных крыш.

Рассматриваются классификация жилищ и производственных зданий. Функционально – технические требования к формированию промышленных зданий. Межотраслевая унификация параметров. Подъемно – транспортное оборудование и его влияние на конструкции зданий. Конструктивные схемы несущего остова одноэтажных и многоэтажных промышленных зданий..

Подробно рассмотрен железобетонный каркас одноэтажных зданий из сборных элементов., поперечная рама. Колонны сплошные и сквозные. Назначение и конструкции фахверка. Подкрановые балки. Стропильные балки, фермы. Подстропильные конструкции. Связи каркаса по шатру и по колоннам. Окна, ворота, полы. Лестницы. Железобетонный каркас многоэтажных зданий и сборочных элементов. Стальные и смешанные каркасы производственных зданий.

Также рассматриваются вопросы: Виды населенных мест, их планировка и благоустройство. Задачи строительного проектирования. Стадии проектирования. Общие сведения о генеральном плане. Проектирование производственных зданий, а также проблемы охраны окружающей среды на территории строительства.

Книга состоит из 15 глав, приложений, из рисунков и таблиц иллюстрирующих основной материал.

Автор выражает особую благодарность за участие в подготовке данного учебного пособия сотруднику кафедры «Прикладная механика» («Амалий механика») Холмухамедовой Н.

ГЛАВА. 1. ЧАСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Краткое содержание.

В данной главе излагаются общие сведения, категории, функции особенности частей , типы зданий и сооружений. Приводится пример исторического опыта использования различных конструкций, информация о конструктивных схемах зданий, а также требования к конструкциям сооружений.

1.1. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КУРСА КОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ

Возведенные в давние времена и в разных странах крепости, мечети и мавзолеи, жилые здания дают глубоко понять, высказывать критикующие отношение к примененным конструкциям и заставляют задуматься над тем как и из чего надо строить. При выборе материалов для строительства крайне

необходимо учесть многовековой опыт строителей прошлых лет. Большой вклад в развитии и решении различных проблем строительства внесли выдающиеся ученые. Материалам, приводит к тому что надо уметь выбрать среди них самых подходящих. На основе много векового опыта были полностью изучены разницы конструкции из камня, сырого и жженого кирпича, и т.д. . Были найдены подходящие (нужные) формы высоких и надежных зданий, начиная как с разных сложнейших пирамид до церквей, мавзолеев, мечетей, спортивных и водных сооружений, были построены несколько сотни исторических зданий и сооружений. Большой внесенный вклад в развитие и решении разных проблем в строительстве выдающихся ученые внесли как Архимед, Герон, Платон, Аполлоний, Гиппарх, Птоломей, Никамед, Архит и другие .

Начиная с VII–VIII веков в странах, где широко распространена исламская религия, было в разгаре строительство мечетей, мавзолеев и религиозных учебных заведений (медресе). В восточных странах, а также в Средней Азии, в возводимых инженерных мемориалах, были применены такие сложные строения как купол, башня, винтовая лестница, **пештак**, **равок** и др. Несомненно, чтобы построить такие инженерные здания, нужны были специалисты и с высокой квалификации большими знаниями. Формы и размеры старинных зданий веками усовершенствовались.

На Востоке строительная наука начала развиваться в IX–XII веках. В этот период жили и творили знаменитые ученые Востока такие как братья Бану Мусо, Собит ибн Курра, Ахмад Фаргоний, Абу Райхон Беруний, Абу Абдулло ал Хоразмий, Абу Али ибн Сино, Умар Хайём, ал-Хазиний, ал-Фаробий, Исмоил ал-Жазорий, Мухаммад ал-Хуросон, Захириддин Мухаммад Бобур, которое оставили сотворили богатое наследие потомкам и по строительству.

В эти и последующие времена, в развитие науки исследования основ и фундамента внесли величайший вклад иностранные ученые, такие как Даламбер, Лагранж, Кулон, Эйлер, Мор и другие, из русских и советских ученых Д. И. Журавский, Ф.С. Ясинский, В. И. Шухов, В. Л. Кирпичев, А. Н. Крылов, В. Н. Байков, А.А.Гвоздев, Н.А. Цитович, Н.Н. Маслов, К.С. Завриев, А.Ф. Смирнов, Н.Н.Складнев, А.В. Дарков и другие.

В XX – XXI веке быстрый рост технических разработок создает систему высоких зданий, длинных мостов, подземных сооружений (метрополитенов), промышленных сооружений разных высот, различных и очень эффективных конструкций.

На основе фундаментальных научных исследований строительной механики и конструкции, высоких результатов добились академики, Х.А.Рахматулин, М.Т. Урозбоев, В.К. Кобулов создали научную основу строительных конструкций. Значительных результатов достигли работы, значение имела работа, которые ведется над сейсмостойкими конструкциями в сейсмоопасных территориях нашей республики. Над этими сложными работами

проблемами академики Т. Р. Рашидов, Т. Ш. Ширинкулов, проф. В. Т. Рассказовский, проф. А.М. Гофман, проф. по железобетонным конструкциям проф. А.Б. Ашрабов .

В модернизации строительных конструкций, в исследовании новых, легких и подходящих к условиям республики конструкции внесли свой вклад проф. К.С. Абдурашидов, проф. А.А. Ашрабов, проф. Б.А. Аскарлов, доц. Х. Камбаров, проф. К.И. Рузиев, проф. О.Г. Тарасов. Исследовавший устойчивость конструкции, науку и практику их оптимального проектирования – проф. Н.Д.Туйчиев, введший деятельность над определением их ресурсами Р.К.Мамаджанов, добившийся высоких результатов при исследовании свойств фундаментов и основ – проф. К.К.Казакбаев, авторы нескольких учебников, словарей – Х.З.Расулов, З.Сирожиддинов, добившийся высоких результатов в исследовании и практики конструкции метрополитена – проф. А.А.Ишанходжаев, специалист по сейсмостойкости зданий – доц. Б.Хабиловы – все они добились высоких исторических результатов.

Особое место занимает высотные здания, которые построены на основе зарубежных проектов, а также легкие пространственные конструкции. новые виды очень высоких и сложных конструкций, зданий. Особенно, имеет значительная роль высотные здания, которые построены на основе зарубежных проектов и легкие пространственные конструкции. В таких конструкций в качестве основных строительных материалов используется железобетон – разного качества, а также чугун, кирпич, иногда камень, древесина и пластмасса.

1.2. Общее сведения о зданиях и сооружениях

С древнейших времен человечество приобретает навыки строительной практики. Первые сооружения из необработанного камня возводились еще в каменном веке. Самые древние постройки, сохранившиеся до настоящего времени, - египетские пирамиды и восточные храмы и мечеты. Кладка пирамид осуществлялась без раствора, каменные блоки удерживались за счет сил трения. Стены и купольные или сводчатые покрытия древних зданий возводили из кирпича и природных притесанных камней на известковом растворе с добавками к нему молотого слабообожженного кирпича, золы, костяной муки и т.д. Для воспринятая распора от куполов применяли контрфорсы, упорные арки, а также железные связи и затяжки.

Немаловажное место в исследованиях по строительной механике и конструкциям занимают и узбекские ученые.

В республике основателями фундаментальной науки по строительным конструкциям занимают и узбекские ученые.

В республике основателями фундаментальной науки по строителями конструкциям являются академики Х.А. Рахматулин, М. Т. Урозбоев, В.К.

Кобулов.

Учитывая сейсмоактивность, на территории Узбекистана многие годы ведутся различные работы по поиску определенных высококачественных строительных конструкций. Над этой особо важной и сложной проблемой занимались академики Т.Р. Рашидов, Т.Ш. Ширинкулов, проф. В.Т. Рассказовский, проф. А.М. Гофман, проф. По железобетонным конструкциям А.Б. Ашрабов, чьи труды отличаются хорошими результатами.

Огромный вклад внесены в модернизацию строительных конструкций, нахождению новых легких и подходящих к условиям республики конструкций учеными и наших дней проф. К.С. Абдурашидовым, проф. А.А. Ашрабовым, проф. Б.А. Аскарковым, проф. К.И. Рузиевым, проф. О.Г. Тарасовым, доц. Х. Камбаровым.

В Узбекистане исследованы и достигнуты высокие результаты по устойчивости конструкций, изучены научные и практические стороны их оптимального проектирования (проф. Н.Д. Туйчиев), проведены исследования велись (Р.К. Мамаджанов) исследования свойств фундаментов и основ (проф. К.К. Казакбаев), изданы немало учебников и словарей (Х.З. Расулов), решаются вопросы.

Проведены исследования по оценке надёжности оснований и фундаментов (З. Сиржиддинов), изучены и исследованы конструкции метрополитена (проф. А.А. Ишанходжаев), решаются вопросы по сейсмостойкости зданий (доц. Б. Хабилов).

В настоящее время увеличиваются новые виды очень высоких и сложных конструкций и зданий.

Здания и сооружения Зданиями называют строительные системы из несущих и ограждающих конструкций, образующих замкнутый объем, для проживания или пребывания людей либо для выполнения различных производственных процессов.

Здания и сооружения состоят из отдельных частей – фундаментов, каркаса, покрытий (крыш), стен, перегородок, перекрытий, лестниц, окон, дверей и т.п. В частях зданий и сооружений выделяют конструктивные элементы, колонны, фундаментные блоки, стены, плиты, балки, фермы, лестничные марши или дверные блоки.

К промышленным и гражданским зданиям предъявляются следующие требования: **прочность, жесткость и устойчивость** под воздействием силовых и климатических факторов, долговечность, огнестойкость, необходимая степень теплоизоляции, возведение индустриальными методами. В условиях застройки на сейсмоактивных территориях предъявляются требование сейсмостойкости объекта.

Проектирование зданий и сооружений выполняется проектными организациями, проектно – изыскательскими институтами или частными

фирмами и физическими лицами, имеющие соответствующую лицензию. Перед началом проектирования выполняются изыскательские работы, уточняющие выполнения заключений изыскательских работ, уточняющие геологические, гидрологические, климатические, геодезические и другие данные о строительной площадке. Исходным документом для проектирования служит задание на проектирование, в котором указываются месторасположение и назначение объекта, объем, состав и габариты помещений, сроки строительства, стадийность разработки проектно – сметной документации, **мероприятия по защите окружающей среды и т. п.**

В зависимости от функционального назначения здания подразделяются на **гражданские** (в том числе жилые и общественные) и **промышленные**. К жилым – относятся квартирные дома для постоянного проживания людей, гостиницы, общежития и дома-интернаты. **Общественные здания** предназначены для социального обслуживания населения, для размещения административных учреждений и общественных организаций. К ним относятся здания школ, лицеев, колледжей, институтов, магазинов, ресторанов, столовых, кинотеатров, театров, клубов, а также здания лечебно-оздоровительного назначения, административные и т.п.

Следует отметить, что изучаемые здания и сооружения существенно влияют на состояние окружающей среды, и наоборот внешние факторы определяют параметры и состояния зданий и сооружений. На окружающую среду существенно влияют производственные здания и сооружения.

Производственные здания предназначены для размещения промышленных производств (при одновременном обеспечении необходимых условий для труда людей и эксплуатации технологического оборудования) например, производственные цехи заводов и фабрик, электростанции, гаражи, здания для содержания скота и птицы, теплицы, водопроводные и канализационные насосные станции и т.п.

1.3. Основные конструктивные элементы зданий и сооружений.

Каждое здание (сооружение) состоит из отдельных взаимосвязанных структурных частей (конструктивных элементов). К ним относятся **фундаменты, стены, отдельные опоры, каркасы, перекрытия, крыши (покрытия), лестницы, лифты, даже перегородки, окна, двери.**

Фундамент – это часть здания (сооружения), расположенная ниже поверхности земли и предназначенная для передачи и распределения нагрузок от здания на его основание, т.е. грунт. **Стены** служат для ограждения помещения от внешней атмосферной среды (наружные стены) или для разделения между собой отдельных помещений (внутренние стены). Каркасам относятся стержневая система, используемая как несущая конструкция,

которая воспринимает все внешние, внутренние нагрузки и воздействия и в последствии передает на фундамент. К **отдельным опорам** относятся столбы или колонны, воспринимающие нагрузку от перекрытий и покрытий или поддерживающие наружные стены.

Перекрытия – горизонтальные элементы конструкции, разделяющие здание (сооружение) по высоте на этажи (ярусы) и воспринимающие нагрузки от собственной массы, массы людей, технологического оборудования и т.д.

Покрытие – это верхнее ограждение здания (сооружения) для защиты помещений от внешних климатических факторов и воздействий, воспринимающее нагрузку от собственной массы, снеговую, а иногда и ветровую нагрузку.

Лестница, лифт – это элементы здания (сооружения), служащие для сообщения между этажами (ярусами). По требованиям противопожарной охраны лестницы, лифты обычно размещают в отдельных помещениях – лестничных клетках и отдельные шахты..

Перегородка – тонкая внутренняя стена, опирающаяся непосредственно на перекрытие и служащая для разделения на отдельные помещения внутреннего пространства здания.

Среди конструктивных элементов здания (сооружения) могут быть выделены **несущие конструкции**, воспринимающие нагрузки и воздействия и обеспечивающие прочность, жёсткость и устойчивость зданий и сооружений. Это – покрытие, перекрытия, стены, отдельные опоры, фундаменты. Совокупность несущих элементов образует пространственную систему – несущий остов здания.

1.4. Классификация зданий и сооружений.

В соответствии с назначением здания разделяются на **гражданские** (жилые дома, учебные заведения, театры, клубы, больницы, административные); **промышленные** (заводы, фабрики, электростанции, гаражи, ангары, котельные, депо); сельскохозяйственные (животноводческие постройки, силосные башни, теплицы и др.).

Кроме зданий строят различного рода инженерные сооружения – шахты, мосты, метро, тоннели, трубопроводы, емкости (бункера, силосы, резервуары), башни, а также дороги, аэродромы и т.п.

Элементы зданий, защищающие внутренние помещения от воздействия внешней среды или отделяющие одно помещение от другого, называются **ограждающими конструкциями**. В некоторых частях зданий совмещаются несущие и ограждающие функции (например, перекрытия, внешние стены и др.).

Для строительных конструкций используют железобетон, местные материалы- каменную кладку, металл (сталь и алюминиевые сплавы), дерево и

пластмассы.

В зависимости от народнохозяйственного значения зданий и ценности находящегося в них оборудования **назначают капитальность, срок службы, долговечность, огнестойкость конструкций**, которые регламентируются для различных видов зданий (жилые дома, общественные здания, производственные, вспомогательные здания) соответствующими нормами проектирования.

Здания каждой группы по капитальности делятся **на четыре класса**: первый класс отвечает повышенным требованиям, четвёртый – минимальным.

По степени **огнестойкости здания подразделяют на пять ступеней**, которые характеризуются пределом огнестойкости конструкций и группой возгораемости основных частей здания, например, каменные здания, могут относиться к 1, 2 и 3 степеням огнестойкости в зависимости от свойств перекрытий и перегородок; деревянные, оштукатуренные и неоштукатуренные здания относятся соответственно к 4 и 5 степеням огнестойкости. Предел огнестойкости конструкций выражается в часах и соответствует продолжительности сопротивления конструкции действию огня до потери несущей способности, до образования сквозных трещин и т.д.

В зависимости от материала строительные конструкции делятся на негорючие, трудно сгораемые и сгораемые (см.Приложение 2.).

Долговечность здания определяется прочностью и устойчивостью его отдельных частей в течение всего срока службы без снижения эксплуатационных качеств.

По долговечности здания делятся на три степени:

- 1.здания должны иметь срок службы свыше 100 лет;
- 2.здания должны иметь срок службы не менее - 50 лет;
- 3 здания должны иметь срок службы не менее - 20 лет.

При расчете строительные конструкции различают:

1 **линейные или стержневые** – колонны, однопролетные или многопролетные балки, балочные плиты и настилы, фермы, рамы, арки и т.д. 2 **плоскостные – плиты**, оперты по контуру с различными условиями опирания краев, наружные или внутренние стены зданий, кессонные и безбалочные перекрытия и др. 3 **пространственные – тонкостенные купола, оболочки покрытий** одиночной и двойной кривизны, висячие конструкции, стенки резервуаров и силосов, складки, шатры и т.п.

1.5. Исторический опыт использования различных конструкций.

Строительные конструкции зданий и сооружений в своем непрерывном развитии характеризуют состояние архитектуры – искусства строить. Строительная техника зависит от уровня материального развития общества, орудий производства, состояния ремесел, науки, наличия местных

строительных материалов, климатических условий и национальных особенностей и др.

У древних строителей основными строительными материалами были дерево, природный камень и кирпич. Наиболее древними постройками рабовладельческого строя, сохранившимися до нашего времени, являются египетские пирамиды и храмы.

Кладка пирамид велась без раствора, камни удерживались трением. В египетских храмах основной конструктивной формой была строчно-балочная из природного камня. Пролеты каменных блоков и плит, опертых на массивные колонны, не превышали 4 – 4,5 метра, что определяло общий архитектурный облик здания.

Греки также как и египтяне, каменную кладку стен храмов вели из тесаных камней. Для соединения кладки применялись железные штыри и связи. Каменные перекрытия по колоннам с капителями имели пролеты обычно 2,5 – 3 метра. Мраморные балки пропилеев Акрополя в Афинах имели наибольшие пролеты – 5,43 м. Для кровельных покрытий в храмах греки на каменные стены укладывали мощные деревянные прогоны, на которые опирались стропила и обрешетины под гончарную или мраморную черепицу.

В Китае строили балочные каменные мосты сравнительно больших пролетов. Так в 10 в. н.э. в провинции Фуцзянь был построен 13 пролетный мост, каждый пролет которого был перекрыт тремя параллельно уложенными каменными балками длиной 22м высотой 1,8м шириной 1,5м и весом свыше 150т.

Строители Ассирии, Вавилона, Персии применяли для перекрытия больших пролетов стрельчатые своды и арки из тесаных камней и обожженного кирпича на известковых растворах. В Финикии и Карфагене в 8-6 в до н.э. применяли бетонную кладку из мелких камней на известковом растворе.

От Карфагена бетонная кладка была заимствована римлянами, которые применяли её для устройства куполов, сводов, водоводов, молов, набережных и других сооружений. Здания с круглыми планами перекрывали куполами, здания с прямоугольными планами применяли цилиндрические, сомкнутые и крестовые своды, т.е. пространственные конструкции. В сводах и куполах ребра и кольца устраивали из кирпичной кладки на растворе, а пространство между ними заполняли с применением вулканической пыли – пуццолана.

Римляне применяли деревянные стропильные фермы, а также мосты ригельно-подкостной системы.

В Византии для покрытий над прямоугольными планами использовали купола на парусах. Купол храма Софии с пролетом 30м был сложен из пористого кирпича, полученного путем обжига глиняной массы с соломой.

На Руси с древнейших времен велось строительство из дерева, каменные постройки появились в 9 в. Избы, терема, храмы, сторожевые башни возводились в виде деревянных срубов из венцов круглого леса соединенного

врубками. Стены и купольные, сводчатые покрытия древних русских зданий возводили из кирпича или природных притесанных камней на известковом растворе с добавками к нему молотого слабо обожженного кирпича, золы и костяной муки. Для восприятия распора от куполов применяли контрфорсы, упорной арки, а также железной связи и затяжки.

В странах западной Европы в 10–14 в.в. строили каменные здания готического стиля. В готических зданиях, соборах, ратушах – ажурные стены и стрельчатые крестовые своды выкладывались из тесаных камней, которые образовывали каркас или нервюры, с заполнением пространства между ними тонкими каменными плитами. Для кладки сводов и ажурных стен применяли также обожженный кирпич. Распор от сводов передавался не на стены, а на специально вынесенные из стен подпружные балки – аркбутаны с контрфорсами и столбами – пинаклями.

В Средней Азии тесаные камни зданий укладывали на растворе, который служил главным образом для выравнивания постели и только от части их связывал. Для покрытия зданий применяли сложные деревянные стропила с консольными балками подкосами, ригелями и стойками с затяжками и без затяжек. В некоторых зданиях устраивали подшивные потолки и своды. В качестве кровельного материала применяли черепицу, шифер, кованое железо и листовой свиней.

В 15-16 в.в. во всех странах западной Европы развитие ремесел и мануфактурного производства сопровождалось бурным развитием науки, литературы, искусств, в том числе и архитектуры (эпоха Возрождения)

В эпоху возрождения основным материалом для стен был обожженный кирпич со штукатуркой или облицовкой мраморными или терракотовыми плитами. Для покрытий зданий применяли деревянные фермы с кровлей и черепицей и терракотой.

В начале 18 в. в новой столице России в Петербурге было построено большое количество общественных зданий дворцов, соборов, мостов, набережных. Были созданы российская академия наук, инженерные школы. Развитие науки и техники способствовало тому, что в России выдвинулся целый ряд ученых, архитекторов, инженеров, которые, создавая свои оригинальные здания и сооружения, в то же время творчески перерабатывали строительное искусство и опыт других народов. В России и в ряде стран Европы с начала 17 в. для строительства стали применять чугун и железо. В 1725 г при строительстве Невьянской башни на Урале впервые были применены чугунные балки длиной 12 м усиленные снизу железными коваными стержнями.

Трудности осуществления сопряжение деревянных растянутых элементов заставляли строителей применять комбинированные железочугунные и железодеревянные стропильные фермы со сжатыми элементами из чугуна или дерева и растянутыми из сварочного железа. Сопряжения этих ферм осуществлялись при помощи металлических башмаков, проушин и тяжей.

Особое место занимает история строительства в Азиатских, особенно Средне Азиатских странах, связанная со своеобразной архитектурой и конструктивными решениями. Практически все исторические строения такие как мечети, соборы, другие общественные здания строились на основе кирпича, с использованием для покрытий купол, сводов и арок. В строительстве жилых, сельско- хозяйственных зданий широко использовались конструкции из эффективных местных материалов, например, сырцовый, жженый кирпич, камень, пахса, синч –деревянный каркас.

Для строительства долговечных мостов и покрытий промышленных зданий требовались огнестойкие, дешевые в эксплуатации конструкции. Это побудило к открытию нового материала – железобетона, в котором рационально сочетались лучшие качества каменных материалов (бетона) и металлических (арматуры) Период 1850-1855 гг. может быть назван периодом возникновения железобетона. Способ получения железобетона с применением крупного заполнителя (щебня и гравия) был предложен в России в 1883 г. А. Л. Шиллером, который в 1889 г. получил на этот способ особый патент.

Опытами различных исследователей было установлено, что бетон и арматура имеют между собой значительное сцепление и поэтому работают совместно, причем бетон защищает стальную арматуру от ржавления и действия высоких температур. С 1885 г. начался период освоения железобетона в промышленном, гражданском строительстве и в мостостроении

Развитию железобетона способствовала разработке конструктивной формы ребристых перекрытий, применяющихся до настоящего времени. Удалив бетон из растянутых зон плоского перекрытия, и заменив тонкую арматуру более толстыми стержнями, получили новый весьма экономичный тип перекрытия, а который плита монолитно связана с балками, прогонами, колоннами. Железобетонные конструкции делались монолитными, т.е. изготовлялись на месте строительства. В начале использования бетона сборный железобетон не получил распространения из-за отсутствия индустриальной базы и приспособлений для монтажа, хотя и были предложены сборные железобетонные плоские пустотелые плиты перекрытия.

Особое место в истории строительстве занимают опыт Среднеазиатских стран, в Узбекистане города Хива, Бухара и Самарканд. До наших времен сохранились уникальные здания мечетей и мадраса и.т.п. Основными конструкциями стен исторических зданий сооружение является их особенность формы и качество. До наших дней хорошо сохранились конструкции инженерных сооружений и сами здания ещё VI – XII, веков в Бухаре, Ташкенте, Самарканде, Коканде – и в др. городах Узбекистана.

При этом также следует отметить оригинальность и, уникальность зданий и сооружений, возведенные в Узбекистане за последние 100 лет, это театр Навои, гостиницы, банки, НБУ общественные и спортивные здания в центрах вилоятов, здания на площади «Мустакиллик» в г.Ташкенте,

метрополитен, телебашня, здание концертного зала Дружбы Народов, а также ряд других зданий и сооружений

1.6. Типы строительных конструкций.

В настоящее время наиболее широко применяемыми конструкциями являются конструкции из железобетона, камня, металла, дерева и пластмасс.

Железобетонные конструкции. Сборный и монолитный железобетон с ненапрягаемой и предварительно напряженной арматурой ещё в течение многих лет будет основным материалом капитального строительства. На заводах сборного железобетона в республике готовят следующие конструкции для зданий и сооружений: стеновые блоки и панели из тяжелых и легких бетонов, колонны, плиты перекрытий и покрытий, фермы, балки и арки, подкрановые балки, фундаментные блоки, элементы пролетных строений мостов, обделки тоннелей метрополитена, опор контактной сети и т.д., а также отдельные изделия – шпалы, трубы, элементы оград и др. на строительных площадках будет осуществляться полносборный монтаж зданий и сооружений.

Монолитный железобетон широко применяется для массивных конструкций энергетических сооружений, в строительстве автодорог, аэродромных покрытий, в фундаментах под технологическое оборудование, а также в силосах, башнях различного назначения, дымовых трубах, где бетонирование возможно в подвижной опалубке.

Выдающимся примером уникального сооружения в монолитном железобетоне является предварительно напряженная башня высотой 533 м Московского телецентра, железобетонная часть которой имеет высоту 385 м (автор – конструктор Н. В. Никитин).

В зарубежной и отечественной практике успешно строят гражданские здания большой этажности в передвижной и переставной опалубке или методом бетонирования перекрытий на земле с подъемом их домкратами на проектные отметки с использованием быстротвердеющих цементов, ускорителей твердения и других современных средств.

Исследования структуры легких бетонов из прочных и деформативных характеристик, морозостойкости, коррозионной стойкости, огнестойкости и других свойств, а также практика строительства показала, что легкие бетоны с ненапряженной и предварительно напряженной арматурой могут применяться для возведения самых ответственных зданий и сооружений.

Для изготовления стеновых панелей плит покрытия и перекрытия применяют ячеистые бетоны, для легких покрытий больших пролетов – тонкостенные армоцементные конструкции, для покрытий стен промышленных зданий – панели из асбестоцемента с легким заполнением

В Средне азиатских странах большинство жилых, общественных и

промышленных зданий последних 50 и более лет построены на основе железобетонных конструкций.

Металлические конструкции. Стальные конструкции целесообразны главным образом в зданиях и сооружениях с большими нагрузками, пролетами и высотами, а также в цехах металлургических заводов с технологическими процессами сопровождающиеся выделением большого количества тепла, в производственном оборудовании к которому предъявляется требование непроницаемости, в высоконапорных трубопроводах для нефти и газов и резервуарах, в каркасах уникальных высотных зданий в опорах высоковольтных сетей в подвижных конструкциях – кранах разводных мостах.

Совершенствование и удешевление конструкций для промышленных зданий происходило посредством их типизации модернизации и уточнения их сортамента прокатных профилей, внедрение автоматической и полуавтоматической сварки, применение легированных и термически упрочненных сталей, предварительного упрочнения конструкций с помощью затяжек из высокопрочных канатов и проволочных пучков. В практику строительства внедрены рулонные листовые конструкции, которые сваривают на заводах в крупных полотнищах, перевозят в рулонах, а затем разворачивают и сваривают на месте строительства.

Деревянные конструкции. Ценные строительные свойства древесины особенно объемная масса сухой древесины при сравнительно высокой прочности позволяет использовать её для несущих конструкций многих промышленных зданий и сооружений.

Древесину используют также в ограждающих деталях отапливаемых зданий вследствие её малой теплопроводности. Химическая стойкость сухой древесины обуславливает целесообразность применений без металлических и особенно клееных деревянных конструкций и зданий химической промышленности

Применение деревянных конструкций целесообразно в одноэтажных зданиях – авторемонтных мастерских, гаражах – навесах, складских помещениях, а также в инвентарных подвижных и сборно-разборных зданиях для изыскателей и линейно- дорожных работников.

В Узбекистане деревянными конструкциями пользуются с давних времен, в особенности в каркасных одно и многоэтажных зданиях из синча.

Каменные конструкции. Изготовление кирпича производится на многих заводах. В современном строительстве, несмотря на массовое изготовление стеновых блоков и панелей, повсеместно практикуется хорошо освоенные каменные конструкции для возведения стен, столбов, фундаментов.

При надлежащей механизации строительных процессов каменных конструкций высокоэффективны при строительстве малоэтажных жилых домов, общественных и сельскохозяйственных зданий. Благодаря высоким эксплуатационным качествам каменных домов, простоте их возведения во

многих случаях они целесообразны для нестандартного строительства, а также для возведения нетиповых частей зданий.

В республиках Средней Азии издавна широко используют каменные конструкции разных типов, такие как сердце вой кирпич, гувала –сердцевая лахса , жженый кирпич , различные каменные материалы

Конструкции из пластмассы. Целесообразность применения материалов со значительно меньшей объемной массой является одной из предпосылок внедрения в современном строительстве конструкций и изделий из пластмасс.

Пластмассы во многих случаях применяются в сочетании с другими материалами - алюминием, асбестоцементом, клееной древесиной, фанерой и др.

1.7. Особенности строительных конструкций из разных материалов

При выборе материалов для строительных конструкций необходимо учитывать эксплуатационные, экономические, производственные и эстетические требования, которые предъявляют к объекту строительства. Конструкции должны обладать соответствующей долговечностью, прочностью, жесткостью, сейсмостойкостью , выносливостью. При проектировании конструкций из разных материалов необходимо также учитывать **их индустриальность, технологичность и трудоемкость** изготовления конструкции, **удобство монтажа, транспортабельность, огнестойкость, коррозионную стойкость** и некоторые другие качества. При проектировании зданий и сооружений обычно производят сопоставление вариантов возможных конструктивных решений из разных строительных материалов. Каждый вариант подвергается технико-экономической оценке по расходу материалов и денежных средств, трудоемкость изготовления и монтажа с учетом наличия производственных баз и материальных ресурсов. Для строительства избирают вариант с наилучшими показателями.

Бетонные и каменные конструкции обладают высокой огнестойкостью и весьма долговечны. Огнестойкость железобетонных конструкций несколько меньше каменных; и для повышения их огнестойкости необходимо увеличивать толщину слоя бетона, который защищает арматуру. Прочность стальных конструкций при температуре 500° снижается в 2раза, при температуре 600° сталь становится пластичной. Для защиты стальных конструкций их бетонируют или покрывают специальными огнезащитными составами. **Деревянные конструкции** легко возгораются, для защиты от огня их пропитывают антипиринами или штукатурят. Железобетонные и стальные конструкции при хорошем уходе весьма долговечны. Имеется опыт длительной эксплуатации (свыше 100 лет) деревянных конструкций, защищенных от атмосферных воздействий. В сырых условиях и без проветривания деревянные конструкции разрушаются через 5-15 лет.

Железобетонные конструкции широко применяют в промышленном, гражданском, сельскохозяйственном строительстве для зданий (одноэтажных и многоэтажных; крупнопанельных, каркасных, с кирпичными стенами) и инженерных сооружений (бункеров, силосов, резервуаров, каналов). Около 85% всех строительных конструкций выполняют из железобетона, большинство из которых монтируют из сборочных элементов. Сборные железобетонные элементы, предназначенные для массового применения, вносят в каталоги типовых деталей. Для того чтобы одни и те же элементы могли быть применены в строительных объектах различного назначения и в различных условиях, основные параметры зданий - расстояние между колоннами, высота этажей, размеры от уровня пола до головки крановых рельсов.

Основной унификацией является принцип кратности геометрических размеров зданий величине, называемой модулем.

Прочность, жесткость и устойчивость здания и его отдельных частей должны быть обеспечены в период проектирования и в процессе возведения. Сборные элементы, кроме того, должны обладать необходимой прочностью и жесткостью при их изготовлении, транспортировании и монтаже.

Конструкции зданий должны быть индустриальными чему в большей степени соответствуют сборные элементы заводского изготовления унифицированными размерами, отвечающие проверенным в практике типовым конструктивным решениям. Они должны изготавливаться с минимальной затратой денежных средств, строительных материалов, труда, энергетических ресурсов, машинного времени.

Сборные элементы должны быть технологичны в изготовлении и монтаже, приниматься наибольших габаритных размеров и максимального веса.

Стыки сборных элементов должны быть простыми; для подъема сборных элементов предусматривают петли и иные устройства.

Многоэтажные здания. За последние годы наметилась тенденция к увеличению этажности гражданских и производственных зданий из-за необходимости уменьшения площади застройки и благоустройства, сокращения инженерных и транспортных коммуникаций.

Многоэтажные производственные зданий, в том числе для автотранспорта, строят в соответствии с унифицированными габаритными схемами.

Гражданские здания строят от 5 до 16-20 этажей и выше. Высоты этажей жилых и общественных домов также унифицированы. Для жилых зданий, гостиниц, мотелей приняты высоты этажей – 3 м; для административных, торговых, лечебных и учебных зданий аэровокзалом – 3,3 м; для конструкторских бюро, лабораторных корпусов – 3,6-4,2-6,0 м.

В зависимости от назначения здания, района строительства, условий эксплуатации, архитектурного замысла и других факторов многоэтажные здание имеют различные конструктивные схемы. Различают многоэтажные здания каркасные, бескаркасные и смешанного типа.

1.8. Конструктивные схемы зданий.

Конструктивные схемы бескаркасных зданий. В бескаркасных зданиях вертикальными несущими частями в пространственной системе являются крупные панели, устанавливаемые одна на другую, а также крупноблочные или кирпичные стены.

Бескаркасные схемы применяют в жилых домах, поскольку их планировке присуще частое размещение стен. Применение сборных железобетонных панелей значительно снижает стоимость и сроки возведения жилых зданий. Имеется опыт применения панельных конструкций в жилых домах высотой свыше 20 этажей.

К бескаркасным конструктивным схемам должны быть отнесены также жилые здания из объемных блоков. Отдельные объемные блоки здания изготовляют на заводе из плоских панелей и пространственных элементов. Все отделочные работы выполняют на заводе, здание монтируют из готовых объемных блоков, что значительно улучшает качество работ и снижает сроки строительства.

Конструктивные схемы зданий смешанного типа. Здания смешанного типа при малой этажности возводят с наружными несущими крупноблочными или кирпичными стенами и внутренними железобетонными или кирпичными колоннами для поддержания междуэтажных перекрытий.

При большей этажности здания смешанного типа делают с несущими стенами и неполным каркасом. В сравнении с бескаркасными зданиями здания смешанного допускают более свободную. Планировку помещения, что бывает необходимо, например, при строительстве административных зданий.

Одноэтажные здания. Производственные здания. В мире более 80% всех производственных площадей находятся в одноэтажных зданиях, большинство из них возводят из сборных железобетонных конструкций. Утверждены унифицированные габаритные схемы одноэтажных зданий для всех отраслей промышленности. В соответствии с этими схемами применяют пролеты 12, 18, 24, 30 м и более, шаг колонн 6 и 12 м, высота от пола до низа конструкции 8,4; 9,6; 10,8; 12,6; 14,4; 16,2; 18 м

Одноэтажные производственные здания для осуществления технологических процессов оборудуют внутрицеховым транспортом, а именно напольными транспортными механизмами, подвесными кранами, которые перемещаются по путям подвешенные к покрытиям, мостовыми кранами, которые передвигаются по рельсовым путям на подкрановых балках уложенных на консолях колонн.

В одноэтажных зданиях применяют покрытие из плоскостных конструкций – кровельных панелей, балок, ферм, арок с подстропильными конструкциями или без них и пространственные покрытия в виде оболочек, складок, много

волновых сводов.

Кроме конструкций покрытий зданий используют железобетонные колонны, фундаменты, подкрановые балки, стеновые панели, а также в ряде случаев вертикальные и горизонтальные связи.

Каркасные здания представляют собой совокупность одно-, двух- или многопролетных поперечных рам, соединенных между собой диском покрытия. В продольном направлении рамы соединены, кроме того, подстропильными конструкциями, подкрановыми балками или связями для повышения пространственной жесткости здания. Колонны жестко заземляются в фундаментах. Элементы покрытия присоединяют к закладным деталям верхних частей колонн при помощи сварки. При зданиях большой длины каркас делят температурными швами на температурные блоки, работающие самостоятельно.

Поперечная рама каркас образуется из стоек- колонн, заземленных в фундаментах, и ригелей в виде балок или ферм, с которыми колонны шарнирно соединены. При наличии мостовых кранов колонны снабжаются консолями.

На конструкции зданий в общем случае могут действовать нагрузки:

- 1) постоянные – вес несущих и ограждающих конструкций;
- 2) временные длительные – например, вес воды на крыше-- ванне;
- 3) временные кратковременные – снег, ветер, мостовые или подвесные краны;
- 4) особые – сейсмические, от просадки основания.

Железобетонные плоские перекрытия

Классификация плоских перекрытий. Железобетонные перекрытия удобны в эксплуатации, долговечны, огнестойки, жестки, могут воспринимать большие нагрузки и поэтому их широко применяют при строительстве многоэтажных зданий.

По конструктивным признакам плоские перекрытия различают: ребристые с балочными плитами; ребристые с плитами, опертыми по контуру, безбалочные.

В зависимости от способа возведения перекрытия могут быть сборные, монолитные и сборно-монолитные. Плиты делятся на опертые по двум сторонам или по всему контуру.

Подробную информацию о строительных конструкциях из разных материалов можно получить в следующих разделах пособия.

Контрольные вопросы.

1. Части зданий и сооружений.
2. Общие сведения о зданиях и сооружениях.
3. Основные конструктивные элементы зданий и сооружений.
4. Требования, предъявляемые к зданиям и их конструктивным элементам.
5. Конструктивные схемы зданий
6. Какие здания относятся к жилым, общественным и

производственным?

7. Назовите основные конструктивные элементы здания.
8. Каким основным требованиям должны удовлетворять здания?
9. Как делятся здания по огнестойкости?
10. Назовите основные виды объемной композиции здания.

ГЛАВА.2. Безопасность жизнедеятельности. Здания и сооружения

Краткое содержание В данной главе излагаются вопросы, связанные с взаимодействием экологического состояния среды на жизнедеятельности в зданиях и сооружениях, показаны конкретные отрицательно влияющие факторы. Рассмотрены особенности проблемы охраны внешней среды и их разрешения в городах Узбекистана

2.1. Взаимодействия окружающей среды и зданий , сооружений.

При проектировании зданий и сооружений за основу берутся все внешние и внутренние факторы , существенно влияющие на жизнедеятельность людей, а также на качества , на надежность и на долговечность конструкций зданий.

Виды и типы различных нагрузок, воздействий и разновидностей факторов окружающей среды , влияющих на здания и сооружения приводятся на рис 1, где каждый из них могут предопределять основные геометрические, физические и другие параметры и характеристики объекта.

Наиболее существенными из них в условиях Республики Узбекистан является жаркий климат, резкий перепад температуры, загрязненность и запылённость воздуха , шум в городах, слабости и особенности грунтов , сейсмоактивность территорий и многие др. Также значительны влияния ветров, ураганов, а также влияния пересоленности, уровня грунтовых вод, особенности и слабости грунта в ряде районов и областей республики.

ВНЕШНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ
(природные, искусственные)

ВНУТРЕННИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ
(технологическое, функциональное)

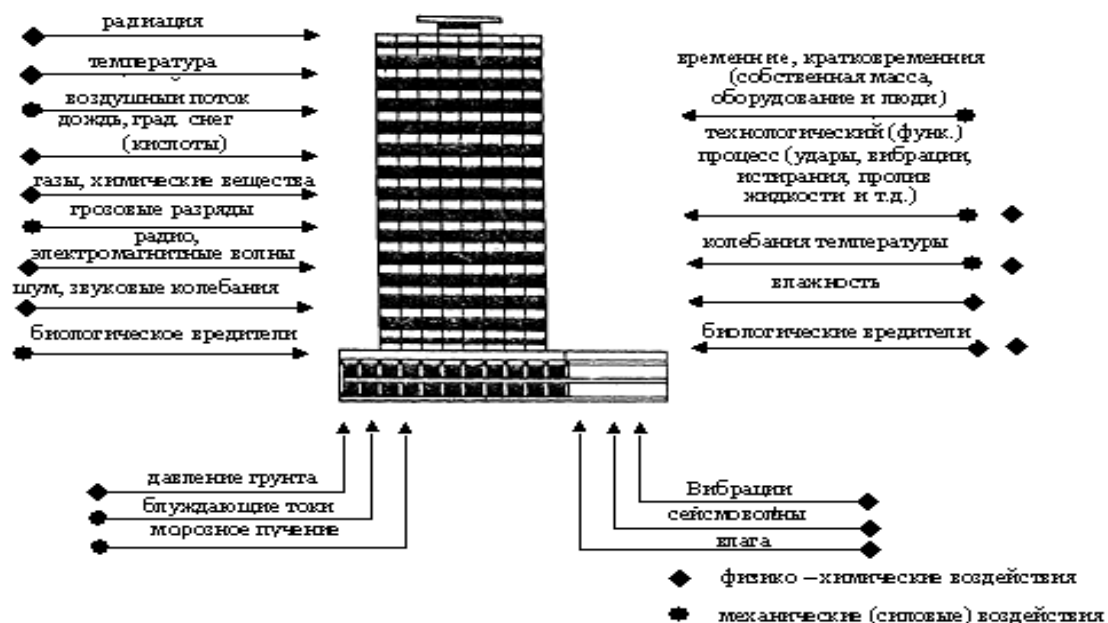


Рис. 1. Факторы (внешние и внутренние), воздействующие на здание.

Актуальным является учет при проектировании зданий наиболее значительно влияющих факторов, например шума, выбросив, колебаний автодорог, трамваев и метро. Данные направления в республике слабо развиты, нет соответствующих нормативных документов, нет методики и практики для принятия соответствующих мер защиты от них.

Малоизучен вопрос влияния лучей солнца, инсоляция и различных радиацией, магнитных волн и т.п. Слабо изучено влияние объектов строительства на жизнедеятельность человека т.е. на окружающую среду.

Особо следует отметить что имеется как бы обратная проблема отрицательного влияния функционирования объектов строительства на окружающую среду. На рис. 2 показаны основные из факторов влияющих на жизнедеятельность человека, т.е. на окружающую среду.

ВНЕШНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ
(природные, искусственные)

ВНУТРЕННИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ
(технологическое, функциональное)

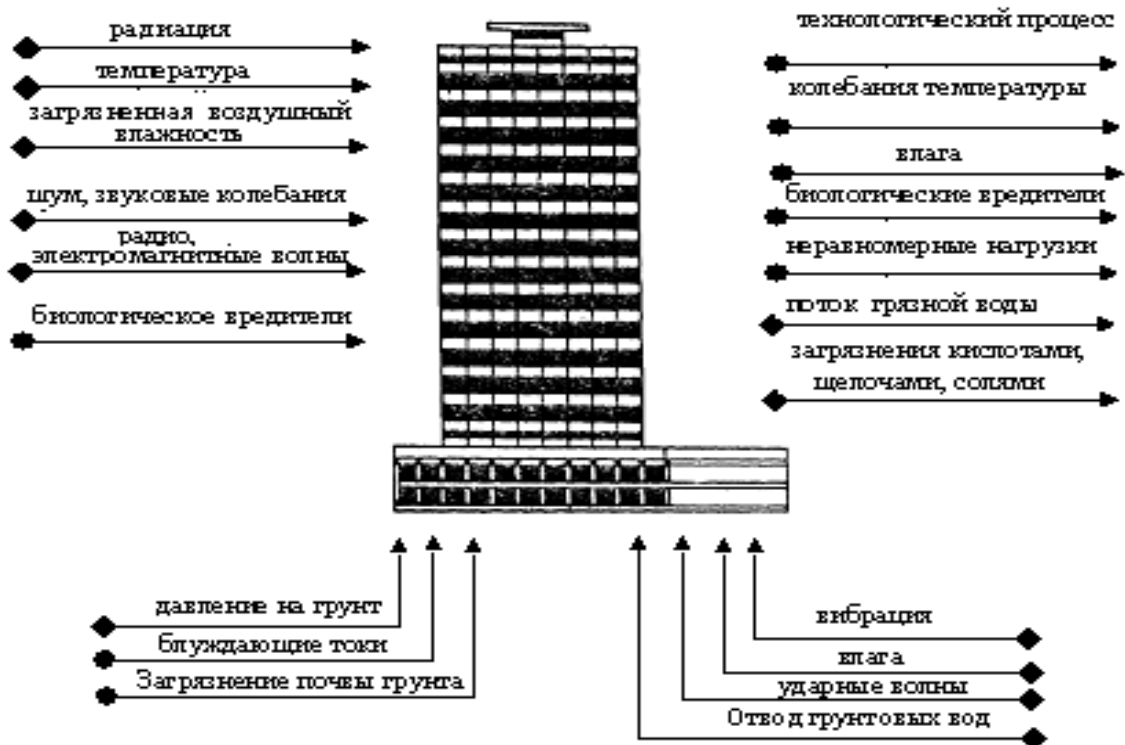


Рис 2. Внешние факторы гражданских и промышленных зданий на окружающую среду.

На мировом аспекте достаточно много разного рода отрицательных факторов, носящих имя разрушительных стихийных действий: цунами, землетресения, ураганы и наводнения, сопровождающие жизнедеятельность.

Самые разрушительные цунами			
1	1775г. 1 ноябрь	Португалия	50 тыс.
2	1883г. 27август	Остров Ява	36 тыс.
3	1896г. 15 июнь	Япония	26 тыс.
4	1896г 17 декабрь	Калифорния	200
5	1906 г 31 январь	Эквадор	1,5 тыс.
6	1952 г 5 ноябрь	Северные Курильские острова	2300
7	1960г 22 май	Чили	31
8	1964 г. 28 март	Остров Аляска	107
9	1976 г. 16 август	Филиппины	5 тыс.
10	1998 г. 17 июль	Новая Гвинея	2 тыс.
11	2004г. 26 декабрь	Юге –Восточная Азия	250 тыс.

Самые сильные землетресения

1	1939г.27.декабрь	Турция	100000
2	1966 г. апрель	Чили	30000
3	1966 г. апрель	Ташкент	110
4	1976 г. 4 февраль	Гватемала	23000
5	1976 г. 28 июль	Китай	242000
6	1980 г. 15 август	Индия	30000
7	1985 г. 20 сентябрь	Мексика	25000
8	1988 г. 7 декабрь	Армения	25000
9	1990 г. 21 июнь	Иран	50000
10	2003 г. 26 декабрь	Иран (Бом)	30000
11	2004 г. 26 декабрь	Индонезия	150000

В таблицах 2.1 и 2.2 приведены наиболее характерные из них с огромными отрицательными последствиями.

2.2 Категория пожарной опасности производств.

При решении вопросов связанных с обеспечением пожарной безопасности производственных предприятий, в том числе выбора стечений огнестойкости здания , важное значение имеет оценка пожарной опасность производства .

Под понятием « пожарная опасности » подразумевают совокупность условий, способствующих возникновению и развитию пожара и определяющих его возможные масштабы и последствия . В настоящее время еще нет методов количественной оценки пожарной опасности отдельных производственных процессов, помещений или зданий . Поэтому пользуются сравнительными данными , определяющими верность возникновения и распространения пожара , исхода из физико-химических свойств веществ, обращающихся в производстве . К таким свойствам относят:

для легковоспламеняющихся и горючих жидкостей ---температуру вспышки ,для горючих газов и пылей — нижний концентрационный предел взрывае ости, для твердых веществ --их возгораемость, а также возможности воспламенения или взрыва веществ при взаимодействии их с водой или окислителями . Учитывают также температуру, при которой ведется технологический процесс , а также возможности выделения при этом икр или пламени.

На основании этих свойств веществ или условий их обработки Строительные нормы и правила (СНиП-М.2-62) разделяют производства и склады по пожарной буквами А,Б,В,Г, и Д. К категории А отнесены производства с наибольшей пожарной опасностью, а к категории Д — с наименьшей.

К категории А относятся производства связанные с применением веществ, воспламенение или взрыв которых может последовать в результате воздействия воды или кислорода воздуха ; жидкостей, имеющих температуру вспышки

паров 28°C и ниже ; горючих газов, нижний предел взрываемости которых 10% и менее по объему воздуха , а также газов и жидкостей в количестве , которые с воздухом могут образовать взрывоопасные смеси .

К категории Б относятся производства, связанные с применением жидкостей с температурой вспышки паров выше 28 до 120°C ; горючих газов, нижний предел взрываемости которых более 10% по объему воздуха , а также производства , связанные с выделением переходящих во взвешенное состояние горючих волокон или пыли в таких количествах , которые с воздухом могут образовать взрывоопасные смеси .

К категории В относятся производства, связанные с обработкой или применением твердых сгораемых веществ и материалов , а также жидкостей, имеющих температуру вспышки паров выше 120°C .

К категории Г относятся производства, связанные с обработкой несгораемых веществ и материалов в горячем , раскаленном или расплавленном состоянии и сопровождающиеся выделением лучистого тепла , систематическим выделением искры и пламени, а также производства, связанные со сжиганием твердого , жидкого и газообразного топлива .

К категории Д относятся производства, связанные с обработкой несгораемых веществ и материалов в холодном состоянии.

К категории А,Б и В не относятся производства, в категориях горючие жидкости, газы и пары сжигают в этом же помещении, а также производства , в которых технологический процесс протекает с применением открытого огня.

Склады подразделяют на категории пожарной опасности, находящихся в них материалов так же , как и производства.

При установлении категории пожарной опасности производств более пожароопасное производство можно не учитывать, если площадь помещения, занимаемая этим производством, не превышает 10% полезной площади помещения с менее пожароопасным производством и составляет не более 200м^2 . При этом должны быть предусмотрены специальные мероприятия (ограждения , вентиляция),

исключающие возможность образования взрывоопасной концентрации или распространения пожара за пределы этого участка.

В отличие от СНиП Правилами устройства электроустановок (ПУЭ) классифицируются не производственные процессы, а помещения. Кроме признаков, предусмотренных СНиП, при классификации производственных помещений учитываются также возможность образования взрывоопасных концентраций паров и газов во всем объеме помещения или только в местах их выделения, резкость запаха выделяющихся газов или паров , режим работы технологического оборудования, расстояние от мест выделения взрывоопасных веществ до электрооборудования и другие факторы.

Согласно ПКЭ к взрывоопасным (классы В-I, В-Ia, В-Iб, В-Iг) относятся помещения и наружные установки, в которых применяют жидкости , имеющие

температуру вспышки до 45°C , газы, имеющие нижний предел взрыва до 15% по общему, а также пыли, имеющие нижний предел взрываемости до 65 г/м^3 .

Все остальные производственные помещения, в которых применяют или хранят горючие вещества, относятся к пожароопасным (классы -П-I, П-II, П-III, П-III).

Определение категории пожарной опасности производства и классификации производственных по пожаро- взрывоопасности имеют большое практическое значение. Отнесением производственного помещения или процесса к тому или иному классу или категории пожарной опасности определяется выбор оборудования, строительно-планировочное решение, а в ряде случаев и сама технологическая схема. Все это в известной степени оказывает влияние на стоимость строительства и эксплуатации всего предприятия.

2.3. Специфические природно – климатические условия Узбекистана.

Природно – климатические и инженерно – геологические условия Узбекистана определяют ряд особенностей, влияющих на результаты проекта, например оптимизацию этажности и размещения жилищного строительства, инженерного оборудования и оздоровления атмосферы городов и др.

По природно - климатическим условиям на территории Узбекистана можно выделить:

1. Равнинные и предгорные оазисы, низменные и горные долины, низкие предгорья населения, развитыми коммуникационными связями, сухим жарким климатом, слабыми и нормальными скоростями ветра.

2. Пустыни и полупустыни, характеризующиеся слабой освоенностью и обводненностью территории, наличием очаговых оазисов, окруженных пустынями, крайне тяжелыми температурными условиями, низкой влажностью, повышенными скоростями ветров с значительным количеством дней и пыльными бурями.

3. Предгорья и горы, отличающиеся разнообразными почвенными, водными и климатическими условиями.

По просадочности грунтов на территории Узбекистана можно выделить: районы с распространением коренных пород, практически непросадочные или слабопросадочные; районы распространения просадочных грунтов с не установленной величиной просадки – слабо изученные районы; с непросадочными грунтами; районы с проявлено просадочными грунтами в результате длительного искусственного орошения; районы с сильнопросадочными грунтами мощностью до 25 м с величиной до 100 – 200см.

При проектировании развития городов следует принимать во внимание, что грунты и грунтовые воды обладают сульфатным типом агрессивности и коррозионности к строительным материалам, имеют засоленность от $0,2 \div 1,0$ до $10 \div 0,5$ до $5 \div 10\%$ - в сухих грунтах.

По уровню залегания грунтовых вод на территории Узбекистана можно выделить: районы с близким залеганием грунтовых вод, требующие организации дренажа и проектирования сооружений без подвальных помещений; районы с залеганием грунтовых вод более 10 м.

По сейсмическим условиям территория Узбекистана подразделяется на слабо сейсмические районы и районы с активной сейсмичностью 7,8 и 9 баллов.

Эти особенности далеко не полностью учитываются в капитальном строительстве, что приводит к значительным потерям, неправильному определению затрат на те или иные виды работ и, в конечном счете, к ошибкам в планировании развития жилищного и других видов строительства.

В Узбекистане, в силу особенности климата и экологических факторов, приходится применять более жесткие планировочные, конструктивные и объемно – пространственные решения зданий и сооружений, осуществлять большой объем работ по благоустройству районов, что значительно превышает аналогичные затраты в других климатических поясах и намного повышает стоимость строительства. Сооружение 4-х вместо 5-этажных жилых домов приводит к большим затратам на инженерное освоение территорий, обеспечение сквозного проветривания квартир и устройства летних помещений, применение солнцезащитных устройств, увеличение высоты этажа на 20см- все это удорожает стоимость строительства жилого дома на 10%, а необходимость устройства оросительной сети – еще на 5%.

Усиление конструктивных связей элементов зданий, рассчитанных на устойчивость к подземным толчкам силой 7 баллов, приводит к удорожанию строительства на 2-3 %, 8 баллов – на 4-6 %, а при 9 баллах затраты на усиление конструкций столь велики, что общая стоимость строительства возрастает на 7- 12% в зависимости от физико – механических устройств грунтов и уровня грунтовых вод.

При этом, расход металла в районах с сейсмичностью 9 баллов возрастает в 1,3 – 1,8 раза, а продолжительность строительства - в 1,1 – 1,2 раза по сравнению с аналогичным строительством в обычных условиях.

Для возведения зданий и сооружений на просадочных лесовых грунтах требуется осуществление таких специальных строительных мероприятий по стабилизации грунтов, как замочка и уплотнение грунтов, использование, что повышает стоимость строительства еще на 2-6 % в зависимости от типа просадочности.

Осуществление основного объема строительного - монтажных работ в условиях повышенной температуры наружного воздуха приводит к снижению

средней выработки и повышению стоимости строительства на 2-3%. Существенно на стоимость строительства оказывает повышение на 2-3% удельного веса монтажа в общей структуре капитальных вложений на строительство жилых зданий.

Решение вопросов тепло, хладо- и газоснабжения также в значительной степени зависит от природно - климатических особенностей Узбекистана.

Из них наиболее существенными являются: резкая годовая континентальность климата при наличии значительного перегревного периода в некоторых районах, что вызывает необходимость защиты зданий как от переохлаждения, так и от перегрева. Низкая относительная влажность воздуха в летний период позволяет, наряду с традиционными системами кондиционирования воздуха, применять водяные системы охлаждения, отличающиеся высокой технико-экономической эффективностью. Большая амплитуда суточных колебаний температуры наружного воздуха в зимний и летний периоды требует применения систем отопления и охлаждения с гибким тепловым регулированием, а также эффективного использования в летнем режиме естественных средств регулирования микроклимата. Низкое качество подпочвенной воды в ряде районов решающим образом влияет на выбор схемы теплоснабжения; разнообразие климатических условий, что определяет расчетные параметры, выбор установочной мощности, эффективность работы источников тепла и холода, число часов использования максимума нагрузок.

Большое значение для эффективного использования энергоресурсов в Узбекистане и развития хладоснабжения городов имеет выбор типов холодильных машин и схем хладоснабжения.

Неблагоприятные воздействия городской среды на человека можно разделить на: неблагоприятные природно – климатические факторы и последствия антропогенной деятельности. Причем, по данным американской научно- исследовательской корпорации «Ресурсы для будущего», главным источником ввода остаточных продуктов антропогенной деятельности во внешнюю среду является «классическая» энергетика, основанная на сжигании органического топлива, затем следует сельское хозяйство, промышленность, коммунально – бытовой сектор. Из числа загрязнителей наибольший объем приходится на дымовые газы, фекальные, твердые и органические отходы. Основным компонентом в дымовых газах является двуокись углерода.

В 1970 г. из общего объема остаточных продуктов производства и потребления в мире 39 млрд. т на долю атмосферного загрязнения приходилось около 20 млрд. т а в 2000 г. т эти цифры соответственно составят 104 и 51 млрд. т.

В основной Закон нашей страны – Конституцию Республики Узбекистан включена статья о сохранении и чистоте воздуха и воды, улучшении окружающей человека среды. Этот факт указывает на важность и актуальность проблемы окружающей среды.

2.4. Характеристика основных загрязнителей воздушной среды городов Узбекистана.

Наиболее важным фактором загрязнения среды, оказывающим влияние на проектирование любого здания и сооружения, особенно генерального плана развития города, является загрязнение атмосферного воздуха. Этот фактор имеет прямое и непосредственное влияние на здоровья жителей, их оценку привлекательности того или иного района. Масштаб загрязнения атмосферного воздуха сравним с масштабом города и по видимому, это сохранится еще многие годы и даже десятилетия. Поэтому в пособии рассматриваются именно вопросы оздоровления воздушной среды населенной местности в генеральных планах развития городов.

Изучение основных характерных для Узбекистана отраслей, загрязняющих атмосферный воздух, является актуальным направлением в разрешении проблем жизнедеятельности.

Химическая промышленность. Выбросы предприятий химической промышленности характеризуются большим спектром высокотоксичных химических веществ. Основные выбросы: сернистый ангидрид, окись углерода, окислы азота, аммиак, пыль, сероводород, хлористые и фтористые соединения.

Цветная металлургия. Предприятия цветной металлургии являются источниками загрязнения атмосферного воздуха сернистым газом, окисью углерода, окислами азота, фенолом, полиметаллической пылью и т.д. Наибольшие выбросы пыли приходятся на долю отражательных печей, а газов и серы – на долю конверторов.

Автомобильный транспорт. Выхлопные газы автомобилей являются одним из наиболее распространенных загрязнителей. В городах.

Предприятия черной металлургии. Выбросы литейных производств состоят, главным образом, из окиси углерода, пыли и сернистого ангидрида. Кроме того, в них присутствуют значительные количества окислов азота, фенола, сероводорода, аммиака, циклических углеводородов и других токсичных веществ.

Перечисленные наиболее характерные и другие отрицательные факторы учитываются первоначально на этапе разработки генерального плана того или иного города . населенных мест , микрорайона , центров.

2.5. Основы планировки населенных мест с учетом экологических факторов.

1. Классификация населенных мест. Генеральный план. Зонирование

территории.

Населенные пункты в зависимости от численности людей, проживающих на их территории, преобладающего характера занятого населения, административно -культурного и производственного признака делят на города, поселки городского типа, сельские населенные пункты. При планировке и застройке городов, поселков и сельских населенных мест поселки и города делят на три основные группы в зависимости от численности их населения. (Табл.1).

Таблица 1. Классификация населенных мест по числу проживающего в них населения.

Категории населенных мест.	Города с населением, тыс. чел.	Поселки городского типа с населением, тыс.чел.	Сельские населенные пункты с населением, тыс. чел.
Крупнейшие	Более 1000	—	—
Крупные	500...1000	—	—
Большие	250...500	Более 10	Более 5
Средние	100...250	5...10	2...5
Малые	50..100	3...5	1...2
	До 5	До 3	До 1

Города по своему народнохозяйственному профилю (преобладающей народнохозяйственной функцией) делят на промышленные, портовые, курортные, железнодорожные узлы, научные центры и др. По административно-политическому и культурному значению среди городов выделяются столичные города, административные центры краев, областей, округов и районов, а также города республиканского, краевого, областного и окружного подчинения.

Каждый шестой житель планеты проживает в городе с населением более 1млн. жителей. Таких городов уже сейчас более 150. Почти столько же людей проживает в крупнейших и больших городах. Продолжающаяся концентрация жителей в городах становится одним из наиболее типичных явлений нашего времени.

Планировочная структура определяется в зависимости от характера основной производственной деятельности, климатических условий, рельефа местности, географического местоположения города

и др. При этом выделяют две основные схемы: компактную и рассредоточенную.

Строительство новых и расширение существующих населенных мест, а также проектная численность их населения устанавливаются плановыми органами на основе перспективных планов развития народного хозяйства и рационального размещения производительных сил страны. Проектирование населенных мест и их строительство осуществляются на основе генеральных планов с учетом действующих норм с взаимной увязкой социально - экономических, архитектурно-строительных, санитарно-гигиенических и инженерно - технических задач на перспективный срок 20 лет и более и на первую очередь строительства.

Планировочные районы при составлении генерального плана населенного места включают в свой состав систему мероприятий, к которым относятся: наиболее благоприятное размещение на территории комплекса жилых домов, общественных зданий, производственных и хозяйственных предприятий и других элементов населенных мест; рациональная организация рельефа местности; создание системы культурно-бытового обслуживания; оснащение инженерными сетями и оборудованием; архитектурно - художественное решение отдельных ансамблей и населенного места в целом. Все эти мероприятия неразрывно связаны между собой и решаются комплексно с учетом экономических требований.

Проектированию населенных мест обычно предшествует всестороннее изучение природных и экономических условий района строительства и технико-экономических сравнений возможных вариантов его расположения. Для этого широко используют вычислительную технику.

Территория города по своему функциональному назначению делится на следующие зоны:

селитебную (жилую), на которой размещаются жилые и общественные здания, парки, скверы, бульвары, а также обслуживающие население коммунально-бытовые предприятия, не выделяющие вредных отходов;

промышленную, на которой располагаются промышленные предприятия и связанные с ними транспортные сооружения и склады;

коммунально-складскую, где размещаются транспортные сооружения (автобусные и трамвайные парки, гаражи и др.), сооружения водопровода и канализации, а также склады торговых и хозяйственных организаций с обслуживающими их железнодорожными ветками и автомобильными дорогами;

внешнего транспорта, где располагаются железнодорожные станции, портовые сооружения, аэродромы, морские и речные вокзалы.

на территориях, прилегающих к городам, следует предусматривать организацию прилегающих зон, предназначенных для использования в качестве резервов последующего развития города и для размещения объектов их хозяйственного обслуживания, а также зеленых зон, предназначенных для организации отдыха населения, улучшения микроклимата, санитарно-гигиенических условий.

Селитебная зона делится на городской центр, жилые районы и входящие в их состав микрорайоны. Городской центр включает обычно главную площадь, на которой размещаются учреждения общегородского назначения. Жилые районы формируются в зависимости от размера города, этажности застройки и других местных условий. В общественном центре района размещают административные здания районного значения, культурно - бытовые учреждения периодического пользования.

Микрорайон является основной структурной единицей жилой застройки и представляет собой комплекс с полным составом культурно-бытовых учреждений и предприятий повседневного обслуживания.

Оптимальная численность населения микрорайона от 3 до 4 тыс. человек при малоэтажной застройке и площади территории 15..20 га и от 6 до 8 тыс. человек при многоэтажной застройке и площади территории 20...30 га.

Микрорайоны располагают на территориях, не пересекаемых транспортными магистралями, и обеспечивают лишь проездами для обслуживания нужд микрорайона.

Санитарные разрывы устанавливаются в зависимости от высоты более высокого здания (Н) и должны быть: между торцами зданий, имеющими окна, - не менее 12м, не имеющими окон согласно

противопожарным нормам; между длинными сторонами и торцами здания не менее 12м; между односекционными домами от 5 этажей и выше, а также домами башенного типа не менее 1,5 Н (но не менее 30м).

Таблица .2.Противопожарные расстояния между зданиями.

Степень огнестойкости здания.	Расстояние, м, при степени огнестойкости другого здания		
	I,II	III	VI,V
I,II	6	8	10
III	8	8	10
IV,V	10	10	15

В табл. 2 приведены противопожарные разрывы между зданиями в зависимости от их степени огнестойкости.

2. Санитарно-защитные зоны.

Озеленение. Защита окружающей среды.

Санитарно-защитной зоной считается территория между местами (источниками) выделения производственных вредностей и границей жилой застройки.

Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий устанавливают пять классов промышленных предприятий с технологическими процессами, являющимися источниками производственных вредностей.

В соответствии с классом предприятия назначают размеры санитарно-защитных зон: I класс-1000м; II-500м; III-300м ; IV-100м; V-50м. Размеры санитарно-защитной зоны могут быть увеличены или уменьшены при соответствующем технико-экономическом и гигиеническом обосновании. Эти территории должны быть благоустроены и озеленены.

На территории санитарно-защитных зон могут быть размещены отдельные здания и сооружения с производством меньшего класса вредности, чем производство, для которого установлена санитарно-защитная зона. В то же время на их территориях запрещается размещать спортивные сооружения, парки, детские учреждения, школы, лечебно-профилактические и оздоровительные учреждения общего пользования.

Застройка микрорайонов решается с учетом наиболее благоприятной инсоляции, проветривания, изоляции от шума и пыли. Для этого устраивают зоны отдыха со спортивными площадками, озеленяют проходы вдоль проездов и пешеходных дорог и дворы для игр детей.

Озеленение очищает воздух и имеет большое оздоровительное значение, а также защищает от ветров и городского шума. Площадь озеленения должна составлять не менее 40% территории микрорайона. На одного жителя должно быть предусмотрено не менее 10м² зеленых насаждений.

В суммарную площадь озеленения входят все зеленые насаждения, кроме площади участков школ, детских садов и яслей.

Одно из важных градостроительных требований формирования комфортной городской Среды- сохранение естественного ландшафта, гармоничное сочетание его с застройкой. С этой целью используют так называемые дома ступенчатого и террасного типа.

Расположение жилых домов, предприятий и учреждений, общественных мест и зон отдыха должно быть целесообразно спланировано с учетом перспектив развития города и максимального удовлетворения культурно-бытовых потребностей его населения.

3. Дорожно-уличная сеть.

Инженерное благоустройство и оборудование населенных мест.

Планировочная структура городов определяется характером дорожно-уличной сети, которая выполняет роль артерий города. Улицы и дороги являются транспортными коммуникациями и путями для движения людей. Вдоль них фиксируются сети водоснабжения, канализации, энергоснабжения и др. Таким образом, улично-дорожная сеть составляет часть городской территории, ограниченной красными линиями и предназначенной для движения транспорта и пешеходов, прокладки различных сетей инженерного оборудования, размещения зеленых насаждений. **Выделяют следующие принципиальные геометрические схемы дорожно-уличной сети, которые определяют их построение:**

- радиальная, которая характерна для небольших старых городов;
- радиально-кольцевая, как правило, встречается в крупных городах и представляет собой усовершенствованную радиальную схему;
- прямоугольно-диагональная представляет собой усовершенствованную прямоугольную схему. Наложенные на прямоугольную сетку диагонали обеспечивают кратчайшие связи между наиболее важными пунктами.

По транспортному назначению городские улицы и дороги делят на магистральные и местного значения. Магистральные улицы и дороги представляют собой основные трассы городского транспорта и подразделяются на общегородского и районного значения и дороги грузового движения. Улицы и дороги местного значения делят на жилые, промышленные и коммунально-складских районов, пешеходные и проезды.

Площади по назначению подразделяют на главные, районные, транспортные, вокзальные и местного значения.

Площади жилых районов являются как бы их общественными центрами. Вокруг них размещают здания районного значения.

К площадям местного значения относятся площади перед зрелищными, торговыми, административными и другими зданиями и сооружениями, промышленными предприятиями, в которых находится большое количество людей.

Основными элементами городской улицы являются проезжая часть, предохранительные полосы, тротуары, пешеходные дороги, велодорожки, трамвайные пути, полосы зеленых насаждений, разделительные полосы, откосы насыпей и выемок, подпорные стенки, технические полосы, остановочные и конечные стоянки общественного транспорта и т. д.

Ширину улиц и дорог устанавливают с учетом их категории и в зависимости от расчетной интенсивности движения транспорта и пешеходов, типа застройки рельефа местности, требований защиты населения от шума, пыли, выхлопных газов автомобилей, способов отвода дождевых и талих вод; размещения подземных инженерных сетей, зеленых насаждений, оросительных каналов и др.

В целях экологической охраны предусматриваются полосы зеленых насаждений, которые используют для разделения элементов улиц: проезжей части от тротуаров, тротуаров от застройки и т. д. Разделительные островки и полосы озеленения, технические полосы обычно используют для прокладки подземных инженерных сетей. Наиболее рациональна и прогрессивна совмещенная прокладка сетей в общей траншее. При этом уменьшается объем земляных работ примерно на 35...40% по сравнению с отдельной прокладкой, растворимость на 15...30%. При совмещенной прокладке в одной траншее подземные коммуникации размещают параллельно друг другу с одинаковым, кроме канализации, продольным уклоном.

Опыт строительства подземных коммуникаций показал, что наиболее прогрессивным способом является размещение инженерных сетей в общих коллекторах. Такой прием удлиняет срок службы сетей за счет меньшей коррозии их конструкций и возможности регулярного надзора.

Особое значение при проектировании объекта строительства имеют мероприятия по защите от различного рода шума

Экспериментами установлены максимальный уровень шума (Табл.3) в различных градообразующих территориях.

Таблица. 3 Санитарные нормы допустимого шума в помещениях жилых и общественных зданий и на территории жилой застройки

Назначение помещений или территорий.	Время суток.	Максимальный уровень звука, дБА.
Классные помещения, учебные кабинеты, учительские комнаты, аудитории школ и других учебных заведений, конференц залы, читальные залы библиотек.	С 7 до 23 ч.	55
Жилые комнаты квартир, жилые помещения домов отдыха, пансионатов, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, спальные помещения в детских дошкольных учреждениях и школах - интернатах.	С 23 до 7 ч.	55
Номера гостиниц и жилые комнаты общежитий.	С 7 до 23 ч.	45
Торговые залы магазинов, пассажирские залы аэропортов и вокзалов, приемные пункты предприятий бытового обслуживания.	С 23 до 7 ч.	60
Территории, непосредственно прилегающие к зданиям больниц и санаториев.	С 7 до 23 ч.	50
Территории, непосредственно прилегающие к жилым домам,	С 23 до 7 ч.	75
	С 7 до 23 ч.	60
Здания поликлиник, амбулаторий, домов отдыха, пансионатов, учебных заведений, библиотек.		
Площадки отдыха на территории микрорайонов и групп жилых домов.	С 23 до 7 ч.	50
		70

		60
		60

Важным фактором улучшения окружающей среды является снижение городского шума. Санитарные нормы определяют уровни допустимого шума в городах.

Общие положения при проектировании объектов промышленности. Объемно- планировочное решение промышленного задания зависит в первую очередь от технологического процесса, протекающего в нем. Технологический процесс предопределяется производственно- технологической схемой. Технологическую часть проекта разрабатывают технологи. Задание на строительное проектирование должно содержать следующие основные материалы:

- план расстановки технологического оборудования, привязанный к унифицированной сетке колонн, с указанием габаритов оборудования, проходов и проездов, технологических площадок, участков складирования, а также подземных сооружений;

- высотные параметры задания: высоту от уровня пола до низа основных несущих конструкций покрытия для бескрановых заданий и от уровня пола до отметки головки кранового рельса для цехов, оборудованных кранами; высоту этаж для многоэтажных зданий. Кроме того, должны быть указаны отметки рабочих и технологических площадок и этажерок.

- данные о производственных вредностях, которые могут выделяться, и их источниках, а также о необходимом температурном- влажностном режиме в отдельных помещениях;

- характер работ с точки зрения их санитарной характеристики и степени точности;

- численность рабочих и административно-управленческого персонала по каждой смене и отдельно по санитарной характеристике выполняемых работ;

- категорию производства по степени пожарной опасности;

- материалы гидрогеологического исследования и испытания грунтов;

- особые условия (сейсмичность, вечная мерзлота, горные выработки и др.).

Наличие этих данных позволяет приступить к строительному проектированию, основными задачами которого являются:

- обеспечение требуемой пожарной безопасности в соответствии с установленной степенью огнестойкости задания;

- создание наиболее благоприятных условий труда;

- разработка вопросов технологии и организации строительства, его сметной стоимости и вопросов охраны труда и окружающей Среды.

Разработанный проект должен соответствовать всем действующим нормам, каталогам и ГОСТам, а также указаниям по проектированию как гражданских так и промышленных заданий.

Контрольные вопросы

1. Экологическая среда и здания, сооружения
2. Основные факторы окружающей среды, отрицательно влияющие на жизнедеятельность.
3. Меры защиты на этапе разработки генеральных планов.
4. Основные источники загрязнений в городах Республики
5. Защита от шума , запыленности и выхлопных газов.
6. Меры защиты в промышленных зонах.

ГЛАВА 3. АРХИТЕКТУРНО – СТРОИТЕЛЬНЫЙ ПРОЕКТ И МЕТОДЫ ЕГО РАЗРАБОТКИ

Краткое содержание

Здесь приводится знание о строительном проекте, о требованиях к проектированию конструкций зданий и сооружений, изложены основные свойства строительных конструкций используемых при проектировании и строительстве зданий и сооружений в условиях Республики Узбекистан. Рассматриваются вопросы автоматизации проектирования, технико-экономический анализ проекта.

3.1. Архитектурно-строительный проект и стадии проектирования

Новое строение или реконструируемые предприятия по времени ввода их в действие должны быть технически передовыми, эксплуатационная рациональность и обеспечивать выпуск продукции высокого качества поэтому современный архитектурно – строительный проект должен учитывать достижения науки, техники и передового отечественного и зарубежного опыта. Будущие жилые, гражданские, общественные здания должны отвечать самым современным требованиям, удовлетворять высоким требованиям жильцов, работников по комфортабельности, по эстетичности, по оптимальности планировок, по создаваемым условиям для благоприятной жизнедеятельности людей. В проекте должны быть также предусмотрены высокий уровень градостроительных и архитектурных решений, рациональное использование земель, **охрана окружающей среды, сейсмостойкость, взрыво – и пожаробезопасность объектов.**

Проект должен обеспечивать также высокую эффективность капитальных вложений за счет внедрения высоко производительного оборудования, механизации и автоматизации производственных процессов, повышения степени заводской готовности строительных конструкций и изделий, применения индустриальных и конструктивно рациональных решений зданий и сооружений.

Проектирование зданий и сооружений. Проектирование здания и сооружений выполняется проектными организациями, проектно – изыскательскими институтами или частными юридическими и физическими лицами, имеющие соответствующую лицензию. Перед началом проектирования выполняются изыскательские работы. Уточняющий проект изыскательских работ, выявляющие геологические, гидрологические, климатические, геодезические и другие данные строительной площадке и являются обязательными этапами проектирования.

Исходным документом для проектирования служит задание на проектирование, в котором указываются месторасположение и назначение объекта, объем, состав и габариты помещений, предварительные сроки строительства, стадийность разработки проектно – сметной документации, мероприятия по защите окружающей среды и т. п.

Проектирование предприятий, зданий и сооружений осуществляется в одну или две стадии. В одну стадию проектируют предприятия, здания и сооружения, строительство которых будет осуществлять по типовым и повторно применяемым проектам, а также технически несложные объекты. При этом разрабатывают сразу **рабочий проект** со сводным сметным расчетом стоимости. В две стадии проектируют остальные объекты строительства, в том числе крупные и сложные, и на второй стадии – рабочую документацию со сметами.

Микрорайоны располагают на территориях, не пересекаемых транспортными магистралями, и обеспечивают лишь проездами для обслуживания нужд микрорайона. При разработке плана размещения объекта строительства особое внимание отводится на санитарные, противопожарные, и др. климатические особенности территории.

Санитарные разрывы устанавливают в зависимости от высоты более высокого здания (Н) и должны быть: между торцами зданий, имеющими окна, - не менее 12м, не имеющими окон согласно противопожарным нормам; между длинными сторонами и торцами здания не менее 12м; между односекционными домами от 5 этажей и выше, а также домами башенного типа не менее 1,5 Н (но не менее 30м).

Таблица 1. Противопожарные расстояния между зданиями.

Степень огнестойкости здания.	Расстояние, м, при степени огнестойкости другого здания		
	I,II	III	VI,V
I,II	6	8	10
III	8	8	10
IV,V	10	10	15

В табл. 1 приведены противопожарные разрывы между зданиями в зависимости от их степени огнестойкости.

Санитарно-защитные зоны.

Озеленение. Защита окружающей среды.

Санитарно-защитной зоной считается территория между местами (источниками) выделения производственных вредностей и границей жилой застройки.

Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий устанавливают пять классов промышленных предприятий с технологическими процессами, являющимися источниками производственных вредностей.

В соответствии с классом предприятия назначают размеры санитарно-защитных зон: I класс-1000м; II-500м; III-300м ; IV-100м; V-50м. Размеры санитарно-защитной зоны могут быть увеличены или уменьшены при соответствующем технико-экономическом и гигиеническом обосновании. Эти территории должны быть благоустроены и озеленены.

На территории санитарно-защитных зон могут быть размещены отдельные здания и сооружения с производством меньшего класса вредности, чем производство, для которого установлена санитарно-защитная зона. В то же время на их территориях запрещается размещать спортивные сооружения, парки, детские учреждения, школы, лечебно-профилактические и оздоровительные учреждения общего пользования.

Застройка микрорайонов решается с учетом наиболее благоприятной инсоляции, проветривания и изоляции от шума и пыли. Для этого устраивают зоны отдыха со спортивными площадками, озеленяют проходы вдоль проездов и пешеходных дорог и дворы для игр детей.

Озеленение очищает воздух и имеет большое оздоровительное значение, а также защищает от ветров и городского шума. Площадь озеленения должна составлять не менее 40% территории микрорайона. На одного жителя должно быть предусмотрено не менее 10м² зеленых насаждений.

В суммарную площадь озеленения входят все зеленые насаждения, кроме площади участков школ, детских садов и яслей.

Одно из важных градостроительных требований формирования комфортной городской среды- сохранение естественного ландшафта, гармоничное сочетание его с застройкой. С этой целью используют так называемые дома ступенчатого и террасного типа.

Автоматизация проектирования. Большое значение для сокращения трудоемкости и сроков проектирования, повышения экономичности проектных решений, качества работы и производительности труда проектировщиков играет автоматизация проектных работ.

Разработка систем автоматизированного проектирования шла по пути создания и внедрения в практику сначала отдельных программ для расчета элемента конструкций; затем пакетов прикладных программ (ППП) для выполнения стандартных этапов процесса проектирования. Автоматизированные технологические линии проектирования (ТЛП); система автоматизированного проектирования объектов строительства (САПР-ОС) это продукт последних лет.

В настоящее время автоматизация проектирования развивается по пути разработки компьютерной технологии, путем полной перекладки трудоемкой части проекта на плечи современной техники. Данный этап развития технологии проектирования резко сокращает сроки и расходы , повышает эффективность за счет рассмотрения различных альтернативных вариантов, упрощает выпуск проекта на безбумажной (микрофильмирования , записи на

дисках и др.) основе. Более подробно вопросы автоматизации проекта и расчета конструкции рассмотрены в Главе 12.

3.2. Современные конструкции и области их применения

Конструктивные элементы зданий. Основные конструктивные элементы гражданских зданий -это фундаменты, стены, перекрытия, отдельные опоры, крыши, лестницы, окна, двери и перегородки.

Фундаменты являются подземными конструкциями, воспринимающими нагрузку от здания и передающими на грунт.

Стены по своему назначению и месту расположения в здании делятся на наружные и внутренние, и они являются вертикальными ограждениями и одновременно выполняют несущие функции. В зависимости от этого делятся на **несущие и ненесущие**. Несущими могут быть как наружные, так и внутренние стены. Ненесущие стены -это обычно **перегородки**. они служат для деления в пределах этажа больших, ограниченных капитальными стенами помещения на более мелкие, причем для отпираия перегородок не требуется устройства фундаментов. наружные стены кроме того могут быть и самонесущими, которые опираются на фундаменты и несут нагрузку только от собственной массы, и ненесущими, которые являются только **ограждениями** и опираются на другие элементы здания.

Отдельные опорно-несущие вертикальные элементы, передающие нагрузку от перекрытия и др. элементов здания на фундаменты. **Перекрытия** опираются на уложенные по колоннам балки, называемые прогонами или ригелями. расположенные внутри здания, отдельные опоры и балки образуют внутренний каркас здания.

Перекрытия представляют собой горизонтальные несущие конструкции, опирающиеся на несущие стены или столбы и воспринимающие постоянные и временные нагрузки. Одновременно перекрытия, связывая между собой стены, значительно повышает их устойчивость и увеличивает **пространственную жесткость** здания в целом. В зависимости от местоположения в здании перекрытия делятся на **междурядные, чердачные, подвальные и нижние**.

Крыша является конструктивным элементом, защищающим помещения и конструкции здания от атмосферных осадков. Она состоит из несущих элементов и ограждающей части. Крыша, совмещенная с перекрытием верхнего этажа, т.е. без технического этажа, называется **совмещенной крышей** или **перекрытием**. Хорошо выполненные плоские совмещенные крыши дешевле скатных как в строительстве, так и в эксплуатации. Кроме того плоские крыши можно использовать в качестве площадки для отдыха и других целей.

Лестницы служат для сообщения между этажами, а так же для эвакуации людей из здания. Помещения в которых располагаются лестницы называются

лестничными клетками. Конструкция лестниц в основном состоит из маршей и площадок. Для безопасности передвижения по лестницам марши ограждаются перилами.

Окна устраивают для освещения и проветривания помещений, они состоят из устанавливаемых в проемах рам или коробок и оконных переплетов.

Двери служат для сообщения между помещениями. Состоят из устанавливаемых в проемах стен и перегородок дверных коробок и дверных полотен.

В гражданских зданиях могут быть и другие конструктивные элементы. Для обеспечения необходимых эксплуатационных и санитарно - гигиенических условий гражданские здания оборудуют санитарно-техническими и инженерными устройствами. К ним относятся отопление, горячее и холодное водоснабжение, вентиляция, канализация, мусороудаление, газификация, энергоснабжение, телефонизация и др. Оборудование ими зданий рассматривается в специальных курсах.

В зависимости от типа зданий, его основных параметров, района строительства изменяется доля затрат на устройства того или иного конструктивного элемента.

При проектировании здания правильный выбор конструктивных элементов существенно влияет на общие технико-экономические показатели.

3.2.1 Требования, предъявляемые к строительным конструкциям

В современном строительстве основными видами несущих строительных конструкций являются **железобетонные, стальные, каменные и деревянные**. Наиболее важными из них являются сборные железобетонные конструкции, значительному росту производства которых способствовало создание развитой сети предприятий, возможность широкого использования местных дешевых материалов (песка и щебня) и экономии дефицитной стали. Наряду со сборными используют монолитные железобетонные конструкции, бетонированные на месте строительства. Всё большее применение находят металлические конструкции, в особенности лёгкие заводского изготовления, а так же клееные деревянные конструкции.

Строительные конструкции должны удовлетворять различным **требованиям: эксплуатационным, техническим, экономическим, производственным, эстетическим и др.**

Эксплуатационные и технические требования заключаются в том, что строительные конструкции должны быть **удобны в эксплуатации зданий (сооружений) и иметь достаточную прочность, устойчивость, выносливость, жёсткость, трещиностойкость, обеспечивая долговечность зданий и сооружений**. Одним из основных требований является их

ЭКОНОМИЧНОСТЬ.

Экономичность конструкции зависит от расхода и стоимости материалов, стоимости изготовления, транспортирования, монтажа и величины эксплуатационных расходов. Поэтому при выборе конструкции необходимо учитывать трудоёмкость её изготовления и монтажа и сокращение сроков строительства зданий (сооружений). Экономичность зависит также от типа конструкции (например, плоскостной – арки, фермы или пространственной – оболочки, складки), конструктивной схемы здания, соотношения основных размеров (например, отношение высоты фермы или балки к пролёту или стрелы подъёма арки или оболочки к пролёту и т.п.).

Основные достоинства и недостатки конструкций из различных материалов можно оценить по таким показателям, как вес, огнестойкость, долговечность, индустриальность, эксплуатационные расходы.

Снижение веса конструкций достигают уменьшения веса самих материалов при сохранении показателей прочности. Так показатель, представляющий собой отношение прочности на сжатие к объёмной массе, наибольшим будет для стали; для дерева этот показатель ниже в среднем в 1,2 – 1,5 раза, для железобетона – в 2 – 3 раза, для каменной кладки – в 6 – 8 раз.

Наиболее огнестойкими являются железобетонные и каменные конструкции. Деревянные конструкции стойки к повышенным температурам, но они возгораемые, металлические – не огнестойки, при повышении температуры они быстро теряют несущую способность. Наиболее долговечны железобетонные и каменные конструкции. Металлические и деревянные конструкции при соответствующих мерах против коррозии и гниения приобретают долговечность на многие десятилетия. До наших дней сохранилось немало стальных и деревянных конструкций, построенных в прошлом.

В целом, к строительным конструкциям предъявляются требования, которым они должны удовлетворять на стадиях проектирования, изготовления, транспортирования, монтажа и эксплуатации. На всех стадиях решения должны быть экономичными, для чего необходимо делать правильный выбор строительных материалов и наиболее полное использование их прочности, рационального конструктивного соблюдения требований «технических правил, в экономном расходовании основных строительных материалов». В проектах следуют предусматривать мероприятия, обеспечивающие долговечность конструкции (соответствующие выбор материала, мероприятия по морозостойкости и огнестойкости, по защите от коррозии, гниения т. п.).

При проектировании составляют несколько вариантов решения с выявлением показателей по расходу материалов, трудоёмкости возведения конструкций, стоимости и сроком строительства. Варианты решений рассматриваются эротичностью конструкций.

При проектировании в строительных конструкциях следует стремиться к

максимальному использованию унифицированных габаритных схем, применению типовых конструкций при минимальном числе типоразмеров, предусмотреть оптимальную технологию изготовления и монтажа конструкций с использованием комплексной механизации строительного производства.

Достоинства и недостатки строительных конструкций и области рационального применения

Сравнение достоинств и недостатков строительных конструкций из различных материалов проводится по следующим основным показателям.

Вес. Несомненным достоинством обладают строительные конструкции, вес которых при прочих равных условиях будет наименьшим. Если принять вес стальных конструкций за единицу, то вес конструкций, работающих на сжатие, из дерева будет равен 1-1,5 из железобетона – 3-7, и из камня – 15 – 25, а для конструкций, работающих на изгиб, из алюминиевых сплавов вес будет колебаться в пределах 0,3-0,5, из дерева – 1- 1,5, из железобетона – 2-6 и армокамня – 10-20.

Огнестойкость. Железобетонные и каменные конструкции огнестойки. Менее огнестойки предварительно – напряженные железобетонные конструкции. Металлические конструкции неогнестойки. Более огнестойкими является массивные деревянные конструкции, но они возгораемые.

Темпы возведения. Применение металлических, сборных железобетонных и каменных крупноблочных конструкций позволяет возводить сооружения скоростными методами.

Индустриальность. Металлические, сборные железобетонные, крупноблочные каменные и заводского изготовления деревянные конструкции являются индустриальными конструкциями.

Эксплуатационные расходы. Стальные конструкции требуют затрат на окраску, предохраняющую их от коррозии. Деревянные конструкции требуют некоторых затрат на предохранение их от гниения и расстройств соединений. Конструкции из остальных материалов почти не требуют эксплуатационных затрат.

Долговечность. Строительные конструкции из металла, бетона, камня, железобетона и армокамня наиболее долговечны. Деревянные конструкции при надлежащих условиях эксплуатации, предохранении от увлажнения, гниения и расстройств соединений также могут существовать очень долгое время. Известны деревянные конструкции, существующие свыше 100 лет.

3.2.2 Области рационального применения строительных конструкций из различных материалов

Выбор материала для строительных конструкций производится на основе требований, предъявляемых к сооружению с учётом условий их эксплуатации, долговечности, огнестойкости и др. Если этим условиям отвечают строительные конструкции из различных материалов, то выбор производится из соображений технико-экономической целесообразности в конкретных условиях строительства.

Сборные железобетонные конструкции в современном строительстве имеют наибольшее распространение. Основными преимуществами их является высокая индустриальность и возможность широкого применения дешевых местных строительных материалов. Такие конструкции целесообразно использовать: 1) в жилищно-гражданских зданиях (крупнопанельные и объёмно-блочные многоэтажные жилые здания, каркасно-панельные общественные здания, элементы перекрытий, покрытий, лестниц, фундаментов и др.); 2) производственных зданиях (стропильные балки пролетом до 18 м, фермы пролетом 18 и 24м, подкрановые балки пролетом 6 и 12м, плиты покрытий, колонны высотой до 18 м, каркасы многоэтажных зданий с сеткой колонн 6×6 , 6×9 и 6×12 м, оболочки, фундаментальные балки, фундаменты, сваи и др.); 3) сельскохозяйственных постройках (колонны, рамы, балки, плиты, арки, стеновые панели, лотки, стойки виноградников и др.); 4) инженерных сооружениях (автодорожные и железнодорожные мосты, путепроводы, транспортные галереи, трубы, подпорные стены, резервуары, бункера, элеваторы, опоры линий электропередачи); 5) гидротехнических и морских сооружениях (здания тепловых, атомных и гидроэлектростанций, крепления откосов плотин, причальные набережные и пирсы, берегоукрепительные устройства и др.).

Монолитные железобетонные конструкции по сравнению со сборными имеют ряд положительных качеств – отсутствие стыков, неразрезность конструкций, более высокая жесткость и монолитность, что снижает расход материалов, увеличивает сейсмостойкость. Однако их применение экономически выгодно только в следующих случаях: 1) когда возможно использование многократно оборачиваемой переставной или скользящей опалубки; 2) при строительстве объектов, в которых применение унифицированных сборных элементов невозможно; 3) когда бетонирование конструкций на месте строительства не снижает темпов возведения объекта и не препятствует одновременному производству других работ.

В последние годы монолитные железобетонные конструкции получают всё большее развитие, их успешно применяют при строительстве жилых и общественных зданий, а так же элеваторов, возводимых в скользящей (или переставной) опалубке, в гидротехническом и морском строительстве и др. иногда целесообразно применять сборно-монолитные железобетонные

конструкции, практически не требующие опалубки (её роль играют сборные части конструкции) и отличающиеся простотой и малой металлоёмкостью стыков.

Области рационального применения. Для определения области рационального проектирования следует изучить все возможные варианты . в том числе использования местных широко распространенных материалов. **Например** , Каменные и армокаменные конструкции в основном применяют в качестве кирпичных зданий , столбов и стеновых ограждений.

Бетонные и железобетонные конструкции весьма широко распространены. В виде монолитных конструкций они находят применение в гидротехнических сооружениях и в фундаментах под тяжелые нагрузки. Монолитный железобетон широко применяется в мостостроении . путепроводов , сооружениях, возводимых в переставной или подвижной опалубке (башни, силосы и др.), и в тех случаях, когда экономически более оправдано его применение (строительство в районах, где нет заводов железобетонных изделий, в сооружениях с индивидуальными нестандартными конструкциями и пр.).

В гражданском и промышленном строительстве большее применение находят предварительно – напряженные большепролетные тонкостенные пространственные конструкции (оболочки, купола и пр.). Появление армированных полимеров открывает новые области их использования.

Металлические конструкции применяют для покрытий большепролетных сооружений, высоких башен и мачт (телевизионных башен, радиомачт, опор радиорелейных линий и пр.), для каркасов и покрытий цехов черной металлургии (мартеновские, конвертерные, прокатные цеха), для каркасов специальных сооружения (ангары, эллинги, выставочные павильоны и пр.), для сооружения емкостей (резервуары, газгольдеры, домны и пр.), для мостов и переходов, кранов – перегружателей, плавучих кранов и пр.

Для большепролетных сооружений широко применяют растянутые поверхности одинарной и двойной кривизны, вантовые системы, мембранные покрытия и пр.

Весьма эффективны трубчатые конструкции, поскольку для них при правильном проектировании не надо учитывать продольный изгиб.

Конструкции из алюминиевых сплавов благодаря малому собственному весу и высокой прочности используют для сооружений. Применяют их для покрытий ангаров, выставочных павильонов и стадионов, в фермах мартеновских цехов, в конструкциях автодорожных мостов, в мостовых и отвальных кранах, в кранах – перегружателях и пр.

Деревянные конструкции широко применяют в районах, богатых лесными материалами, для изготовления пролетных несущих конструкций. Для различного рода специальных сооружений, емкостей, башен и пр. рационально применение деревянных конструкций в виде пространственных систем.

В сельскохозяйственном строительстве преобладают деревянные конструкции. Наиболее эффективными их видами являются клееные и металлодеревянные конструкции. В настоящее время начинают находить применение клеенные деревянные армированные конструкции.

Материал строительных конструкций для возведения того или иного сооружения выбирают с учетом требований, предъявляемых к конструкциями, условий строительства, использования местных материалов, с учетом вопросов транспортирования и с сопоставлением технико – экономических показателей вариантов решений.

Каменные и армокаменные конструкции целесообразно применять в районах добычи естественного пильного камня (туф, пемза, известняк-ракушечник), в особенности в Закавказье, Молдавии, на юге Украины и в других районах страны. Для каменных конструкций широко используют искусственные материалы – кирпич, керамические блоки. Каменные конструкции в основном применяют в качестве стеновых ограждений, подпорных стен, столбов и др.

При выборе конструктивных решений и материалов для строительных конструкций необходимо стремиться к получению наибольшего технико-экономического эффекта.

3.3. Требования, предъявляемые к зданиям и их конструктивным элементам.

Любое здание должно, прежде всего, соответствовать своему назначению, т.е. обладать необходимыми эксплуатационными качествами, создавая наилучшие условия для быта и труда людей и протекания производственного процесса.

Здания должны быть прочными, жесткими, устойчивыми, долговечными, а также сейсмостойкими и удовлетворять санитарно-гигиеническим, противопожарным, экономическим и архитектурным требованиям.

Здания по огнестойкости разделяют на 5 степеней, причём 1 степень соответствует наибольшей огнестойкости, 5 – наименьшей. К 1,2 и 3 степени огнестойкости относят каменные здания; в зданиях 1 и 2 степени огнестойкости стены, опоры, перекрытия и перегородки – несгораемые, в зданиях 3 степени огнестойкости стены и опоры несгораемые, а перекрытия и перегородки – трудно сгораемые (например, деревянные оштукатуренные). К 4 степени огнестойкости относят деревянные оштукатуренные, к 5 – деревянные нештукатуренные здания; при этом этажность зданий 4 и 5 степени огнестойкости не должна превышать более двух этажей. Все здания и сооружения по капитальности делят на 4 класса в зависимости от требований к долговечности и огнестойкости основных конструкций, а также к эксплуатационным качествам. К 1 классу относят уникальные здания и

сооружения, удовлетворяющие наиболее высоким требованиям, а к 4 классу – здания и сооружения с минимальными требованиями по долговечности, огнестойкости и эксплуатационным качествам.

Кроме перечисленных требований здания должны быть архитектурно – художественно оформлены. Внешний вид здания определяется, прежде всего, его назначением, его конструктивной схемой, а также градостроительными условиями. Архитектурный облик здания должен быть созвучным современной эпохе, удовлетворять эстетическим вкусам людей. Качество архитектурной композиции в значительной мере зависит от того, насколько чётко выделено главное композиционное ядро, насколько остальные элементы композиции связаны с ним.

3.4. Принципы технико – экономической оценки вариантов конструктивных решений на стадии проектирования

Строительство, как и другие отрасли народного хозяйства, имеет свою продукцию - здания, сооружения, дороги и др. Строительство – крупнейшая отрасль материального производства, в него вкладываются огромные средства. Одним из важнейших путей повышения эффективности капитальных вложений в строительство является совершенствование проектных и конструктивных решений. Выбор наиболее целесообразного проектного и конструктивного решения – важная трудная задача. Основным методом ее решения является вариантное проектирование, цель которого путем сравнения технико – экономических показателей выбрать для данных конкретных условий строительства наиболее рациональное решение.

Выбор оптимальных конструктивных решений требует определения на стадии проектирования стоимости, трудоемкости и других показателей, характеризующих экономическую эффективность конструкций.

Расчеты экономической эффективности производятся на основе стандартной межотраслевой методики, а также инструктивных документов.

Основным критерием при выборе наиболее экономичного проектно – конструктивного решения является минимум приведенных затрат, которые представляют собой сумму текущих издержек и удельных единовременных затрат (капитальных вложений), приведенных к годовой размерности.

Приведенные затраты на единицу продукции (руб.)

$$Z = C + E_n K,$$

Где C – себестоимость единицы продукции (например, себестоимость строительных конструкций в деле, т.е. установленных в проектное положение), руб; K – удельные капитальные вложения в производственные фонды (в базу

строительной индустрии); E_n – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений.

Себестоимость единицы продукции включает в себя затраты прошлого труда (амортизационных отчислений основных фондов, материалов) и затраты на оплату вновь вложенного труда. С уменьшением себестоимости экономическая эффективность проектного решения повышается. Однако оценку проектных решений только по этому показателю в общем случае производить нельзя, так как в сопоставляемых вариантах возможны различные капитальные вложения и другие затраты.

Удельные капитальные вложения – единовременные затраты, приходящиеся на 1 м^2 производственной площади промышленного здания или на 1 м^2 жилой площади и др.

При сравнении экономической эффективности вариантов проектно – конструктивных решений, каждый из которых обеспечивает одинаковую долговечность здания и их эксплуатационные качества, а также одинаковую продолжительность строительства.

В тех случаях, когда в сравниваемых вариантах решений используются разные материалы или изделия, влияющие на эксплуатационные качества зданий и сооружений или на расходы, связанные с эксплуатацией сооружений, а также требующие дополнительных капитальных вложений в производства строительных материалов и изделий, расчет полных приведенных затрат следующий:

$$Z = C + E_n (K + K') + MT,$$

Где K' – сопряженные капитальные вложения в производства строительных материалов и изделий по сравниваемым вариантам; M – эксплуатационные среднегодовые затраты; T – расчетный период времени, в течение которого учитываются эксплуатационные затраты, год (при отсутствии специальных данных принимается равным нормативному сроку окупаемости капитальных вложений, т.е. $1/E_n$).

При экономической оценке вариантов проектно – конструктивных решений необходимо учитывать также продолжительность строительства и сроки ввода в действие зданий и сооружений. Экономический эффект от сокращения сроков строительства и ускорения ввода в действие объекта связан с получением дополнительной прибыли (например, за счет дополнительного выпуска продукции при досрочном пуске завода), а также эффекта от снижения накладных расходов с строительной организации.

При выборе вариантов конструктивных решений для технико – экономического сравнения следует использовать опыт проектирования и строительства лучших образцов аналогичных зданий и сооружений, альбомы типовых конструкций и другие материалы, содержащие наиболее экономичные решения. Выбор наиболее экономичной строительной конструкции в конечном счете не может быть осуществлен в отрыве от общего проектного решения

здания и сооружения, поскольку экономические показатели всего сооружения в целом зависят от взаимосвязанного набора всех конструкций (перекрытий, колонн, фундаментов, стенового ограждения), их габаритов, эксплуатационных расходов, связанных с отоплением и вентиляцией помещений и других факторов.

В систему основных технико – экономических показателей для оценки вариантов конструктивных решений входят: приведенные затраты (руб.); стоимость конструкции в дальнейшем (руб.); расход материалов (особенно дефицитных) – общий (т) и удельный (на единицу объема конструкции или здания – т/м³, на 1м² перекрываемой площади – т/м² и т.п.); трудоемкость изготовления и монтажа конструкций (челдн); продолжительность строительства (год); масса конструкций (т) и др.

Из –за необходимости одновременного учета большого количества показателей выбор наиболее эффективной конструкции является весьма сложной задачей. Иногда, например, при небольшой разнице в приведенных затратах принимается более дорогой вариант, в то время как в приведенных затратах понимается более дорогой вариант, в котором, однако, значительно ниже расход дефицитной стали. В других случаях особенно важным является сниженный показатель массы конструкций, так как с ним связано удешевление смежных поддерживающих конструкций и фундаментов. В районах Каракалпаки Кашкадаринской и Сурхандаринской области например, особое значение приобретает снижение трудоемкости изготовления и монтажа конструкций. Поэтому в каждом конкретном случае необходим тщательный анализ и сопоставление комплекса показателей, среди которых наряду с приведенными затратами в первую очередь следуют те, которые в рассматриваемых условиях являются основными.

Контрольные вопросы

- 1. Архитектурно – строительный проект и методы его разработки.**
- 2. Стадии проектирования**
- 3. Автоматизация проектирования.**
- 4. Область применения строительных конструкций**
- 5. Требования к строительным конструкциям.**
- 6. Каковы основные этапы разработки архитектурно-конструктивного проекта?**
- 7. По каким показателям производят технико-экономическую оценку зданий?**

ГЛАВА 4. ОСНОВАНИЯ , ФУНДАМЕНТЫ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ.

Краткое содержание.

В данном разделе приведена подробная информация о типах и категориях фундаментов зданий и сооружений, приведены факторы , отрицательно влияющие на них.. Рассматриваются вопросы проектирования основания и фундаментов .

4.1. Естественные основания и требования предъявляемые к ним.

Основанием называют массив грунта, воспринимающий нагрузку от здания или сооружения. Главное требование, предъявляемое к основаниям - это относительно небольшая и, главное, равномерная его деформация под нагрузкой, а также отсутствие просадок (деформаций провального характера) при одновременном действии нагрузки и увлажнения.

Применение железобетонных фундаментов, вместо каменных или бетонных позволяет значительно уменьшить глубину их заложения, так как при одной и той же площади подошвы фундамента, определяемой расчётным давлением на

основание, высоту фундамента можно существенно уменьшить. При этом снижаются трудовые затраты на земляные работы и возведение фундаментов. Важное преимущество таких фундаментов – возможность повышения индустриальности работ, особенно при сборных железобетонных фундаментах.

Железобетонные фундаменты неглубокого заложения подразделяют на три вида: **отдельно стоящие** (отдельные); **ленточные** под рядами колонн или под стенами; **сплошные**, устраиваемые под всем сооружением. Отдельно стоящие и ленточные фундаменты могут быть сборными или монолитными (1 Рисунок). Кроме того, применяются **свайные фундаменты**.

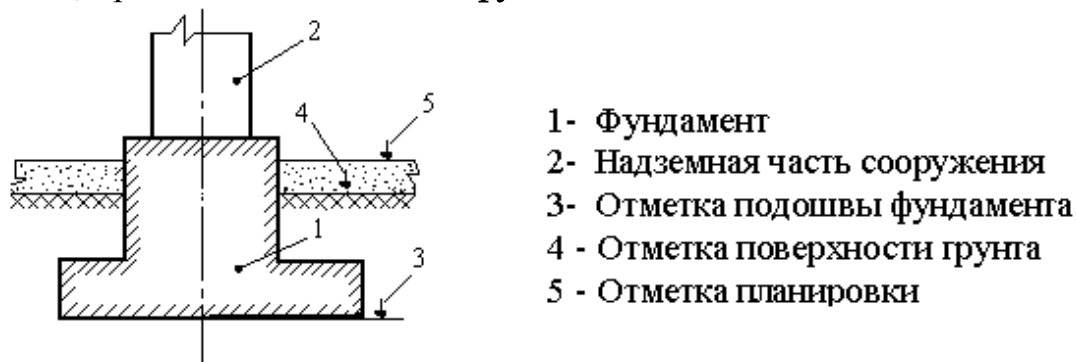


Рис. 4.1. Конструкция фундаментов

Основания и фундаменты зданий и сооружений. Выбор системы фундаментов проектируемых сооружений и отметки заложения их подошвы зависит в первую очередь от геологических и гидрогеологических условий, места строительства и свойств естественных оснований.

Прежде чем приступить к составлению проекта оснований и фундаментов, необходимо установить общие исходные данные: о геологических и геоморфологических особенностях района, о топографии участка, об инженерно - геологических и гидрогеологических условиях строительной площадки и о конструктивных особенностях возводимых сооружений (последнее по эскизам к технико-экономическому докладу или по типовым проектам).

Геологические и гидрогеологические условия места строительства во многих случаях определяют тип фундамента, выбор которых зависит не только от конструктивных особенностей возводимого сооружения, но и от свойств грунтов основания и геологических особенностей места строительства.

Особо существенное значение для правильного выбора отметки заложения оснований и системы фундаментов имеет глубина залегания скальных пород. Весьма важно, чтобы при инженерно-геологических изысканиях было достаточно точно установлен профиль залегания по глубине скальных пород.

Весьма важно, чтобы при инженерно-геологических изысканиях было достаточно точно установлен профиль залегания по глубине скальных пород.

По условию залегания скальных пород и характеру вышележащих напластований грунтов можно различать следующие основные схемы, обуславливающие выбор того или иного типа фундаментов:

1. Однородную грунтовую толщу на всю глубину, практически влияющую на осадки и устойчивость фундаментов;

2. Слоистую толщу грунтов, характеризуемую различной деформируемостью и различными прочностными показателями для грунтов отдельных пластов, в которых следует различать два основных вида - согласные слоистые напластования грунтов, и несогласные слоистые, или выклинивающиеся напластования грунтов, всегда обладающие значительной неравномерностью по сжимаемости;

3. Резко неоднородную толщу грунтов, как по глубине залегания несжимаемых скальных пород, так и по свойствам грунтов, обладающих отдельными линзами и прослойками, например при наличии включений, линз и подобных форм залегания торфов, погребенных почв, карстовых воронок и т.п., что обуславливает наихудшие условия для возведения и последующего существования сооружений.

Очень важным фактором при описании инженерно-геологических условий места строительства являются гидрогеологические условия: наличие грунтовых вод, глубины их залегания и колебания уровня. При проектировании фундаментов важно знать наивысший и самый низкий уровни грунтовых вод и возможных их изменения при возведении комплекса запроектированных сооружений. Так, например, установлено, что режим грунтовых вод в зоне аэрации значительно изменяется, а в засушливых районах при больших площадях застройки уровень грунтовых вод поднимается вследствие уменьшения испаряемости, затенённости поверхности и просачивания сбросов производственной и бытовой воды.

Вот таким образом даже застройки определённой площади негативно влияют на окружающую среду данного района.

4.2. Основные факторы, влияющие на глубину заложения подошвы фундаментов

Выбор глубины заложения фундамента является одним из основных этапов проектирования. При решении этого вопроса выбирается несущий слой грунта основания, т.е. слой, который будет воспринимать давление от сооружения и передавать на нижележащие подстилающие слои. Во многих случаях, чем выше закладывается подошва, тем дешевле стоимость работ по устройству фундаментов. Поэтому фундаменты стремятся закладывать по возможности на меньшую глубину. Однако часто самые верхние слои грунта не соответствуют требованиям, предъявляемым к грунтам оснований, из-за большой

сжимаемости.

Поэтому при назначении глубины заложения фундамента необходимо выбрать несущий слой грунта, который совместно с подстилающими слоями обеспечивал бы развитие осадки при уплотнении грунтов не выше предельно допустимого значения и отсутствие перемещений фундаментов после загасания осадок. Решая это вопрос, учитывают три основных фактора:

1. Инженерно-геологические условия площади строительства;
2. Климатические воздействия на верхние слои грунта;
3. Особенности сооружений как возводимых, так и расположенных по соседству.

Инженерно - геологические условия площадки строительства Каждая площадка строительства обладает своими специфическими особенностями. Прежде всего, напластование грунтов сугубо индивидуально. Трудно найти даже две площадки с совершенно одинаковым расположением слоёв грунта. Для схематизации все грунты делятся на две условные категории: "слабые" и "надёжные".

Слабыми называют грунты, которые не могут быть надёжными основаниями проектируемого сооружения, если их использовать в качестве несущего слоя при устройстве фундаментов в открытых котлованах.

Надёжными называют грунты, которые обеспечивают требуемое существование проектируемого сооружения. Необходимо обратить внимание на относительность понятия "слабый" и "надёжный" грунт. Эти понятия связывают с проектируемым сооружением. Если проектируются лёгкое сооружение или сооружение, несущие конструкции которого допускают развитие больших и неравномерных осадок, то даже сильно сжимаемые грунты будут относиться к категории "надёжных" и наоборот.

Климатические воздействия на верхние слои грунта

Под воздействием промерзания и простояивания, высыхания и увлажнения верхние слои грунта могут менять свой объём. Так же фактор климатического воздействия, можно назвать фактором влияния окружающей среды на технологический процесс возведения фундамента. То, что инженеры выделяют это фактор, показывает, какое важное значение они придают окружающей среде и в частности климату при проектировании сооружений. Параметр фундамента также зависит от степени сейсмостойкости того или иного строения, большие горизонтальные силы, вызываемые от колебания почвы иногда определяют как площадь, так и высоту фундамента.

Особенности сооружений. К особенностям сооружения относятся: наличие подвальных помещений, приямков, глубоких фундаментов под оборудование, примыкание к фундаментам ранее построенных или в будущем возводимых сооружений, характер подземного хозяйства.

4.3. Методы улучшений оснований

В тех случаях, когда осадка (разность осадок) фундаментов по расчету ожидается большей, чем допускается для данного типа сооружений, и увеличение площади фундаментов не уменьшает величину осадки до допустимых пределов или не обеспечивается устойчивость проектируемого сооружения, необходимо произвести искусственное упрочнение основания.

Методы искусственного улучшения оснований делятся (по Н.А. Цытовичу) на механические, физические и химические.

К механическим методам относятся трамбование и виброуплотнение грунтов, замена грунтов основания более прочными грунтами, глубинное уплотнение грунтовыми и песчаными сваями, применение шпунтовых ограждений. К физическим методам относятся уплотнение грунтов при помощи понижения уровня грунтовых вод и вертикальный дренаж грунтов основания.

К химическим методам относятся цементация, одно-растворный и двухрастворный химические методы закрепления грунтов, электрохимическое и термическое закрепление грунтов.

Деформирование и прочностные свойства грунтов в значительной степени зависят от величины сцепления между частицами скелета грунта.

Увеличить прочность и уменьшить сжимаемость грунтов можно либо за счет уменьшения прочности грунта, либо путем увеличения сцепления между частицами скелета грунта. Уменьшение прочности грунта достигается путем уплотнения грунта трамбовками, сваями, виброагрегатами и т. п. Увеличение сцепления между частицами скелета создается при помощи термической обработки грунта, цементацией грунта различными химическими реагентами и т.п.

Уплотнение водо-насыщенных грунтов может произойти только в процессе отжатия воды из грунтов или после отжатая определенного объема воды. Поэтому для уплотнения водо-насыщенных грунтов основания применяется дренаж или водопонижение. Искусственное уплотнение грунтов широко применяется в основании фундаментов различных промышленных, гражданских, гидротехнических и других сооружений.

Фундаменты, возводимые в открытых котлованах. Все фундаменты делятся на две группы: фундаменты, возводимые в котлованах, и фундаменты устраиваемые в грунте (свайные, опускные колодцы, оболочки, кессоны и т.п.)

Часто фундаменты первой группы называют **фундаментами мелкого заложения, а второй - глубокого заложения.** Фундаменты в зависимости от характера их работы делятся на жесткие и гибкие. Жесткие - фундаменты, деформация которых не учитывается при определении реактивного давления на подошве, при расчете же гибки фундаментов это давление находят с учетом деформаций самих фундаментов, испытывающих изгиб.

Основное значение фундаментов - передать давление от сооружения на основание, обычно сложенное грунтами. Грунты воспринимают давления, во

многим раз меньше прочности материалов конструкции, опирающихся на фундаменты. Поэтому фундаментам придают форму, при которой они могли бы распределить нагрузку на требуемую площадь.

Главной целью проектирования фундаментов является выбор их типа и основных размеров, при которых обеспечивается надежное долговечное существование сооружения.

4.4. Типы фундаментов

Различают следующие типы (2 рисунок) фундаментов:

1. Отдельные фундаменты, устраиваемые под колонны и стены в комбинации с фундаментами- балками (рандбалками), эти фундаменты развиваются в ширину и в длину.
2. Ленточные фундаменты под колонны, воспринимающие давление от ряда колонн, ленты делают и в двух направлениях - фундаменты из перекрестных лент.
3. Ленточные фундаменты под стены, простирающиеся вдоль стен. Ленточные фундаменты можно развивать только по ширине, их длина обусловлена длиной стен или длиной ряда колонн.
4. Сплошные фундаменты в виде железобетонных плит, в частности, под сетку колонн и под стены, в виде оболочек или коробчатой формы; размеры подошвы сплошного фундамента обусловлены размерами в плане сооружения или его части, опирающейся на фундамент.
5. Массивные фундаменты в виде жесткого массива под всем сооружением; эти фундаменты развиваться могут в плане в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

Материалы для фундаментов. Материалы в фундаментах подвергаются деформациям под действием различных внешних усилий, влиянию грунтовой и поверхностной воды, воздействию замерзания и оттаивания влаги в порах кладки.

Для обеспечения долговечности фундаментов выбирают материалы, хорошо сопротивляющиеся этим воздействиям: железобетон, бетон, бутобетон, бутовая кладка. Наиболее универсальным материалом для фундамента любой конструктивной формы является железобетон. Особенно незаменим железобетон для ленточных фундаментов под колонны и сплошных фундаментов, так как железобетон хорошо сопротивляется изгибу.

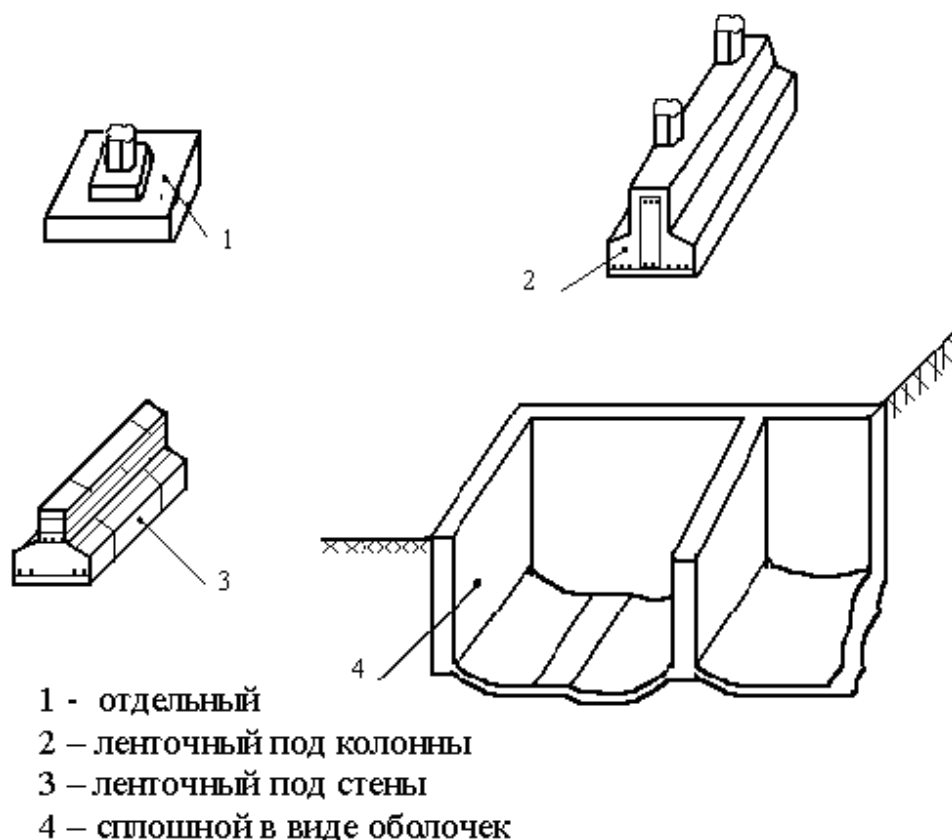


Рисунок 2. Типы фундаментов, устраиваемых в котлованах

Конструктивные особенности монолитных фундаментов. Монолитные фундаменты целесообразны при устройстве массивных фундаментов, имеющих небольшую площадь опалубки по сравнению с объемом бетона, гибких, ленточных и сплошных фундаментов, работающих на изгиб, отдельных фундаментов сложного очертания под колонны и оборудование, а также когда вес фундамента колонны больше грузоподъемности монтажного крана.

Недостатками монолитных фундаментов являются: малая оборачиваемость опалубки, увеличение трудозатрат непосредственно на постройке, трудности обеспечения охватывания и твердения бетона в зимних условиях, удлинение сроков работ по устройству фундаментов.

Под железобетонные монолитные фундаменты обычно делают подготовку из щебня, втрамбованного в грунт и политого раствором или из тощего бетона. Подготовка предназначена для предотвращения вытекания цементного молока из бетонной смеси в грунт, перемешивая бетонной смеси с грунтом, погружения арматуры в грунт.

Железобетонные фундаменты рассчитываются в соответствии с методикой, излагаемой в курсе железобетонных конструкций, на продавливание и на изгиб. Под колонны эти фундаменты делаются с уступами и армируются сеткой, укладываемой в нижней их части.

Защита фундаментов от грунтовых вод. Грунтовые воды являются

слабыми растворами химических веществ. Некоторые растворы при определенной концентрации образуют среду, агрессивную по отношению к бетону. Под воздействием агрессивных грунтовых вод бетон фундаментов разрушается, арматура оголяется и корродирует. Процесс разрушения фундаментов зависит от степени и характера агрессивности грунтовых вод, водопроницаемости грунтов, скорости перемещения воды относительно грунтовых вод, скорости перемещения воды относительно фундамента, плотности бетона, наличия трещин в бетоне, особенно в зоне растяжения и толщины конструкции. Для фундаментов установлены нормы содержания химических веществ в грунтовой воде, при которых вода считается агрессивной по отношению к бетону.

Грунтовые воды обладают агрессивностью чаще всего в районах расположения предприятий, потребляющих или выпускающих химические вещества, в местах городских свалок, складывания отходов химической промышленности.

Жесткие и гибкие фундаменты. При проектировании фундаментов, возводимых на естественных основаниях, следует различать по условию их работы два основных класса (или вида) фундаментов: жесткие (массивные) фундаменты, проектируемые по предельным состояниям оснований и не рассчитываемые на изгиб (при условии принятия для буровых и бетонных массивных фундаментов соответствующего «угла распределения» наклонных граней), и гибкие фундаменты, работающие совместно со сжимаемым основанием и рассчитываемые на прочность при изгибе с учетом предельных деформаций основания.

При отношении высоты фундаментов к их длине более $1/3$ будем принимать фундаменты за абсолютно жесткие (т.е. не рассчитывать на изгиб), при меньшем же отношении - фундаменты следует рассматривать как гибкие.

К гибким фундаментам относятся все ленточные железобетонные фундаменты, фундаменты из монолитного железобетона под отдельные опоры или группы опор, сплошные железобетонные плиты, коробчатые плиты.

Для расчета гибких фундаментов используется те или иные теории расчета балок, опирающихся на сплошное упругое основание, которые распространяют и на линейно деформируемые основания.

В настоящее время наибольшее применение в практике проектирования гибких фундаментов находят два метода: метод местных упругих деформаций, учитывающий только осадки в месте приложения нагрузки и метод общих упругих деформаций, учитывающий не только местные, но и общие (вне нагруженной поверхности) деформации грунта.

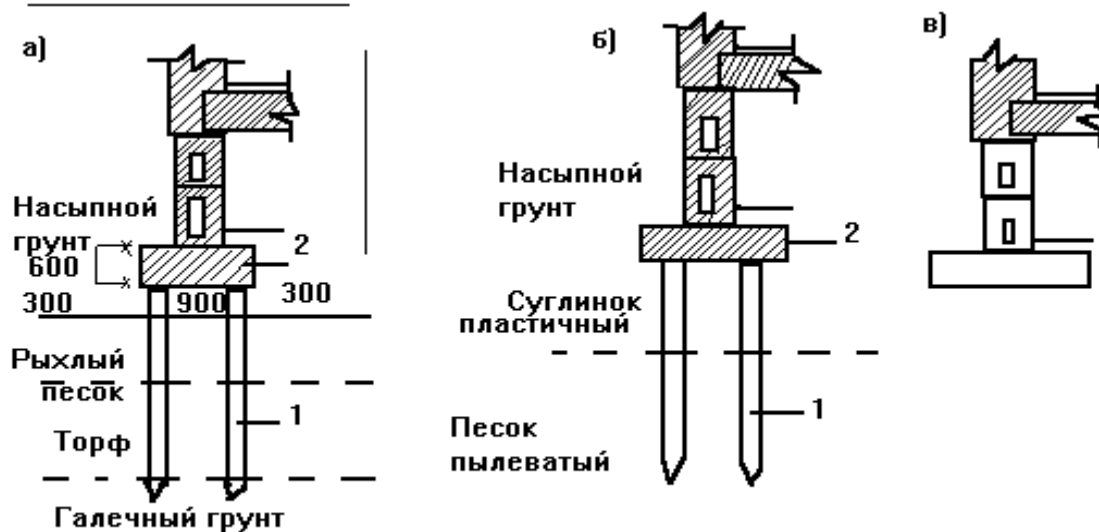
Как показывают новейшие исследования, метод местных упругих деформаций (или так называемый «метод коэффициента постели») применим в случае возведения фундаментов на слабых сильно сжимаемых грунтах, а также при малой мощности слоя сжиженного грунта; метод же общих упругих

деформаций применяется в случае наличия достаточно плотных грунтов и при не слишком больших опорных площадях. Для площадей же порядка десятка и сотен квадратных метров результаты дает теория изгиба слоя ограниченной мощности на несжимаемом основании.

4.5. Виды свайных фундаментов

Сваи представляют собой погруженные в грунт или созданные пробуренных в грунте скважинах тонкие стойки, назначением которых является передача нагрузки от сооружения на более плотные слои грунта. Группа свай, объединенная сверху (по «головам» свай), распределительной плитой называемой **ростверком**, образует **свайный фундамент**. Если сваи достигают своими концами прочного практически несжимаемого грунта, способного воспринять полную нагрузку от свай, то они называются **сваями-стойками**. Если же концы свай не доходят до более плотного грунта и передают основную часть нагрузки с помощью боковой поверхности, взаимодействующей уплотненным окружающим сваи грунтов, то они носят название **висячих свай**. (3 рисунок). В этом случае сваи также передают нагрузку на грунт, расположенный ниже их концов, но в распределении нагрузки значительную роль играет толща, пройденная и уплотненная сваями.

Очевидно, что чем больше длина свай, тем на более значительную область распространяется нагрузка и меньше величина напряжений в грунте.



3 рисунок. Свайные фундаменты

По этой причине, а также ввиду того, что в одном грунте плотность с глубиной, как правило, возрастает, с увеличением длины свай осадка фундамента становится меньше. Потому для фундаментов тяжелых

сооружений, чувствительных к осадкам, стараются применить длинные сваи. Длинными считают сваи, длина которых в 2-3 и более раз больше ширины ростверка.

Различают свайные фундаменты с **низким и высоким ростверком**. В фундаментах с низким ростверком подошва соприкасается с грунтом. При высоком р-ке подошва его располагается над поверхностью грунта. Для свайных фундаментов применяют разнобойные сваи, различающиеся по материалу, по положению вертикальной плоскости, по форме поперечного сечения и, наконец, по способу изготовления и погружения в грунт.

По положению в плоскости различают сваи вертикальные и наклонные. Поскольку вертикальные сваи часто не могут обеспечить при действии горизонтальной нагрузки отсутствие недопустимых смещений фундамента, приходится вводить наклонные сваи одного или разного направления.

По условиям изготовления сваи делятся на 2 группы: сваи, заготавливаемые заранее и затем погружаемые различными способами в грунт, и набивные сваи, изготавливаемые на месте, в грунте. Из способов погружения в грунт заранее заготовленных свай наиболее распространение имеет забивка молотами и вибропогружение; кроме того, применяют завинчивание свай, а при труднопроходимых песчаных и песчано-гравелистых грунтах прибегают к помощи подмыва.

Железобетонные призматические сваи, изготавливаемые из монолитного ж\б, чаще всего имеют квадратное сечение от 20х20 до 45х45 см и длину от 4 до 25 м. Для повышения трещин устойчивости и достижения экономии бетона чаще применяют сваи с предварительно напряженной продольной арматурой из высокопрочной проволоки. Преимуществом монолитных железобетон свай является их значительная грузоподъемность, возможность забивки до глубоко залегающих плотных слоёв грунта, а также отсутствие опасности повреждения при переменной влажности.

Последнее обстоятельство позволяет при железобетон сваях назначать глубину заложения ростверка независимо от положения горизонта грунтовых вод. Ограничения в применении рассматриваемых свай возникают лишь в агрессивной по отношению к бетону среде, когда появляется необходимость в изготовлении их на спец. цементах.

Трубчатые железобетон сваи (полные круглые и сваи-оболочки). Применение полых цилиндрических тонкостенных железобетон свай дает ряд существенных преимуществ перед призматическими. Прежде всего, они изготавливаются индустриальным методом на центрифугах. Форма трубчатых свай позволяет удобно осуществить стыкование отдельных секций по длине и поэтому получить сборные сваи практически любой имеют малый вес, вследствие чего они могут быть погружены в грунт сравнительно легко; после же заполнения полости сваи бетоном (с установкой, если это необходимо, арматурного каркаса) получается свая большого сечения, способная нести

значительную нагрузку.

Стальные трубобетонные сваи. В машиностроении до последнего времени иногда применялись металлические трубчатые сваи с бетонным заполнением. Наиболее употребляемые диаметры свай 30-60см при толщине стенок 8-12мм. Существенными преимуществами таких свай являются простота изготовления и сборные сваи большой грузоподъемности. В исключительных случаях применяют стальные трубобетонные сваи, оболочка которых сваривается из 2 шпунтин покрытого профиля.

Деревянные сваи имеют весьма широкое распространение, так как обладают рядом преимуществ: у них очень несложная технология обработки дерева для получения свай необходимых размеров; удобны при транспортировке и не требуют тяжелого оборудования для погружки в грунт. Недостатком деревянных свай является способность их к загниванию в условиях переменной влажности. Поэтому для постоянных сооружений деревянные сваи всегда погружаются ниже самого низкого горизонта грунтовых и поверхностных вод. Приходится отказываться от применения деревянных свай или пропитывать их спец составами в морской воде, если в ней водятся древоточцы. Деревянные сваи несколько ограничены в размерах, а потому и в грузоподъемности.

Для свай используется преимущественно сосна, реже ель и лиственница – брёвна диаметром 18-36 см и длиной от 4,5-12 м. Деревянные сваи бывают простые, составные, пакетные и клееные (для увеличения поперечного сечения свай).

При устройстве составных свай стыкование брёвен чаще всего производится впритык с накладками на болтах или с помощью отрезка трубы, перекрывающего стык и закрепленного на обеих частях сваи завершёнными штырями или крупными гвоздями.

4.6. Отдельно стоящие ленточные и сплошные фундаменты

Конструкции сборных и монолитных фундаментов. Отдельно стоящие фундаменты при центральном загрузении обычно бывают в плане квадратной формы. При в не центренном загрузении или стесненных условиях, препятствующих развитию подошвы фундамента в ту или другую сторону, фундаменты могут иметь прямоугольный план с отношением сторон не более чем 3:1.

Сборные фундаменты при небольших размерах изготавливают цельными – пирамидальными или ступенчатыми, а при больших – составными из отдельных блоков. Монолитные фундаменты (бетонируемые на месте) имеют обычно ступенчатую форму.

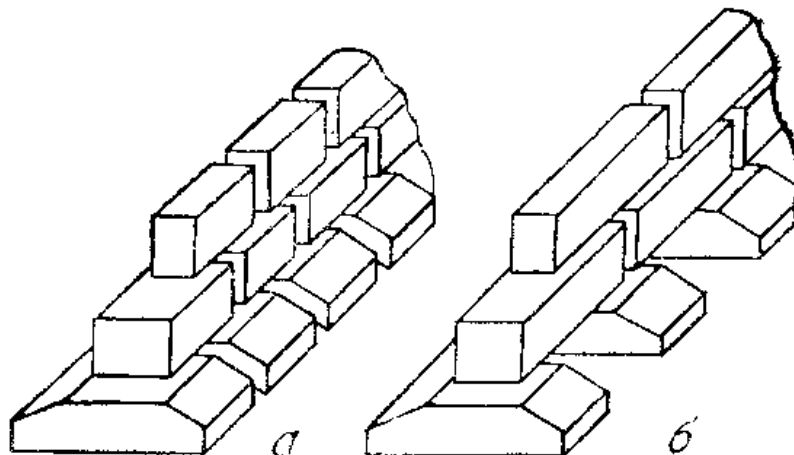
Монолитные фундаменты (без повышенной стаканной части), так же как сборные, армируют только сетками, укладываемыми по подошве. Для жесткой

связи фундамента с колонной выпускаемую из фундамента арматуру соединяют с арматурной колонны дуговой сваркой. При вязаных каркасах арматуру соединяют внахлестку без сварки.

Расчет центрального – нагруженных фундаментов. Расчет отдельных фундаментов состоит из двух частей: 1) расчета основания (по деформациям), из которого определяют размеры фундамента в плане, и 2) расчета самого фундамента на прочность, по которому определяют размеры отдельных частей фундамента и его армирование.

Ленточные и сплошные фундаменты. Ленточные фундаменты устраивают под стенами и рядами колонн при близком их расположении друг другу или при слабых грунтах, когда расстояния между отдельными фундаментами становятся столь малыми, что их целесообразно соединить между собой.

Ленточные фундаменты могут быть монолитными и сборными (4 рисунок) из сплошных, ребристых или пустотелых блоков.



4 Рисунок. Сборные железобетонные фундаменты с различным а) и б) шагом подошвы.

Такие фундаменты состоят из отдельных параллельных или пересекающихся лент, образующих ленточный ростверк. Ленточные фундаменты под колоннами работают как многопролетные балки, нагруженные снизу реактивным давлением грунта. Поэтому кроме арматурной сетки, укладываемой по подошве фундамента, ребро ленточного фундамента армируют как балку плоскими каркасами. Ленточные фундаменты стен обычно делают сборными; подушки фундаментов имеют рабочую арматуру только в поперечном направлении.

Сплошные фундаменты устраиваются, например, при частом расположении колонн в двух направлениях (фундаментная плита силосного корпуса), при больших неравномерных нагрузках, слабых неоднородных грунтах и т.д. они могут иметь прямоугольное, ребристое или коробчатое

поперечное сечение.

Контрольные вопросы

1. Назначение фундамента.
2. Виды фундамента.
3. Требования к конструкции фундамента.
4. О типах фундаментов
5. Свайные фундаменты и их различия

Глава 5 Конструкции из местных материалов

Краткое содержание В данном разделе рассматриваются все виды местных строительных материалов и конструкции, получившие широкое применения в отечественной строительной практике Средней Азии. Указаны экологические свойства конструкции и их особенности.

5.1. Каменные строительные материалы

Камни для кладки. Естественный камень издавна использовался человеком в качестве строительного материала. Первые сооружения были возведены еще в каменном веке. Высокого совершенства достигли каменные конструкции во времена рабовладельчества, а затем и феодального строя. Египетские храмы, каменные строения в Европе и в особенности кирпичные здания в странах Азии имеют глубокую историю. На Руси первые каменные храмы были возведены уже в X в. В городах Средней Азии построены многие великолепные каменные сооружения, хорошо сохранившиеся до наших дней.

Достоинства каменных конструкций заключаются в их повышенной сопротивляемости воздействиям окружающей среды, огнестойкости и долговечности. В настоящее время армированную и неармированную каменную кладку применяют при возведении фундаментов, стен, колонн и

других элементов зданий и сооружений. В целом в ряде странах около половины объема возводимых стен осуществляется из камня.

Для кладки применяют естественные и искусственные камня, последние бывают обожженные и необожженные. К обожженным камням относятся: керамический строительный кирпич различных видов, керамические камни; к необожженным – кирпич силикатный, шлаковый, сырцовый, камни из тяжелого, ячеистого и легкого бетона.

Основной характеристикой каменных материалов является прочность, определяемая маркой, которую устанавливают по значению временного сопротивления сжатию, а для кирпича также и по сопротивлению изгибу. Установлены марки керамических камней от 4 до 1000 и кирпича от 50 до 200 ($\times 10^3$ Па). По морозостойкости выбирают от Мрз 10 до Мрз 300. Марку камня по морозостойкости выбирают в зависимости от степени долговечности конструкции. Для стен зданий со сроком службы 100 лет и более нормальным влажностным режимом минимальная марка по морозостойкости должна быть не ниже Мрз 25.

Растворы. Растворы для каменной кладки различают по виду вяжущих на цементные, известковые и смешанные. Наибольшее распространение получил цементный – известковый, известковый – гипсовый и другие смешанные растворы. Затвердевший раствор заполняет швы и связывает между собой отдельные камни, создавая монолитную кладку и обеспечивая равномерную передачу давления от одного ряда кладки к другой.

Прочность раствора характеризуется его маркой, которая определяется временным сопротивлением сжатию. Установлены следующие марки растворов: 4, 10, 25, 50, 75, 100, 150, 200 ($\times 10^3$ Па)

Для кладки стен зданий чаще всего применяют растворы марок от 10 до 100.

Прочностные характеристики каменной кладки. Каменная кладка в зданиях и сооружениях работает на сжатие, изгиб, срез и растяжение.

Сжатие. Камень и раствор в кладке находятся в условиях сложного напряженного состояния даже при равномерном распределении сжимающей нагрузки по всему сечению кладки. Кладка одновременно подвержена внецентренному и местному сжатию, изгибу, срезу и растяжению, что объясняется неоднородностью растворного шва, а также неравномерностью водоотдачи, условий твердения и усадки раствора.

Передача усилий от камня к камню при действии нагрузки происходит, а по отдельным точкам соприкосновения раствора с камнем. Основной причиной разрушения сжатого камня являются возникающие при этом напряжения изгиба и растяжения.

В работе кирпичной кладки на сжатие различают четыре стадии. Первая соответствует нормальной эксплуатации, когда возникающие усилия не вызывают видимых ее повреждений. Переход кладки ко второй стадии

характеризуется появлением небольших трещин в отдельных кирпичах. Как правило, это происходит в момент приложения 60...80% разрушающей нагрузки. При дальнейшем увеличении нагрузки, в третьей стадии образуются новые вертикальные трещины, которые, соединяясь между собой, пересекают значительную часть кладки. Четвертая стадия характеризуется разрушением всей кладки от потери устойчивости ввиду полного расчлени ее трещинами.

Армированная каменная кладка. Армирование кладки применяют для увеличения ее несущей способности, при этом армирование бывает поперечным – в виде сеток – и продольным.

Для армирования каменных конструкций предусматривают сталь горячекатаную круглую гладкую класса А – I и периодического профиля класса А- II диаметром 6...40мм, проволоку арматурную холоднотянутую периодического профиля класса В_p-I диаметром 3...8мм. Для закладных металлических деталей, соединительных элементов и стальных обоек применяют прокатную полосовую сталь и фасонные профили, аналогичные тем, что применяются в стальных и железобетонных конструкциях.

Поперечное (сетчатое) армирование выполняют укладкой арматурных сеток в горизонтальные швы. При сжатии кладки сетки препятствуют развитию в ней поперечных деформаций растяжения, увеличивая тем самым ее несущую способность.

Продольное армирование применяют в каменных конструкциях, подверженных изгибу, растяжению и внецентренному сжатию в тех случаях, когда несущая способность неармированной кладки недостаточна. Продольную арматуру укладывают внутри кладки или снаружи в слое раствора. Для обеспечения совместной работы продольная арматура связывается с кладкой хомутами, при этом диаметр растянутой продольной арматуры принимается не менее 3мм, а сжатой – не менее 8мм. Работа армокаменных конструкций с продольной арматурой при действии нагрузки аналогична работе железобетонных конструкций.

Усиление кладки обоями производят в тех случаях, когда нужно повысить несущую способность без увеличения сечения кладки. Такая необходимость возникает при усилении и реконструкции зданий. Наиболее эффективны стальные и железобетонные обоймы, которые не только повышают прочность кладки внутри, но и воспринимают часть растягивающих усилий, передающихся непосредственно обойме.

5.2 .Особенности каменных конструкций

5.2..1 СВЕДЕНИЯ О КАММЕННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

Для каменных конструкции применяют природные и искусственные

камни. Природные камни тяжелых пород используют в фундаментах и облицовке, а камни легких пород – в стенах различных зданий. К природным камням относятся: известняки, песчаники, граниты, известняки ракушечники и др.

К искусственным камням относятся: кирпич различных видов (силикатный, глиняный обыкновенный, шлаковый и др.), сплошные и пустотелые бетонные камни, керамические камни и др. Искусственные каменные материалы используют при возведении стен многоэтажных зданий, стен емкостных инженерных сооружений, промышленных и сельскохозяйственных объектов, перегородок, перекрытий, столбов и т.д.

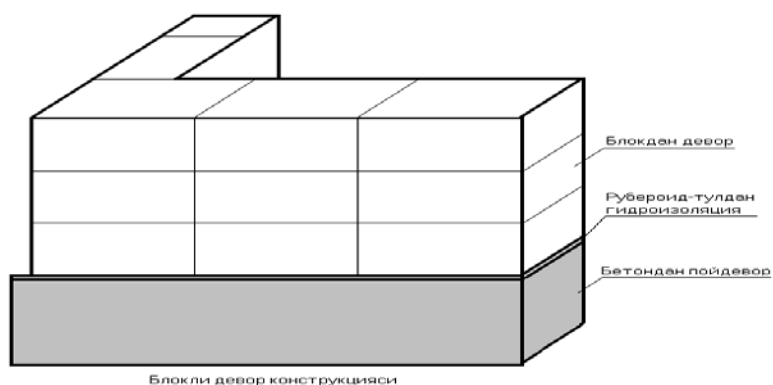


Рис 5.1. Конструкция стен из каменных блоков

Для стен и фундаментов применяют крупные блоки (Рис 5.1) и панели из легких и ячеистых бетонов, керамических камней и других материалов. Использование крупных блоков и панелей приводит к значительному сокращению сроков возведения зданий.

Для внутренних несущих стен применяют сплошные панели из тяжелого бетона, а для наружных – трехслойные из двух слоев армированного бетона со слоем утеплителя между ними. Для наружных стен могут быть применены одно и двухслойные панели из легких и ячеистых бетонов, а также из керамических камней с утеплителем.

Каменные материалы, применяемые для кладок зданий и сооружений, кроме прочности, должны удовлетворять требованиям морозостойкости. Для значительного увеличения несущей способности каменных кладок предусматривают железобетонные сердечники. Такие конструкции называют комплексными. Использование армокаменных и комплексных конструкций позволяет значительно расширить область применения каменных кладок. Например, такие инженерные сооружения, как дымовые трубы и резервуары, возводят теперь с каменными стенами, армированными железобетонными элементами.

В современном строительстве из каменной кладки выполняют фундаменты, наружные и внутренние стены, несущие столбы зданий, а также сооружения.

При определенных качествах каменные стены являются не только несущими, но и ограждающими конструкциями, т.е. свойства каменных материалов используются наиболее полно. При наличии залежей хорошего качества естественного камня или сырья для изготовления искусственных камней строительство гражданских и промышленных зданий средней этажности (до пяти этажей) с каменными стенами оказывается технически и экономически целесообразными.

Прогрессивные конструкции – панельные и каркасно – панельные здания – требуют мощной производственной базы и значительного расхода цемента и стали, и их целесообразно применять для многоэтажных зданий.

В целях повышения индустриализации строительства для кладки стен и фундаментов используют различного рода блоки из тяжелого, облегченного и легкого бетонов. Применение армокаменных конструкций, т.е. каменных конструкций, армированных стальной арматурой, позволяет существенно уменьшить размеры элементов конструкций.

5.2.2.МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КАМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Каменные материалы. В строительстве применяют как естественные, так и искусственные каменные материалы.

Маркой камня называют предел прочности при сжатии образца, установленного государственными стандартами формы и размеров. По прочности каменные материалы делят на следующие группы по маркам:

Высокой прочности 1000, 800, 600, 500, 400, 300

Средней 250, 200, 150, 100, 75, 50, 35

Низкой 25, 15, 10, 7, 4

К маркам высокой прочности относятся естественные камни тяжелых пород; средней прочности – преимущественно искусственные камни и легкие (пористые) естественные; низкой прочности – мало прочные известняки, грунтоблоки и др.

Для проектирования каменных и армокаменных конструкций применяют следующие марки камней, устанавливаемые по величине временного сопротивления сжатию, а для кирпича – также и изгибу ($кгс/см^2$): 4, 7, 10, 15, 25, 35, 50, 75, 100, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 800, 1000. Марки камней определяются по методике, установленной соответствующими государственными стандартами.

Природные камни (рис.5.2) имеют объемную массу от 1000 до 2900 ($кг/м^3$). Для отнесения партии камней к определенной марке требуется, чтобы

средний результат испытания пяти отдельных образцов был не ниже показателя марки и чтобы значение временного сопротивления (предела прочности) образцов было не ниже минимального предела. Минимальный предел прочности при сжатии для камней отдельных видов меняется от $\frac{2}{3}$ до $\frac{3}{4}$ показателя марки.

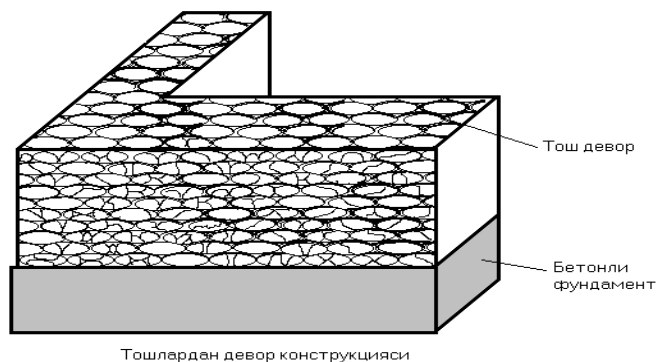


Рис 5.2. Конструкция из местного камня

Растворы. Растворы для каменной кладки могут быть цементными, известковыми, гипсовыми, глиняными и смешанными. К смешанным растворам относятся цементное – известковые, цементное – глиняные и. т. г.; их чаще других используют в каменных кладках. По объемной массе растворы подразделяют на тяжелые ($\gamma > 1500 \text{ кг} \cdot \text{м}^3$) и легкие ($\gamma \leq 1500 \text{ кг} \cdot \text{м}^3$). Заполнителем для тяжелых растворов служат кварцевые известковые и другие пески, а для легкие растворов --- шлаковые, туфовые пемзовые и другие легкие пески

Раствор связывает отдельные камни, образуя при этом монолитную кладку. Он равномерно распределяет усилия по площади камня и передает их с одних камней на другие. Кроме этого, раствор снижает продуваемость и влагопроницаемость кладки. Ясно, что состав раствора в значительной степени определяют прочность, долговечность и теплотехнические показатели кладки. Для лучшего заполнения горизонтальных и вертикальных швов кладки раствор должен быть удобным для укладывания, т.е. подвижным, с достаточной водоудерживающей способностью. Применение пластичных растворов повышает качество кладки, ее прочность и облегчает работу каменщика.

Арматуры Для армирования каменных кладок применяют главным образом горячекатаную круглую сталь класса А-1, сталь периодического профиля класса А-2 и низкоуглеродистую стальную проволоку класса В-1

Расчетные сопротивления арматуры, применяемой в армированной кладке приведены в соответствующих Справочниках.

5.2.3. ПРОЧНОСТЬ И ДЕФОРМАТИВНОСТЬ КАМЕННОЙ КЛАДКИ

Факторы, влияющие на прочность кладки . Причинность кладки зависит в основном от прочности камня и раствора. Влияет на прочность и неодинаковая толщина раствора в швах между рядами, которая создает вследствие искривления поверхности камней. Прочность каменной кладки изменяется в зависимости от толщины растворных швов. Повышение толщины шва улучшает заполнение раствором неровностей камня, что положительно сказывается на прочности кладки. Однако повышение толщины шва приводит к увеличению растягивающих усилий, действующих в кладке в поперечном направлении. Это происходит потому, что при сжатии поперечные деформации раствора значительно больше поперечных деформаций раствора. Все это в конечном счете приводит к понижению прочности кладки. Поэтому толщину вертикальных швов кирпичной кладки обычно принимают 10мм, горизонтальных – 12мм.

Повышение подвижности раствора достигаемые увеличением водоцементного отношения не снижает прочности и плотности раствора кирпичной кладки, так как при укладке кирпич быстро отсасывает из раствора воду в количестве, превышающем водоудерживающие возможности раствора. Следует отметить, что увеличение подвижности раствора, которое достигается введением органических пластификаторов, приводит к снижению плотности и повышению деформативности раствора. Поэтому ,чтобы предотвратить возникновение в кирпиче больших горизонтальных усилий, не допускается введение пластификаторов в количестве, снижающем плотность раствора больше чем на 6 $\frac{0}{0}$, так как это приводит к значительному снижению прочности кладки.

На прочность кладки оказывают влияние размеры и форма элементов кладки, способ перевязки, сцепление раствора с камнем и т.п.

Прочность и деформации кладки Каменная кладка неоднородным телом, состоящим из камней, швы между которыми заполняются разным раствором. Даже при такой простой деформации, как центральное сжатие, напряженное состояние отдельных камней является достаточно сложным.

При экспериментальном исследовании кирпичных столбов, подвергнутых центральному сжатию, установлена следующая картина разрушения: появление отдельных трещин в кирпичах, примерно параллельных линии действия силы; при дальнейшем увеличении нагрузки появляются новые трещины, и происходит их объединение по высоте столба; в дальнейшем столб разделяется сплошными трещинами на отдельные вертикальные столбики и происходит разрушение столба. Следовательно, начало разрушения столба происходит не от сжатия, а от поперечного растяжения. Тензометрические измерения деформации отдельных кирпичей показали, что они подвергаются изгибу и

растяжению. Все это является следствием неравномерности растворной постели в горизонтальных швах и повышенной деформативности раствора. Необходимо отметить существенное влияние прочности кирпичей при изгибе на величину предела прочности кладки.

На основании проведенных исследований установлено, что предел прочности кладок при сжатии зависит: от пределов прочности камня и раствора; формы камня, высоты ряда кладки; качества кладки (однородности растворной постели, толщины швов, перевязки швов и т.д.).

5.3. Армокаменные конструкции

Виды армирования. Каменные конструкции армируют для повышения их несущей способности. Применяют два основных вида армирования кладок: поперечное (сетчатое) армирование стальными вязаными или сварными сетками, которые укладывают в горизонтальных швах кладки, и продольное, которое выполняют аналогично армированию железобетонных конструкций. Каменные столбы и простенки также можно армировать стальными, железобетонными и армоштукатурными обоймами. Чтобы повысить несущую способность, кладку можно усилить железобетоном в виде так называемых комплексных конструкций.

Поперечное армирование – основной способ повышения несущей способности каменных столбов и простенков малой гибкости при центральном и внецентральном сжатии с небольшими эксцентриситетами. Сущность сетчатого армирования заключается в том, что арматурные стержни, уложенные в горизонтальных швах каменной кладки, обладая более высоким модулем упругости, чем сама кладка, препятствуют ее поперечному расширению при действии вертикальных усилий. Поэтому в поперечном направлении кладки создаются напряжения сжатия. Под действием вертикальных усилий кладка с поперечным армированием работает в условиях всестороннего сжатия, благодаря которому значительно увеличивается ее прочность.

Армокаменные конструкции Армирование каменных конструкций стальной имеют два вида армирования каменных конструкций: сетчатое (косвенное) и продольное.

При сетчатом армировании сварные или вязаные сетки укладываются в горизонтальные швы кладки, существенно повышая прочность сжатых элементов. Продольное армирование осуществляется установкой продольной арматуры и хомутов снаружи кладки или внутри в швах кладки между камнями. **Элементы с сетчатым армированием** Сетчатое армирование применяется для увеличения несущей способности сжатых элементов преимущественно из кирпичной кладки. Уложенные в кладку сетки воспринимают усилия поперечного растяжения, задерживают продольных трещин и позволяют

поднять расчетное сопротивление армированной кладки почти в два раза.

5.4. Конструкция из кирпича, пахсы и деревянного синча

Конструктивные особенности и схемы зданий из кирпича.

Каменные кладки в том числе из кирпича (рис. 5.3.) в зависимости от их вида, а также прочности камней и растворов подразделяют на четыре группы.

В зависимости от группы кладки нормами установлены минимальные размеры сечений стен и столбов. Предельные отношения $\beta = N/h$ для стен без проемов, несущих нагрузку от перекрытий или покрытий при свободной длине стены $l < 2,5 N$, для кладки из кирпича и блоков правильной формы – в зависимости от группы кладки и марки раствора колеблются от 25 до 13. При сложном сечении вместо высоты h принимается $h' = 3,5r$, где r – радиус инерции сечения. Для других видов каменных конструкций и условий их работы указанные значения предельных отношений β умножают на понижающие коэффициенты.

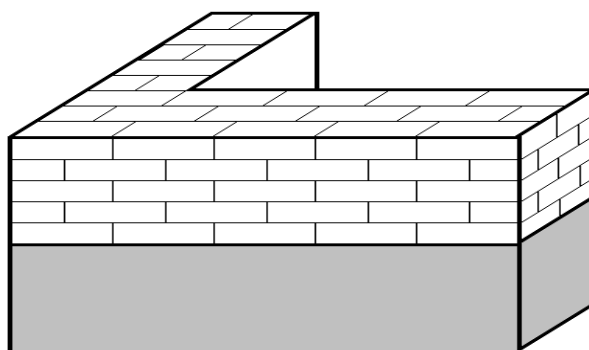


Рис.5.3. Конструкция из кирпича.

В строительном проектировании Республик Средней Азии широко практикуется кирпичная кладка из **жженного, сырцового кирпича** и из **гувалы**. Последний имеет некую произвольную форму и размеры, удобной к формованию, полученной после тщательной обработке глины и высушенную на открытом воздухе в жаркие дни года. Конструкции из сырого материала, в том числе сырцового кирпича используются как для стен, так и для перегородок и наполнителей в синчевой конструкции. При этом следует помнить, что такие конструкции боятся влаги, но достаточно эффективны для строительства жилых, сельскохозяйственных объектов и для др. целей с хорошими теплоемкостными, изолирующими свойствами.

В условиях Узбекистана, при проектировании **кирпичных зданий** большой протяженности, предусматривают деформационные, температурные

швы, разделяющие здание на отдельные блоки (отсеки) до верхнего обреза фундамента. Эти же швы являются сейсмическими швами, разделяющими колебательный процесс каждого отсека. Это вызвано необходимостью, уменьшить растягивающие напряжения в кладке от температурного перепада. Расстояния между температурными швами зависят от температуры наружного воздуха, вида кладки, марки раствора, условий эксплуатации, а также от сейсмичности территории.

В условиях высокой сейсмоактивности территорий строительство и требования к кирпичным конструкциям возрастают. Высота зданий из кирпича не рекомендуется превышать 5-этажа. Предусматриваются антисейсмические горизонтальные железобетонные пояса на каждом этаже на уровне перекрытий и покрытий, а также вертикальные железобетонные сердечники в узловых участках стен. Железобетонные части определяются расчетным путем в зависимости от балльности территории и сейсмостойкости проектируемого здания.

Следует особо отметить свойство еще одной конструкции из местного материала, признанной своей неприхотливостью, дешевизной, легкости изготовления и возможности получения любой формы. Это конструкция из **пахсы** (рис 5.4.), т.е из глины с соответствующей обработкой. Свойства у пахсы такие же как каменная конструкция из сырцового кирпича и гувалы. Пахса изготавливается на основе суглинистых грунтов, где меньше всего песка, различной примеси. За последние несколько десятилетий предложено различные варианты пахсы с улучшенными прочностными, водосточными и др. свойствами. Эти преимущества достигаются путём обжига стены из пахсы, армированиям ее из разных арматур: камыш, конопля и ряд других сельхоз материалов и отходов.

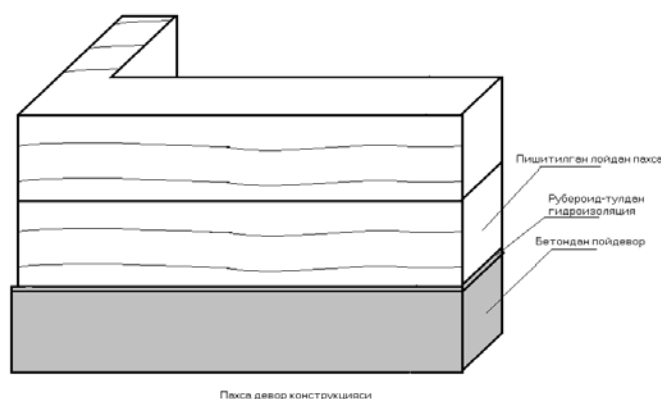


Рис. 5.4. Конструкция стен из пахсы

С давних времен, в ряде стран, в особенности в странах Средней Азии, широко используются конструкции из дерева типа каркаса, из дерева - синч

(рис.5.5) в качестве стен, системы покрытий и перекрытий.

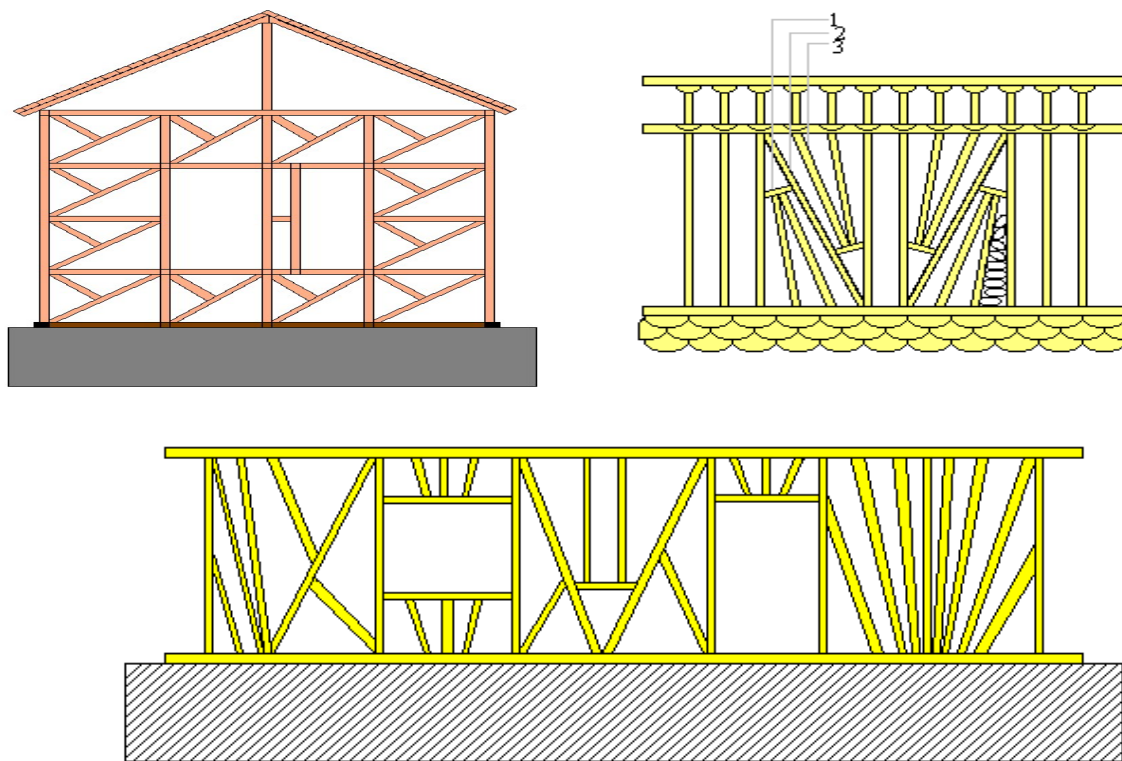


Рис 5.5.Конструкция из дерева – синч в разных вариациях

Преимуществом синчовой конструкции является то, что она может быть изготовлена практически из любого сорта и вида дерева, любой длины и разных поперечных размеров сечения. Такие синчовые ряды-стены бывают одинарными, двойными и тройными в зависимости от цели и назначения конструкции. На основе синчового каркаса строятся одно, двух и многоярусные здания как для жилья так и для других целей. Синчовой каркас отличается своей легкостью, сейсмостойкостью и высокой эффективностью.

Широкое применение в старинных зданиях имела конструкция из местного материала из дерева –токи. Получившие применение покрытия из дерева типа из «токи», т.е. когда на главную балку покрытия из дерева перпендикулярно прикрепляются ряд полуокружностью рейки-токи типа черный потолок, создают высокую пространственную жесткость потолка и перекрывают помещения.

5.5. Учет технико - экономических факторов при проектировании каменных конструкций.

В проектировании конструкций из местных материалов целесообразно владеть технико экономическими показателями различных конструкций , для чего в таблице 5.1 даны основные показатели

Табл. 5.1. Техничко – экономические показатели 1м³ стен из кирпича, бетонных камней, панелей и крупных блоков

Тип стен и плотность камней, бетона (брутто), кг\м ³ .	Толщина С внутренней отделкой	Масса, кг	Трудоемкость, чел-дн	Расход материала			Стоимость, %
				Кирпича шт	Цемент, кг	Извести, Кг	
1	2	3	4	5	6	7	8
Из обыкновенного кирпича, сплошная=1800	66	1185	1,42	255	29	17	100
Из керамических пустотелых камней $\gamma =1400$ с облицовкой силикатным кирпичном	53	865	1,07	220	19	14	78
Из обыкновенного кирпича с воздушной прослойкой 6 см	57	980	1,23	204	21	15	82
Колодцевая кладка с заполнением легким бетоном	60	1050	1,28	162	40	-	84
Из обыкновенного кирпича толщиной в полтора кирпича с	46	735	1,11	153	40	-	75

утепленными плитами толщиной 8см.							
Из легкобетонных камней со щелевидными пустотами $\gamma = 1100$	41	525	1,01	-	61	6	60
Из пеносиликатных блоков или панелей $\gamma = 1000$	35	350	0,66	-	28	44	65
Из сплошных шлакобетонных блоков $\gamma = 1500$	55	825	1,04	-	121	3	98
Из пенобетонных панелей $\gamma = 1000$	35	350	0,59	-	67	3	68

Наибольший объем кладки в зданиях приходится на наружные стены. Как уже отмечалось ранее, наружные стены являются не только несущими, но и ограждающими конструкциями, способствующими созданию необходимого микроклимата в помещениях, поэтому необходимая величина термического сопротивления наружных стен. Вторым фактором, существенно влияющим на выбор конструкции наружных стен, являются условия эксплуатации, т. е. нагрузки, действующие на стену, влажностный режим помещений, климатические условия района строительства и др.

Учет этих факторов необходим для получения технически целесообразного ращения конструкции стен, но является недостаточным для выбора наиболее экономичного решения.

На экономичность решения конструкций стен влияет много факторов: например, сокращение трудозатрат на строительной площадке; возможность максимального применения механизмов при монтаже; снижение веса стен и др.

Наиболее полно удовлетворяют этим требованиям крупнопанельные стены из виброкирпичных панелей с эффективными утеплителями. Высокой экономичностью отличаются также наружные стены из крупных блоков. Применение крупнопанельных и крупноблочных стен возможно в районах, имеющих соответствующие строительные базы достаточной мощности. Однако

пока еще большинство различных зданий приходится возводить со стенами из ручной кирпичной кладки из обычного кирпича.

Применение сплошной кирпичной кладки целесообразно только для нижних этажей многоэтажных зданий, где нагрузки на стены достаточно велики, а также для мокрых помещений.

Для зданий малой и средней этажности при нормальном и сухом влажностных режимах следует применять облегченную кирпичную и блочную кладку. При выборе типа кладок наружных стен в первом приближении можно руководствоваться данными табл. 5.1.. Окончательный выбор типа стен производится исходя из наличия местных стеновых материалов на основании технико – экономического сравнения вариантов . Внутренние стены и несущие столбы зданий выбираются исходя только из несущей способности, поэтому здесь оправдано применение наиболее прочных каменных материалов, например полнотелого кирпича марки не ниже 100 и др.

Для внутренних стен и столбов экономически целесообразно применять кирпич более высоких марок, так как увеличение прочности камня повышает прочность кладки в большей степени, чем увеличения прочности раствора. Например, получения кладки с расчетным сопротивлением сжатию $R=1.3$ МПа необходимо увеличить марку кирпича с 75 до 100 или марку раствора с 25 до 50, что повлечет за собой увеличение расхода цемента М300 на 120 кг на 1м³ раствора.

Применение растворов марки выше 50 допускается только в тяжело нагруженных конструкциях. Для увеличения несущей способности центрально и внецентренно -сжатый с малым эксцентриситетом каменных конструкций целесообразно применение сетчатого армирования, при котором использование арматуры вдвое эффективнее, чем при продольном армировании.

Контрольные вопросы

- 1.Какие конструкции являются местными.**
- 2.Особенности конструкции из камня,**
- 3.Свойства армокаменных конструкций**
- 4. Сведения об арматуре , о растворах**
- 5.Что за конструкция из пахсы и ее особенности.**
- 6.Все о деревянной конструкции –синчах, токи .**

ГЛАВА 6. ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Краткое содержание.

В данном разделе даны общие сведения о бетоне, железобетонных конструкциях и стальной арматуре. Описаны история и особенности бетона, железобетонной конструкции, приводятся теория расчета.

6.1. Общие сведения о бетонных и железобетонных конструкциях.

6.1.1. Основные сведения о бетоне.

Бетон – искусственный материал, созданный для нужд строительства и получаемый в результате отвердения специально подобранной смеси вяжущего вещества, крупного и мелкого заполнителей и воды. Вода вступает в химическую реакцию с вяжущим, образуя новую структуру – так называемый цементный камень, который связывает в единую массу инертней материалы – гравий или щебень и песок. В результате получается новый материал, отличающийся своими свойствами от составляющих его компонентов. Бетон должен обладать необходимой прочностью (в том числе прочностью сцепления с арматурой) и плотностью (непроницаемостью).

Прочность бетона. При осевом сжатии бетонного образца возникают деформации в продольном и поперечном направлениях. В местах концентрации напряжений, обусловленной неоднородностью материала, появляются микротрещины, которые по мере увеличения нагрузки соединяются и образуют

видимые трещины, направленные параллельно сжимающей силе. Разрушение образца наступает вследствие нарушения сплошности бетона в поперечном направлении. Прочность зависит от целого ряда факторов, к главным из которых относятся: вид напряженного состояния, условия и время отверждения, формы и размеры образца, длительность приложения нагрузки. Прочность нарастает с течением времени. Это связано с постепенным переходом геля в кристаллическое состояние. Наиболее интенсивно прочность бетона увеличивается в первые дни отверждения, для портландцемента обычно принимается 28 суток. В дальнейшем нарастание прочности замедляется, но продолжается в течение многих лет и даже десятилетий. Прочность достигает наибольших значений быстрее, если имеют благоприятные условия – повышенная температура и влажность среды. В зависимости от вида напряженного состояния, возникающего при различных силовых воздействиях, вводится несколько прочностных характеристик бетона.

Кубиковая прочность R . Под кубиковой прочностью понимают временное сопротивление сжатию бетонных кубов. Бетонные кубики разрушаются от бокового расширения. Однако между образцом и плитой пресса возникают значительные силы трения, которые не дают образцу расширяться в поперечном направлении – возникает так называемый эффект обоймы. Это приводит к тому, что бетонный куб разрушается по характерной форме.

Призменная прочность R_b . Влияние сил трения на прочность бетонного образца практически не сказывается, если он имеет форму призмы с отношением высоты к размеру основания более 3 : 1. Испытание призмы позволяет прямо определить призменную прочность бетона или ее можно вычислить по эмпирической формуле

$$R_b = \varphi_b R,$$

где φ_b – коэффициент, равный 0,72...0,75. Призменная прочность бетона – основная прочностная характеристика, применяемая при расчете железобетонных конструкций, ее значение приводится в нормах.

Прочность бетона на растяжение R_{bt} – вторая основная прочностная характеристика бетона, значения которой приводятся в СнИПе. Прочность на растяжение обладает большей изменчивостью по сравнению с призменной прочностью. Существует несколько способов определения R_{bt} : испытание на растяжение специальных образцов, раздавливание бетонных цилиндров и изгиб бетонных балочек. Прочность бетона на растяжение может быть также определена по кубиковой прочности бетона по опытным формулам.

Прочность бетона на срез и скалывание R_{sh} – является характеристикой, которая не приводится в СнИПе. Обычно эту характеристику определяют по эмпирическим формулам или по испытаниям бетонных образцов на скалывание. Прочность на местное сжатие (снятие) $R_{b,loc}$ – повышается вследствие влияния окружающего незагруженного бетона, который создает

«эффект обоймы». Величина $R_{b,loc}$ зависит от отношения площади смятая $A_{loc,2}$ ко всей площади $A_{loc,1}$.

Длительная прочность бетона уменьшается по сравнению с прочностью при кратковременных воздействиях. Это связано с изменением структуры бетона и развитием пластических деформаций в нем. При длительном нагружении кубиковая прочность бетона уменьшается на 15...20%. С другой стороны, при нагружении бетонных образцов быстро, что соответствует приложению нагрузки в реальных конструкциях, например, от ветра, удара, взрыва, прочность бетона возрастает на 10...20%.

Прочность бетона при повторных нагрузках - необходимо знать, когда рассчитываются конструкции, подвергающиеся попеременно циклу нагружения – разгрузки, например шпалы или подкрановые балки. В результате изменений в неоднородной структуре бетона, накопления пластических деформаций и образования микротрещин прочность бетона на сжатие снижается на 15...50%. Уменьшение прочности зависит прежде всего от отношения напряжений в нем во время нагрузки и напряжений в момент разгрузки, а также от количества циклов.

Деформации бетона. При однократном нагружении бетонного образца сжимающей нагрузкой диаграмма напряжения – деформации имеет криволинейный характер, деформации в бетоне растут быстрее напряжений. В бетоне под действием нагрузки одновременно с упругими развиваются также неупругие деформации, обусловленные ползучестью бетона, т.е. его способностью деформироваться во времени даже при неизменной нагрузке. опыты показали, что причиной отклонения диаграммы напряжения – деформации для бетона от прямолинейной зависимости Гука является фактор времени.

Проектные марки бетона. Характеристики качества бетона, задаваемые при проектировании конструкций, называются проектными марками бетона. Марки бетона установлены: по прочности на сжатие; по прочности на осевое растяжение; по морозостойкости; по водонепроницаемости.

Одна из основных характеристик бетона – проектная марка бетона по прочности на сжатие – представляет собой предел прочности бетонных кубиков размером 150x150x150мм, изготовленных из рабочего состава бетона и испытанных через 28 сут нормального твердения при температуре воздуха $20 \pm 2^{\circ}C$ и относительной влажности среды не ниже 95%. Методы определения прочности бетона на сжатие и растяжение, требования к размерам образцов, скорости нагружения и другим условиям испытания приводятся в ГОСТ е.

Для бетона гидротехнических монолитных массивных сооружений при определении марки бетона образцы испытывают через 180 дней нормального твердения; для бетона сборных изделий – в сроки, установленные соответствующими стандартами и техническими условиями.

Еще одним недостатком бетона и конструкций из него является их малая прочность на растяжение, что приводит к раннему возникновению трещин, нередко еще до приложения эксплуатационных нагрузок. Эти трещины снижают жесткость железобетонных конструкций и могут привести к коррозии арматуры.

Классификация бетонов. Бетоны подразделяются по структуре, плотности, виду вяжущего и заполнителя, зерновому составу заполнителя, условиям твердения и др.

1. По структуре бетоны бывают: плотные, у которых пространство между зернами заполнителя (крупного или мелкого) занято затвердевшим вяжущим. Эти бетоны используют для несущих и ограждающих конструкций, а также для конструкций, к которым предъявляют требования повышенной водонепроницаемости и морозостойкости; крупнопористые (мало песчаные и бес песчаные), у которых пространство между зернами крупного заполнителя не полностью занято мелким заполнителем и затвердевшим вяжущим. Такие бетоны следует использовать только для конструкций, воспринимающих сжимающие усилия.

2. По плотности бетоны подразделяют на: особо тяжелые с плотностью более 2500 кг/м^3 , которые используют в конструкциях для защиты от излучений; тяжелые с плотностью более 2200 и до 2500 кг/м^3 , применяемые во всех несущих конструкциях; облегченные с плотностью более 1800 и до 2200 кг/м^3 , используемые преимущественно в несущих конструкциях; легкие с плотностью более 500 и до 1800 кг/м^3 работают преимущественно в ограждающих конструкциях (при плотности до 1600 кг/м^3) и несущих конструкциях (при плотности более 1200 кг/м^3); особо легкие с плотностью до 500 кг/м^3 , которые используют в качестве изоляции.

3. По виду вяжущего бетоны бывают: цементные, применяемые во всех конструкциях; силикатных (на известковом вяжущем), используемые только для сборных конструкций; гипсовые (гипсобетон) предназначены для внутренних ограждающих конструкций; на специальных вяжущих (органических и неорганических, например полимербетон) используют при наличии особых требований по жаростойкости, химической стойкости и др.

4. По виду заполнителя бетоны различают: на плотных заполнителях (для тяжелых бетонов); на простых заполнителях (для легких и облегченных бетонов); на специальных заполнителях, удовлетворяющих специальным требованиям – защите от излучения, химической стойкости и др.

5. По зерновому составу заполнителя бетоны могут быть крупнозернистые (с крупным и мелким заполнителем), мелкозернистые (только с мелким заполнителем) и применяется для заполнения швов, защиты от коррозии закладных деталей и т. д.

6. По условиям твердения бетон может быть: естественного твердения (для монолитных конструкций в летних условиях твердения); подвергшийся

тепловой обработке при атмосферном давлении (при заводском изготовлении конструкций, а также при зимнем изготовлении монолитных конструкций); подвергшийся автоклавной обработке (для конструкций из силикатных, ячеистых и мелкозернистых бетонов при заводской технологии).

Из приведенной классификации видно, что разнообразие бетонов огромно. Более того, использование новых (искусственных и естественных) заполнителей и вяжущих, удовлетворяющих специальным требованиям, позволяет создавать конструкции, работающие в особых условиях повышенных температур, водонасыщения, кислотных воздействий, повышенной радиации и низких температур, подвергающихся ударным, вибрационным и другим воздействиям.

Использование в бетонах в качестве заполнителей и добавок к вяжущему отходов ряда производств, в частности металлургического, золы, помимо экономического эффекта имеет несомненно важное экологическое значение.

Нормируемые показатели бетона. При проектировании железобетонных конструкций в зависимости от условий их эксплуатации и назначения нормами устанавливаются следующие показатели бетона.

Классом бетона по прочности на осевое сжатие называется 95% - ная гарантированная прочность кубов (в МПа) с размером сторон 15 см, изготовленных и испытанных в определяемых ГОСТом условиях в возрасте 28 суток.

Обычный тяжелый бетон имеет классы: В3,5; В5; В7,5; В10; В12,5; В15; В20; В30; В35; В45; В50; В55; В60. Для мелкозернистых, легких, ячеистых, пористых бетонов нормами устанавливаются другие классы на сжатие. В СНИПе для каждого класса бетона по прочности на сжатие приводятся нормативные и расчетные характеристики материала – призмочная прочность и прочность на растяжение, а также модуль деформации бетона.

Класс бетона по прочности на осевое растяжение R_t назначается в случаях, когда эта характеристика имеет главенствующее значение и контролируется на производстве. Класс бетона на растяжение устанавливается, например, для железобетонных резервуаров, напорных труб и подобных конструкций. Тяжелый бетон имеет класс на растяжение R_t 0,8;

R_t 1,2; R_t 1,6; R_t 2. Другие виды бетонов имеют иные классы на растяжение.

6.1.2 Основные сведения о железобетоне

Железобетон это сочетание двух материалов – бетона и стальной арматуры, работающих совместно благодаря сцеплению, возникающему между ними. Бетон хорошо сопротивляется сжатию, а арматура обладает значительной прочностью на растяжение. Основные достоинства железобетона – **высокая прочность, долговечность, простота формообразования.** Хорошей

совместной работе бетона и арматуры способствует сочетание трёх физических факторов: надёжного сцепления бетона с арматурой.

Принято считать, что начало применения железобетона связано с именем парижского садовника Железобетон Монье, получившего ряд патентов на изобретения железобетона. во Франции и в др. странах; первый его патент на цветочную кадку из проволочной сетки, покрытой цементным раствором, относится к 1867. Фактически конструкции из бетона со стальной арматурой возводились и раньше. Заметную роль в строительной технике России, Западной Европы и Америки железобетон начал играть лишь в конце 19 в. В начале 20 в. вопросы технологии бетона, бетонных и железобетонных работ, проектирования сооружений с применением железобетонных конструкций и изделий. разрабатывали видные русские учёные - профессора И. Г. Малюга, Н. А. Житкевич, С. И. Дружинин, Н. К. Лахтин. Появились оригинальные конструкции, предложенные инженерами Н. М. Абрамовым, А. ф. Лолейтом и многими другими .

Дальнейшее совершенствование железобетона, расширение областей его применения связаны с проведением широкого круга научно-исследовательских работ, в том числе учеными Узбекистана, Предусматривается значительное повышение технического уровня железобетонных конструкций и изделий за счёт уменьшения его объёмной массы, учет влияния жаркого климата ,использования высокопрочных бетонов и арматуры, развития методов расчёта железобетонных конструкций и изделий при сложных внешних воздействиях, повышения сейсмостойкости, долговечности железобетонных конструкций , изделий при воздействии коррозионной среды и путем определения оптимальных параметров и повышения надежности конструкций и др.

Бетон, как и другие каменные материалы, обладает значительным сопротивлением, сжимающим напряжением, и весьма малым сопротивлением растяжению. Прочность бетона на растяжение в 10-15 раз меньше прочности на сжатие. В связи с этим бетонные (неармированные) конструкции, предназначенные для работы на изгиб или растяжение, были бы очень массивными, нерентабельными и практически неприемлемыми.

Сталь отлично работает и на сжатие, и на растяжение. Отсюда и появилась идея создания железобетона, в котором сжимающие напряжения воспринимаются бетоном, а растягивающие – стальной арматурой. В изгибаемых железобетонных элементах рабочую арматуру размещают обычно в растянутой зоне в соответствии с эпюрой изгибающих моментов.

Конструкции армируют не только при работе их на растяжение и изгиб, но также и при кручении, срезе, внецентренном и осевом сжатии. В этих случаях рабочую арматуру ставят для уменьшения размеров сечений элементов и снижения собственной массы конструкций, а также для обеспечения большей их надежности. Разрушение бетонных (неармированных) элементов происходит внезапно (хрупко), в то время как разрушение железобетонных элементов

наступает постепенно, что позволяет снизить запас прочности

6.2. Виды бетонных и железобетонных конструкций

По методу выполнения железобетонные конструкции могут быть сборными, монолитными и сборно – монолитными.

Сборные железобетонные конструкции больше распространены, так как их применение дает возможность индустриализации и максимальной механизации строительства. При изготовлении сборных конструкций в заводских условиях можно широко применять наиболее прогрессивную технологию приготовления укладки и обработки бетонной смеси, автоматизировать производство, значительно упростить строительные работы. Применение сборных унифицированных железобетонных изделий заводского изготовления позволяет значительно снизить расход лесоматериалов и затраты труда на дорогостоящие опалубок и леса, но требует тяжелых транспортных и подъемных механизмов, тщательного выполнения стыков и узлов сопряжения элементов, высокой культуры монтажных работ.

Как явствует, железобетонные конструкции по способу выполнения могут быть сборными (из элементов заводского или полигонного изготовления) и монолитными, возводимыми непосредственно на месте строительства; существуют также сборно-монолитные конструкции, собираемые из элементов с заполнением отдельных участков монолитным бетоном на месте строительства.

Железобетон неоднородная по составу семейства материалов, монолитно соединённая и совместно работающая конструкция. Термин "Ж." нередко употребляется как собирательное название железобетонных конструкций и изделий. Идея сочетания в железобетон двух крайне различающихся своими свойствами материалов основана на том, что прочность бетона при растяжении значительно (в 10-20 раз) меньше, чем при сжатии, поэтому в железобетонной конструкции он предназначается для восприятия сжимающих усилий; сталь же, обладающая высоким временным сопротивлением при растяжении и вводимая в бетон в виде арматуры (см. Арматурная сталь), используется главным образом для восприятия растягивающих усилий.

Основа взаимодействия бетона и арматуры - наличие сцепления между ними. Значение сцепления или сопротивления сдвигу арматуры в бетоне зависит от следующих факторов: механического зацепления в бетоне специальных выступов или неровностей арматуры, сил трения от обжатия арматуры бетоном в результате его усадки (уменьшения в объёме при твердении на воздухе) и сил молекулярного взаимодействия (склеивания) арматуры с бетоном; определяющим является фактор механического зацепления. Применение арматуры периодического профиля, сварных каркасов и сеток, устройство крюков и анкеров увеличивают сцепление арматуры с бетоном и улучшают их совместную работу.

Нарушение структуры и заметное снижение прочности бетона наступает при температуре свыше 60°C ; при кратковременном воздействии температуры в 200°C прочность бетона снижается на 30%, а при длительном - на 40%. температура в $500-600^{\circ}\text{C}$ является для обычного бетона критической, при которой он разрушается в результате обезвоживания и разрыва скелета цементного камня. Поэтому обычный железобетон рекомендуется применять при температуре не выше 200°C . В тепловых агрегатах, работающих при температурах до 1700°C , используется жаростойкий бетон. Для предохранения арматуры от коррозии и быстрого нагревания (например, при пожаре), а также надёжного её сцепления с бетоном в железобетонных конструкциях предусматривается устройство защитного слоя бетона толщиной от 10 до 30 мм; в агрессивной среде толщина защитного слоя увеличивается.

Большое значение для железобетонных конструкций и изделий. имеют усадка и ползучесть бетона. В результате сцепления арматура препятствует свободной усадке бетона, что приводит к возникновению начальных напряжений растяжения в бетоне и сжимающих напряжений в арматуре. **Ползучесть бетона** вызывает перераспределение усилий в статически неопределимых системах, увеличение прогибов в изгибаемых элементах, перераспределения напряжении между бетоном и арматурой в сжатых элементах и т. д. Эти свойства бетона учитываются при проектировании железобетонных конструкций. **Усадка и низкая предельная растяжимость** бетона (0,15 мм на 1 м) приводят к неизбежному появлению трещин в растянутой зоне конструкций при эксплуатационных нагрузках. Практика показывает, что при нормальных условиях эксплуатации трещины шириной раскрытия до 0,3 мм не снижают несущей способности и долговечности железобетона.

Однако низкая **трещиностойкость** ограничивает возможности дальнейшего совершенствования железобетона и, в частности, использования для арматуры более экономичных высокопрочных сталей. Избежать образования трещин в железобетоне можно методом предварительного напряжения, при котором бетон в растянутых зонах конструкции подвергается искусственному обжатию за счёт предварительного (механического или электротермического) растяжения арматуры. Существенный недостаток железобетон. - большая объёмная масса - в значительной мере устраняется при использовании лёгких бетонов (на искусственных и природных пористых заполнителях) и ячеистых бетонов.

Широкое распространение железобетона в современном строительстве обусловлено его большими техническими и экономическими преимуществами по сравнению с др. материалами. Сооружения из. **Железобетон огнестойки и долговечны**, не требуют специальных защитных мер от разрушающих атмосферных воздействий; прочность бетона со временем увеличивается, а арматура не поддаётся коррозии, будучи защищенной окружающим её бетоном.

железобетон обладает высокой несущей способностью, хорошо воспринимает статические и динамические (в т. ч. сейсмические) нагрузки. Из железобетона относительно легко создавать сооружения и конструкции самых разнообразных форм, достигающих большой архитектурной выразительности. Основным объём железобетона составляют повсеместно распространённые материалы - щебень, гравий, песок.

Для железобетонных конструкций предусматриваются следующие классы и марки бетона. **Классы и прочности на сжатие:**

Для тяжёлых (обычных) бетонов – В7,5; В10; В12,5; В15; В20; В25; В30; В45; В50; В55; В60;

Для мелкозернистых бетонов: вида А (на песке с модулем крупности 2,1 и более) – В7,5; В10; В12,5; В15; В20; В25; В30; В35; В40. Вида Б (на песке с модулем крупности менее 2,1) – В7,5; В10; В12,5; В20; В25; В30. Вида В (на песке с модулем крупности не менее 1, подвергнутые автоклавной обработке) – В15; В20; В25; В30; В35; В40; В45; В50; В55; В60;

Для лёгких бетонов – В2,5; В3,5; В5; В7,5; В10; В12,5; В15; В20; В25; В30; В35; В40;

Классы прочности на осевое растяжение: для всех бетонов – В_t0,8; В_t1,2; В_t1,6; В_t2; В_t2,4; В_t2,8; В_t3,2;

Монолитные железобетонные конструкции широко применяют в сооружениях, трудно поддающихся членению и унификации, например в некоторых гидротехнических сооружениях, тяжелых фундаментах, плавательных бассейнах, в сооружениях, выполняемых в передвижной или скользящей опалубке (оболочки покрытий, силосы и т.п.).

Сборно -монолитные железобетонные конструкции представляют собой сочетание сборных элементов и монолитного бетона, укладываемого на месте строительства. Обычно сборные элементы образуют опалубку для монолитного бетона, что ведет к уменьшению расхода леса на опалубку. Сборно – монолитные конструкции по сравнению со сборными отличаются большей монолитностью и более простым устройством стыков. Сборно – монолитный железобетон применяется в конструкциях покрытий зданий, в гидротехническом и транспортном строительстве и особенно, если сооружению необходимо придать неразрезность и жесткость.

Особая разновидность железобетона – **армоцемент**. Армоцементные конструкции – тонкостенные конструкции из мелкозернистого бетона, армированные по всей толщине сетками из тонкой стальной проволоки. Армоцемент отличается хорошей сопротивляемостью растяжению и изгибу, высокой трещиностойкостью, упругостью и др.

Ячеистый железобетон изготавливают из газо- или пенобетона. Прочность их достигает 15 МПа. Ячеистый железобетон при низкой прочности бетона применяют для ограждающих конструкций, а при прочности выше 10 МПа – для панелей стен, междуэтажных перекрытий и др.

Армосиликатобетонные конструкции автоклавного твердения изготавливают из плотного бетона известка – песчаном вяжущем, что позволяет экономить более дорогой клинкерный цемент. Прочность силикатных бетонов достигает 30-40 МПа.

Жаростойкий железобетон получают на основе жаростойкого бетона с применением термически стойких заполнителей и специальных вяжущих. Его используют в фундаментах при строительстве доменных и мартеновских печей, в дымовых трубах и других сооружениях, подверженных действию высоких температур.

Кроме перечисленных в последние годы в строительстве применяют армопластбетонные конструкции, изготавливаемые из бетона на основе полимерных вяжущих. **Армопластбетон** отличается высокой химической стойкостью и используется преимущественно в сооружениях, подвергающихся воздействию агрессивных сред.

Из всех видов железобетона наиболее распространен в строительстве тяжелый железобетон с гибкой стальной арматурой. Быстро развивается производство сборного предварительно напряженного железобетона.

Предварительно напряжённый железобетон. Кроме обычных железобетонных конструкций существуют также предварительно напряженные. Предварительное напряжение позволяет эффективно использовать более прочные арматурные стали и бетон высоких марок, что невозможно в обычном железобетоне. В предварительно напряженных железобетонных конструкциях арматура подвергается предварительному растяжению, а бетон – обжатию. Это достигается одним из двух основных способов. Предварительное напряжение железобетонных конструкций значительно повышает трещиностойкость и снижает деформации элементов конструкций, так как создает предварительное обжатие бетона в тех частях, которые при эксплуатационной нагрузке работают на растяжение.

6.3. Особенности железобетонной конструкции

Достоинства и недостатки бетона как строительного материала.

Широкое применение бетона и железобетона в современном строительстве (рис

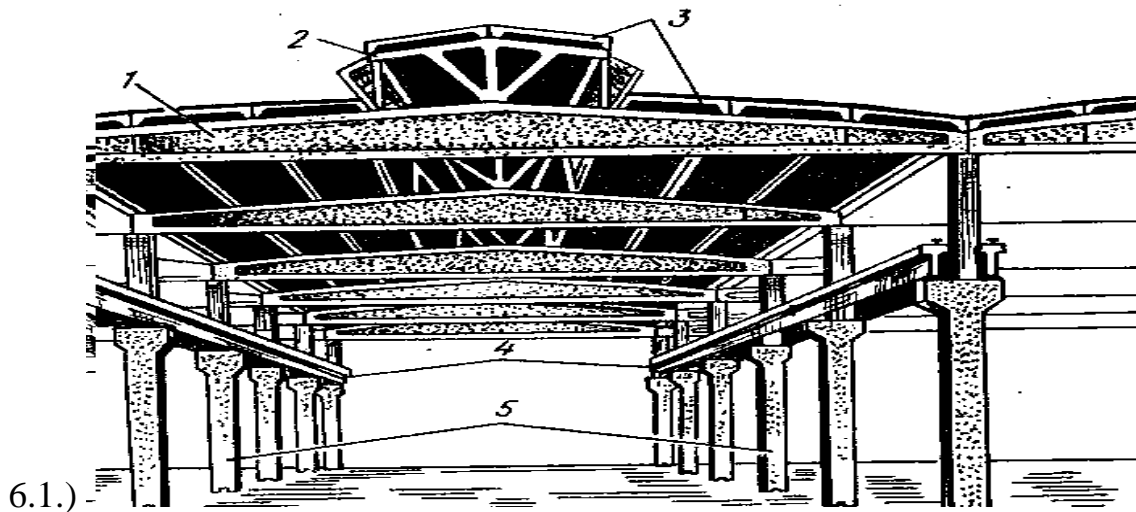


Рис- 6.1. Железобетонная конструкция в промышленном здании. 1-балка, 2-фонарь, 3-плиты покрытия, 4-подкрановые конструкции, 5-стойки.

обусловлено такими их достоинствами, как: экономия дорогостоящей и дефицитной стали; долговечность ввиду коррозионной стойкости и высокой сопротивляемости атмосферным воздействиям; относительная дешевизна благодаря использованию широко распространенных (Рис-6.2) в природе материалов песка, щебня, известняка; увеличение прочности во времени при соответствии эксплуатационных расходов, связанных с окраской в целях защиты от коррозии; высокая огнестойкость; значительная радиационная стойкость; возможность совмещения несущих и изолирующих функций; легкая формируемость и возможность придания любых архитектурных форм.

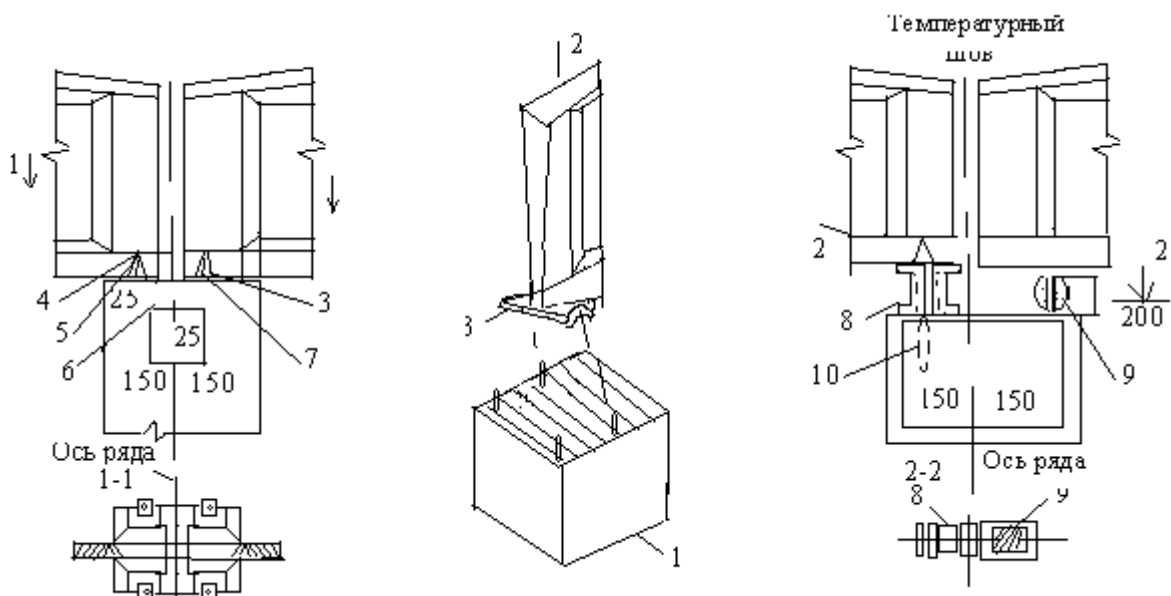


рис.6.2. Стык железобетонных ригелей и стойки

1- колонна; 2- ригель; 3- стальная пластинка $\delta = 12$ мм; 4- гайка; 5- шайба; 6- анкеры; 7 – торцевая стальная плита $\delta = 8$ мм 8 – столик (неподвижная опора); 9- каток (подвижная опора); 10- анкеры, выпущенные из колонны

К недостатками бетона и железобетона следует отнести прежде всего высокую плотность материала, применяемого для несущих конструкций, а также звуко – и тепло проводимость. По этим параметрам бетона и железобетон уступают древесине и кирпичной кладке. Кроме того, железобетонные, конструкции обладают меньшей индустриальностью по сравнению с металлическими и требуют более сложного технологического оборудования при их изготовлении.

Арматура. Арматура устанавливается в железобетонных конструкциях в первую очередь для восприятия растягивающих усилий, так как бетон плохо сопротивляется растяжению. Арматуру можно также использовать, когда необходимо усилить сжатие конструкции, потому что прочность арматуры на сжатие значительно больше, чем у бетона. Как правило, в качестве арматуры используется сталь, однако в ряде случаев может быть целесообразным использование неметаллической арматуры, которая дороже стали, но обладает рядом ценных качеств, например коррозионной и химической стойкостью.

Виды арматуры (рис 6.3.). По способу изготовления арматура бывает горячекатаной, холоднотянутой и термически упроченной, по виду поверхности – гладкой и периодического профиля (6.6 рис) . Наличие на поверхности арматуры ребер, вмятин значительно улучшает сцепление арматуры с бетоном, обеспечивая тем самым их совместную работу.

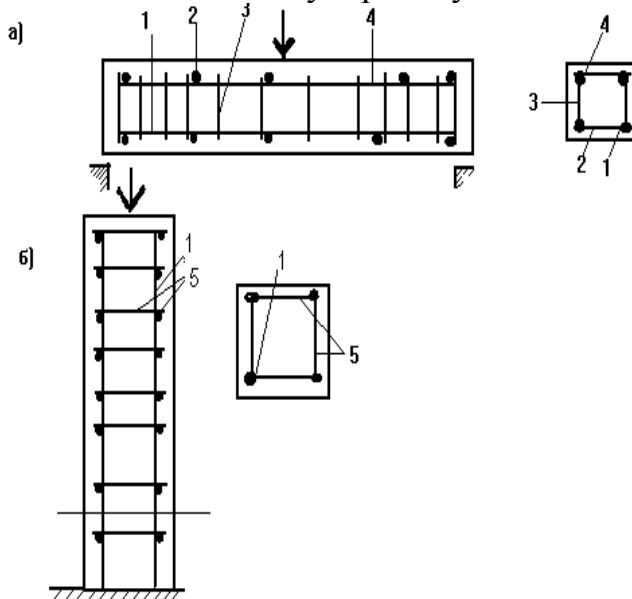


рис.6.3 Виды арматуры по назначению и расположению:

А- в балке; б- в колонне; 1- рабочая продольная; 2- конструктивная соединительная; 3- рабочая поперечная; 4 – конструктивная продольная; 5 – конструктивная поперечная.

По назначению арматура бывает рабочей, площади сечения которой определяется по расчету и которая призвана воспринимать усилия, возникающие в конструкции, и конструктивная, которая применяется из конструктивных и технологических соображений. По способу применения арматуру подразделяют на обычную (ненапрягаемую) и напрягаемую (преднапряженную). По расположению в армируемом элементе рабочая и конструктивная арматура может быть продольной и поперечной, внутренней и внешней. По характеру работы в составе конструкции арматуру делят на гибкую (стержневую, проволочную, канатную) и жесткую (несущую) из труб и прокатных стальных профилей – двутавров, уголков, швеллеров.

Физико – механические свойства арматуры зависят от химического состава стали, из которой сделана арматура, способа изготовления и обработки. Повышение прочности стали достигается увеличением количества углерода, а также введением различных легирующих добавок – марганца, хрома, кремния и др. Однако многие легирующие добавки, повышая прочность стали, одновременно снижают ее деформативность, свариваемость и другие полезные свойства, повышают стоимость.

Используются еще два пути повышения прочности стали без изменения ее химического состава – термическое и механическое упрочнение.

При термическом упрочнении осуществляется закалка арматурной стали (нагрев до 800...900⁰С и быстрое охлаждение), а затем отпуск (нагрев до 300...400⁰С и медленное охлаждение).

Классификация арматурных сталей. Арматура в зависимости от ее основных механических характеристик, таких, как прочность, деформативность и некоторые другие, делится на классы. Классы арматуры можно разделить на две основные группы.

1. Стержневая арматура разделяется на шесть основных классов: А-II, А-III, А-IV, А- V, А-VI. Если арматура подвергнута упрочнению с помощью термообработки, то в ее обозначение вводится индекс «т»: А_т-II, А_т-III, А_т-IV, А_т- V, А_т-VI. В случае, если арматура упрочнена деформированием вытяжкой, то добавляется индекс «в»: А-II_в, А-III_в. Так как термически упрочненную сталь не рекомендуется сваривать и она обладает повышенной коррозионной незащищенностью (потому что в месте сварки теряется прочность стали, и после термообработки появляются микротрещины, являющиеся очагами коррозии), то для арматуры, прошедшей специальную обработку для снижения этих нежелательных последствий термообработки, вводятся индексы «с» - сварка разрешается и «к» - повышенная коррозионная

стойкость, например: A_T-IV_k , A_T-V_{ck} , A_T-VI_k , A_T-III_c .

Стержневая арматура класса А-I имеет гладкую поверхность, остальные классы – периодический профиль. Арматурная сталь классов А-IA-II, А-III имеет площадку текучести, а арматура классов А-IV, А-V, А-VI и термически упроченная арматура имеют условный предел текучести.

2. Проволочная арматура разделяется на три класса: B_p-I , В-II, B_p-II . Индекс «р» в обозначении класса арматурной проволоки то, что она имеет периодический профиль – рифленая.

3. Канатная арматура разделяется на два класса К-7 и К-19. Она изготавливается из арматурной проволоки класса В-II соответственно из 7 и 19 проволок путем свивки. В процессе свивки проволоки деформируются, плотно прилегают друг к другу, в результате канаты имеют периодическую поверхность, что обеспечивает хорошую сцепляемость с бетоном.

Применение арматурной стали в конструкциях. В качестве ненапрягаемой рабочей арматуры применяют арматуру классов А-II и А-III. Для конструктивной, монтажной, поперечной арматуры следует использовать классы А-I, B_p-I , а также классы А-II и А-III.

В качестве напрягаемой следует применять арматуру классов: А-IV, А-V, А-VI, A_T-IV , A_T-V , A_T-VI проволочную и канатную. Если конструкция имеет длину более 12м, то следует применять арматуру классов А-IV, А-V (ее можно сваривать), а также В-II, B_p-II , К-7, К-19.

Арматурные изделия. Ненапрягаемую арматуру (Рис – 6.4.) изготавливают, как правило, в виде сварных сеток и каркасов. Стандартные сетки могут быть рулонными с диаметром продольной арматуры не более 7мм и длиной, ограниченной массой рулона 900...1300кг, и плоскими длиной не более 9м. Стандартные сетки изготавливаются из арматуры классов B_p-II и А-III диаметром не более 10мм.

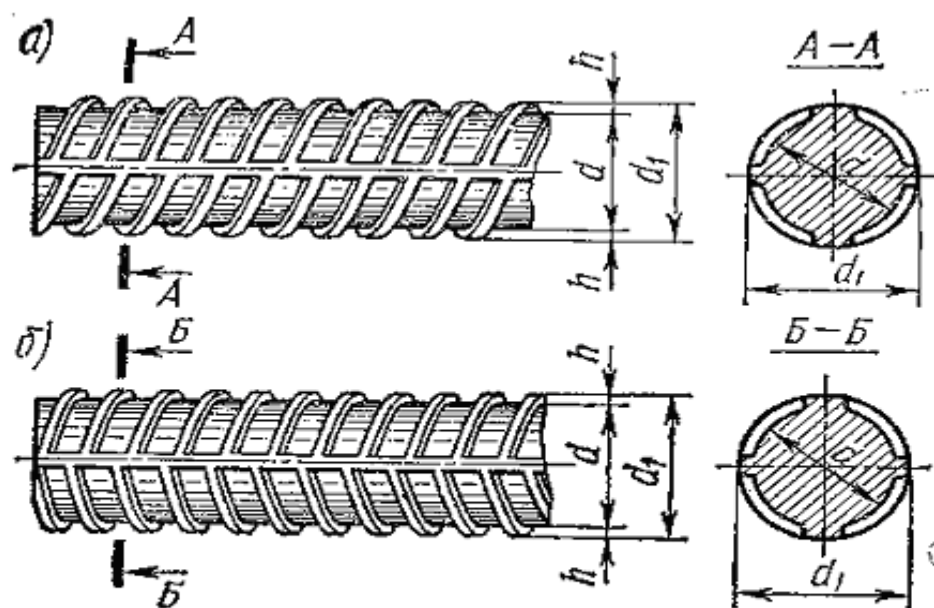


Рис. 6.4. Горячекатаная арматурная сталь периодического профиля

Каркасы изготавливают из одного или нескольких продольных стержней и приваренных к ним поперечных стержней. Из условия качественной сварки соотношения диаметров продольного и поперечного арматурных стержней в каркасе должно быть не менее 1/3.

Совместная работа арматуры с бетоном является залогом надежной работы железобетонной конструкции. Совместная работа арматуры с бетоном обеспечивается для арматуры периодического профиля благодаря сцеплению ее с бетоном. Если арматура гладкая или надежное сцепление не может быть обеспечено по каким – либо причинам, то совместная работа арматуры с бетоном осуществляется с помощью специальных мероприятий.

Совместная работа арматуры и бетона необходима для того, чтобы напряжения в арматуре достигли расчетных значений. Это обеспечивается анкеровкой арматуры в бетоне. Анкеровка арматуры (закрепление ее в теле бетона) осуществляется благодаря сцеплению. Длина зоны анкеровки $l_{ан}$ зависит от ряда факторов: от вида напряженного состояния бетона (сжат или растянут), от вида поверхности арматуры, диаметра, прочности арматуры и бетона. Длина анкеровки должна быть не менее 200мм для арматурного стержня в сжатом бетоне и не менее 250мм для растянутой арматуры, расположенной в растянутом бетоне.

6.4. Расчёт элементов железобетонных конструкций.

Предельными состояниями конструкции называют такие состояния, когда

конструкция перестаёт сопротивляться внешним нагрузкам или же когда в ней возникают недопустимые перемещения или местные повреждения. Все предельные состояния разделены на две группы: I группа – по несущей способности; II группа – по пригодности к нормальной эксплуатации.

Расчёт по I группе предельных состояний обеспечивает конструкцию от хрупкого, вязкого или иного вида разрушения (расчёт по прочности с учётом в необходимых случаях прогиба перед разрушением); от потери устойчивости формы конструкции (расчёт на устойчивость для тонкостенных железобетонных конструкций) или от потери положения конструкции (расчёт на опрокидывание и скольжение подпорных стен и т.п.); от разрушения подсовместным воздействием силовых факторов и неблагоприятного влияния внешней среды (попеременное замораживание и оттаивание, влияние агрессивной среды). Расчёт по II группе предельных состояний обеспечивает конструкцию от образования или чрезмерного раскрытия трещин, от чрезмерных перемещений (прогибов, углов поворота или перекоса, колебаний). Расчёт по предельным состояниям производится для всех стадий работы конструкции и её элементов: изготовления, транспортирования, возведения и эксплуатации.

Расчёт по I группе предельных состояний. Основным видом расчёта для I группы предельных состояний является расчёт по прочности. Общее условие прочности, применительно к расчёту железобетонного элемента записывается так:

$$\gamma_n Q (q_n, \gamma_f, n_c) \leq \Phi (S, R_{bR}, R_{sR}, \gamma_{bi}, \gamma_{si}, 1/\gamma_b, 1/\gamma_s).$$

В левой части формулы – усилия Q от нормативных нагрузок q_n , умножаемые на коэффициенты надёжности по нагрузке γ_f и коэффициенты сочетания усилий.

Нормативные сопротивления бетона и арматурной стали. Для бетона вводятся два различных нормативных сопротивления: R_{bn} – временное сопротивление призм осевому сжатию (нормативная призменная прочность); R_{btm} – временное сопротивление осевому растяжению.

В частности, нормативная призменная прочность принимается по эмпирической формуле

$$R_{bn} = R_b^G (0,77 - R_b^G/R_l) \leq 0,72R_b^G.$$

Нормативные сопротивления бетона (с округлением) в зависимости от класса бетона по прочности на сжатие.

Для арматуры нормативное сопротивление R_{sn} с учётом разброса прочности принимают равными наименьшему (с вероятностью 0,95) контролируемому значению предела текучести–физического σ_T или же условного $\sigma_{0,2}$, соответствующего остаточному относительному удлинению 0,2%.

Расчёт по II группе предельных состояний. Основные виды расчёта для II группы предельных состояний и общий вид условий расчёта таковы:

A) расчёт по образованию трещин. Принимается, что трещины не появляются,

если максимально возможное усилие S от нагрузки меньше или по крайней мере равно усилию S_{cr} , которое может восприниматься сечением при растягивающих напряжениях $R_{t,ser}$ в бетоне перед образованием трещин $S \leq S_{cr}$;

Б) расчёт по раскрытию трещин. Трещины, раскрывшиеся в элементе под действием нагрузки на ширину a_{cr} , проверяются по условию $a_{cr} \leq a_{cr,i}$

В) расчёт по деформациям. Прогиб элемента f под нагрузкой не должен превышать предельного значения $f_{пред}$, принимаемого в зависимости от вида конструкции и её пролёта $f \leq f_{пред}$

6.4.1. Расчет изгибаемых элементов.

К изгибаемым элементам относятся балки, плиты. Балки – это линейные элементы, для которых $h \ll l$ (l – длина, $b \cdot h$ – размеры поперечного сечения). Плиты – плоские элементы, для которых $b \gg h \ll l$ (b – ширина плиты, h – её толщина).

В многопролётных плитах сетки в соответствии с эпюрой M размещают в пролётах – снизу, а на опорах – сверху. Например, рабочие стержни диаметром $d = 3-10$ мм размещают с шагом 100-200 мм, а поперечные стержни – с шагом 250-300 мм.

Два варианта исчерпания прочност и изгибаемого элемента по нормальным сечениям. В однопролётной железобетонной балке исчерпание несущей способности может произойти как от изгибающего момента M при небольшой или нулевой поперечной силе Q (нормальное к продольной оси элемента сечение $a-a$ в средней части пролёта), так и от поперечной силы Q при сравнительно небольшом значении M (наклонное сечение $b-b$ вблизи опоры). Поэтому расчёт прочности необходимо производить как по нормальным, так и по наклонным сечениям.

$$\xi_y = \omega / [1 + \sigma_{s1} (1 - \omega/1,1) / \sigma_{s2}]$$

$$\omega = \alpha - R_b / R_{bt}$$

Изгибаемые элементы – расчёт прочност и по нормальным сечениям по случаю 1. Прямоугольное сечение с одиночной арматурой. Для такого сечения внутренние усилия в предельном состоянии равны $R_s A_s$ – в растянутой арматуре, $R_b A_b$ – в сжатом бетоне.

Площадь сжатой зоны $A_b = b x$

$$R_s A_s - R_b b x = 0 \text{ или } R_s A_s = R_b b x.$$

Из условия $\Sigma M = 0$ определяют предельный момент сечения

$$M = R_b b x (h_0 - 0,5x) \text{ или } M = R_s A_s (h_0 - 0,5x)$$

Прочность будет обеспечена, если внешний момент M не превысит предельного момента внутренних сил $R_b b x (h_0 - 0,5x)$ или $R_s A_s (h_0 - 0,5x)$, поэтому окончательно условие прочности будет иметь вид $M \leq R_b b x (h_0 - 0,5x)$ или $M \leq R_s A_s (h_0 - 0,5x)$.

$$x = R_s A_s / R_b b,$$

$$\xi = x/h_0 = R_s A_s / b \cdot h_0 R_b = \mu R_s / R_b.$$

Для сокращения вычислений при расчёте прямоугольных сечений применяют вспомогательные таблицы. Для составления таблиц формулы приводят к виду

$$M = A_0 b h I_0 R_b; \quad A_s = M / \eta h_0 R_s$$

где $A_0 = (x/h_0)(1 - 0,5x/h_0) = \xi(1 - 0,5\xi);$
 $\eta = 1 - 0,5x/h_0 = 1 - 0,5\xi.$

Прямоугольное сечение с двойной арматурой.

$$M_y = A_y b h I_0 R_b, \text{ где } A_y = \xi_y (1 - 0,5\xi_y)$$

$$A_s' = (M - M_y) / [R_{sc} (h_0 - a')].$$

$$A_s = \xi_y b h_0 (R_b / R_s) + A_s' (R_{sc} / R_s).$$

На основе приведенных формул определяются или проверяются на несущую способность сечения железобетонных элементов.

6.4.2. Расчёт сжатых и растянутых элементов.

Сжатые элементы железобетонных конструкций – это верхние пояса и элементы решётки ферм, элементы арочных и рамных конструкций, ряд других конструктивных элементов.

Расчёт прочности. При расчётном эксцентриситете, равном нулю, и наличии только случайного эксцентриситета некоторые элементы прямоугольного сечения (с симметричной арматурой классов А-I, А-II, А-III при расчётной длине $l_0 \leq 20h$, разрешается рассчитывать по упрощенной методике, как центрально-сжатые.

Расчёт прочности. При этом для случая 1 считают, что сжатый бетон работает с расчётным сопротивлением R_b , а растянутая и сжатая арматура – с расчётными сопротивлениями R_s и R_{sc} соответственно; для случая 2 вместо действительной эпюры сжимающих напряжений (пунктир), принимают прямоугольную с ординатой R_b ; напряжения в арматуре S' (сжатой) считают равными расчётному сопротивлению R_{sc} , а в арматуре S – величине σ_s , меньшей расчётного сопротивления.

Условие прочности элемента ($\Sigma M = 0$) устанавливают из сравнения внешнего $M = Ne$ и внутреннего изгибающих моментов относительно оси, проходящей

через точку приложения равнодействующей усилий в арматуре S:

$$Ne \leq R_b b x (h_0 - 0,5x) + R_{sc} A_s' \cdot (h_0 - a'),$$

А высоту сжатой зоны определяют из условия равновесия сечения ($\Sigma X=0$):

$$N = R_b b x + R_{sc} A_s' - R_s A_s \text{ при } \xi \leq \xi_y \text{ - случай 1;}$$
$$N = R_b b x + R_{sc} A_s' - \sigma_s A_s \text{ при } \xi > \xi_y \text{ - случай 2.}$$

Причём для бетона класса В30 и ниже с ненапрягаемой арматурой классов от А-I до А-III принимают по формуле $\sigma_s = [2(1-\xi)/(1-\xi_y)-1] R_s$.

На основе данной теории и разработанного алгоритма создана комплексная компьютерная технология (см.Главу13.) по расчету и проектированию железобетонных конструкции «КРОУСС», которая позволяет автоматизировать весь процесс расчета и конструирования различной железобетонной конструкции.

Контрольные вопросы

1. Бетонные конструкции, свойства бетона
2. Железобетонные конструкции
3. Общие сведения о железобетонных конструкциях.
Свойство материалов.
4. Расчёт элементов железобетонных конструкций.
Изгибаемые элементы.
5. Расчёт элементов железобетонных конструкций.
Сжатые и растянутые элементы.
6. Современные технологии расчета и проектирования железобетонных конструкций.

ГЛАВА 7. МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ

Краткое содержание.

В данной главе даны общие сведения о металлических конструкциях, и материалы для металлических конструкций. Дана информация о стандартных сортаментах.

7.1. Общие сведения

Стальные конструкции благодаря высоким механическим характеристикам стали и показателям надёжности, связанной с однородностью структуры материала, применяют в ответственных сооружениях, при больших пролётах, высотных зданий и сооружений, при повышенных нагрузках. Из-за дороговизны и дефицитности стали стальные конструкции применяют лишь в тех случаях, когда это экономически выгоднее, чем железобетонные.

Стальные несущие конструкции применяют:

- 1) в одноэтажных производственных зданиях (стропильные конструкции при пролётах отапливаемых зданий 30 м и более; колонны высотой более 14,4м, а также меньшей высоты при грузоподъёмности кранов 500 т и более или при меньшей грузоподъёмности кранов, но с весьма тяжёлым режимом работы; при шаге колонн более 12м; подкрановые балки для кранов грузоподъёмностью 300 т и более или для кранов тяжёлого режима работы и др.);
- 2) в одноэтажных зданиях различного назначения (лёгкие решетчатые несущие конструкции при сетке колонн не менее 18×18м);
- 3) в многоэтажных зданиях (стальные каркасы зданий с нормативной временной длительной нагрузкой 3, 2 и 1МПа при сетке колонн соответственно 6×6, 6×9 и 6×12);
- 4) в инженерных сооружениях (крановые эстакады высотой более 13м и кранах грузоподъёмностью 500т и более;).

Понятие “металлические конструкции” объединяет в себе их конструктивную форму, технологию изготовления и способы монтажа, Уровень развития металлических конструкций определяется, с одной стороны, потребностями в них народного хозяйства, а с другой – возможностями технической базы, развитием металлургии, металлообработки, строительной науки и техники.

Металл как строительный материал Металл – древний строительный материал. Уже в сооружениях V в. до н. э. применялись простейшие железные элементы. Однако, в ряде стран, более широкое применение металла в

строительстве началось в конце XVIII в. после освоения промышленного производства стали.

В настоящее время сталь нашла массовое применение в строительстве (Рис.7.1.) и целесообразность ее использования возрастает с увеличением пролетов, высоты зданий и расчетных нагрузок. Особо выгодно применение металлических конструкций в отдаленных труднодоступных районах с суровыми природными – климатическими условиями, при наличии сейсмических нагрузок и сложных геологических условий строительства. По назначению – это промышленные и общественные большепролетные здания с пролетами до 100м и более, мосты, листовые конструкции газгольдеров и резервуаров, башни и мачты, каркасы многоэтажных зданий и т.п.

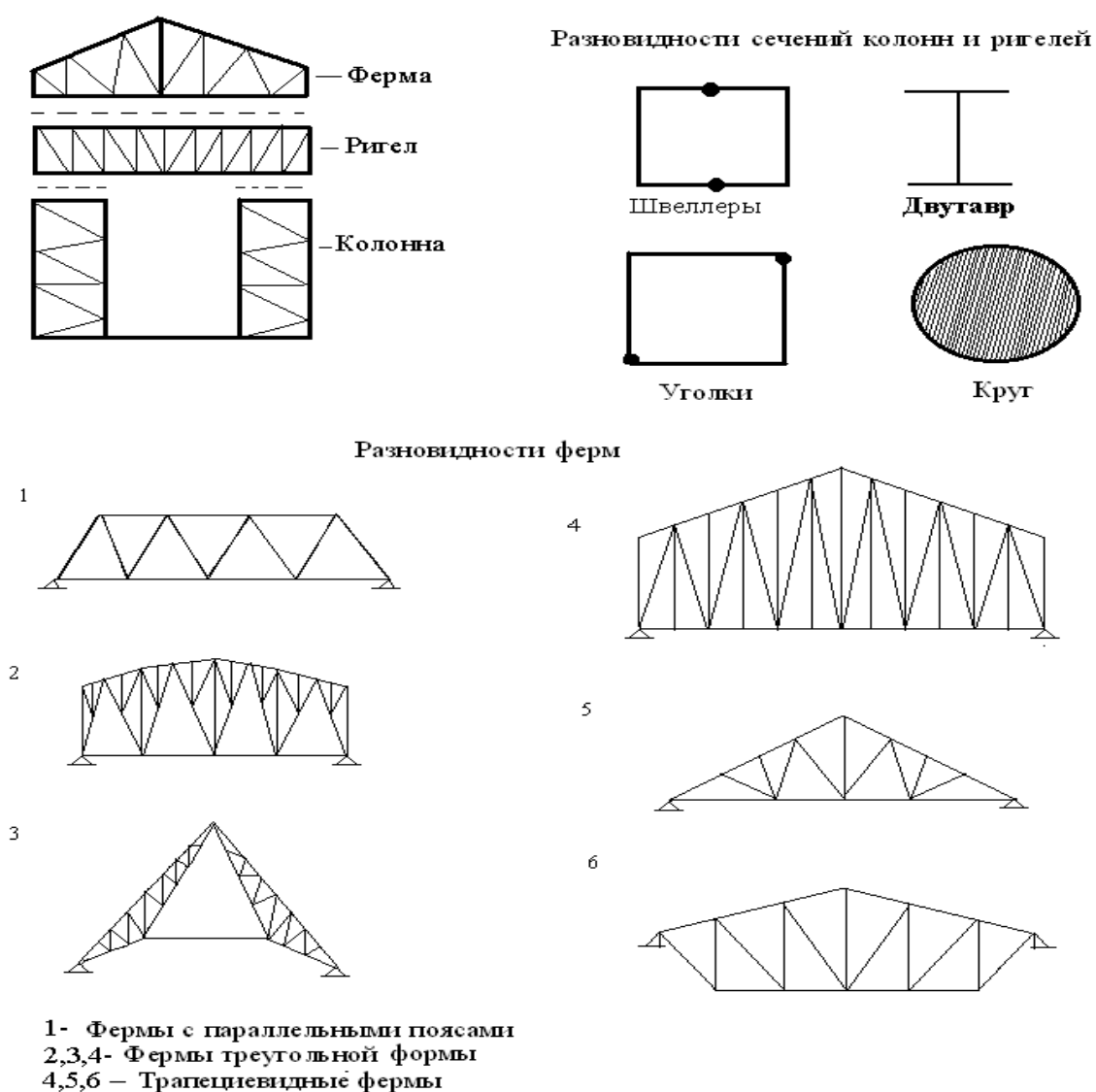


Рис.7.1. Варианты конструкций из металла

Исходя из этих положений, история развития металлических конструкций может, быть разделена на пять периодов:

Первый период (от XII в. до начала XVII в.) характеризуется применением металла в уникальных по тому времени сооружениях (дворцах, церквях и т.д.) в виде затяжек и крепов для каменной кладки.

Второй период (от начала {XVII в. до конца XVIII в.)) связан с применением наклонных металлических стропил и пространственных купольных конструкций (корзинок) глав церквей.

Третий период (от начала {XVIII в. до середины XIX в.) связан с освоением процесса литья чугунных стержней и деталей. Первой чугунной конструкцией в России считается перекрытие крыльца Невьянской башни на Урале (1725 г.). В Петербурге был построен первый чугунный мост Совершенства чугунных конструкций в России достигли в середине XIX в.. Уникальной чугунной конструкцией 40-х годов XIX в. является купол Исаакиевского собора, собранный из отдельных косяков в виде сплошной оболочки.

Четвёртый период (с 30-х годов XIX в. до 20-х годов XX в.) связан с быстрым техническим прогрессом во всех областях, техники того времени и в частности, в металлургии и металлообработке.

Пятый период (после революционный) начинается с конца 20-х годов, с первой пятилетки, когда молодое социалистическое государство приступило к осуществлению широкой программы индустриализации страны.

Основы расчёта металлических конструкций. Метод расчёта по предельным состояниям.

Цель расчёта строительных конструкций рассчитывает на силовые и другие воздействия, определяющие их напряженное состояние и деформацию по предельным состояниям.

В расчётах конструкций на действие статических и динамических нагрузок и воздействий, которым они могут подвергаться в течение строительства и заданного срока службы, учитываются следующие предельные состояния:

первой группы – по потере несущей способности и полной непригодности к эксплуатации конструкций;

второй группы – по затруднению нормальной эксплуатации сооружений.

К предельным состояниям так же относятся:

1. Общая потеря устойчивости формы
2. Потеря устойчивости положения
3. Разрушение любого характера
4. Переход конструкции в изменяемую систему
5. Качественное изменение конфигурации

Состояния, при которых возникает необходимость прекращения эксплуатации в результате текучести материала, сдвигов в соединениях, ползучести, недопустимых остаточных или полных перемещений или чрезмерного раскрытия трещин.

Первая группа по характеру предельных состояний разделяется на две подгруппы: по потере несущей способности (первые пять состояний) и по непригодности к эксплуатации (шестое состояние) вследствие развития недопустимых по величине остаточных перемещений (деформаций).

Предельные состояния первой группы проверяются расчётом на максимальные (расчётные) нагрузки и воздействия, возможных наиболее при нарушении нормальной эксплуатации, предельные состояния второй группы – на эксплуатационные (нормативные) нагрузки и воздействие, отвечающие нормальной эксплуатации конструкций.

7.2. Достоинства и недостатки металлических конструкций

Металлы обладают высокой **надежностью и долговечностью**, что является следствием их однородности и изотропности. Эти их свойства положены в основу разработки теории расчета. Поэтому гипотеза о сплошности и изотропности материалов в сопромате наиболее точно описывает поведение под нагрузкой именно металлов.

Металлы имеют **высокую прочность**, вследствие чего при малых сечениях металлические элементы могут воспринимать большие усилия. **Самый высокий среди строительных материалов модуль упругости** имеет сталь - $E_{ст} = 2,06 \cdot 10^5$ МПа ($2 \cdot 10^6$ кгс/см²), поэтому применения и деформации стальных элементов малы. Для алюминиевых сплавов модуль упругости $E_{ал} = 0,7 \cdot 10^5$ МПа, т.е. алюминий в 3 раза более деформативен, чем сталь. Поэтому при прочих равных условиях алюминиевые балки, например, имеют в 3 раза большие прогибы, чем стальные.

Металлические конструкции обладают высокой транспортабельностью, которая позволяет при малых затратах доставлять их в труднодоступные удаленные районы. Сплошность материала и герметичность соединений позволяет осуществлять в металле водо – и газонепроницаемые сооружения, например, газгольдеры и резервуары. Металлические конструкции **индустриальные и изготавливаются на специализированных предприятиях**, кроме того, они удобны в эксплуатации, легко усиливаются и ремонтируются. **Недостатки металлических конструкций:**

1. Низкая огнестойкость. При температурах свыше 400⁰С для сталей и 200⁰С для алюминиевых сплавов начинается ползучесть металлов, которая проявляется в развитии пластических деформаций при постоянной нагрузке.

2. Подверженность коррозии. Защитой стали от коррозии является окраска масляной краской, оцинкование. Разработаны также специальные стали, устойчивые против коррозии, например сталь «Кор -Тен». Алюминиевые сплавы коррозиестойчивы и не требуют антикоррозионной защиты, что выгодно отличает их от стали.

3. Высокая стоимость. Средняя стоимость 1 т стальных конструкций в далее составляет 250..300 руб., из них стоимость самого материала порядка 150 руб. Стоимость 1 т конструкций из алюминиевых сплавов в 8-5 руб раз больше, что в определенной степени компенсируется их малым весом по сравнению со стальными конструкциями.

7.3. Материалы для металлических конструкций

Сталь благодаря высоким механическим характеристикам и однородности структуры применяют в ответственных сооружениях, при больших пролётах и высотах зданий и сооружений, при повышенных нагрузках. Однако из-за дороговизны и дефицитности металла стальные конструкции применяют в основном в тех случаях, когда они экономически значительно выгоднее железобетонных. Используются также конструкции из алюминиевых сплавов.

Марки строительных сталей. Сталь представляет собой сплав железа с углеродом. Углерод повышает прочность стали, но снижает ее пластические свойства и ухудшает свариваемость. Поэтому для сварных конструкций применяют только низкоуглеродистые стали с содержанием углерода не более 0,25%.

Сталь обыкновенного качества по ГОСТ у 380-71 поставляется по тем группам – А,Б и В, при этом в несущих строительных конструкциях применяется сталь группы В. Завод – изготовитель гарантирует механические свойства и химический состав стали, гарантирует механические свойства и химический состав стали, что оговорено в ГОСТе. Сталь группы В включает в себя следующие марки: ВСт1, ВСт2, ВСт3, ВСт4, ВСт5. Цифры обозначают условный порядковый номер марок, которые различаются процентным содержанием углерода. Спокойная сталь содержит весь кислород в химически связанном состоянии, она дороже кипящий на 10..12% и применяется в конструкциях, эксплуатируемых, например в подкрановых балках, фасовках стропильных ферм и т. д.

Современное развитие техники потребовало производство сталей более высокой прочности. Этому требованию отвечают низколегированные стали, например, марок 09Г2, 10Г2С1 и др. В обозначении марок, которые состоят из букв и цифр, буквы характеризуют наличие химических элементов: А – азота, Г-марганца, Д-меди, М-молибдена, Н-никеля,С-кремния, Ф-ванадия, Х-хрома, Ю- алюминия, а цифры после буквы указывают процентное содержание легирующим элемента. Например, сталь 09Г2С расшифровывается следующим образом: содержание углерода – 0,09%, марганца – до 2%, кремния – до 1%.

Вредными примесями являются сера, приводящая к красноломкости, и фосфор, приводящий к хладноломкости стали. Содержание этих элементов не должно превышать 0,04 и 0,035% соответственно.

В зависимости от гарантируемых характеристик для низколегированных сталей установлено 15 категорий поставок; чем она сталь, тем лучше качество стали. В строительстве используется сталь 2,6,7,9,12,13 и 15-й категорий. Часто применяемые марки низколегированных сталей: 09Г2С, 10Г2С1, 14Г2, 15ХСНД.

В последние годы широкое распространение получают стали повышенной и высокой прочности: 14ГАФ, 16ГАФ, 18Г2АФ.

Для выбора марки стали все конструкции разделены на четыре группы в зависимости от степени ответственности и условий эксплуатации:

1. Конструкции, работающие в особо тяжелых условиях или подвергающиеся непосредственно воздействию динамических нагрузок (подкрановые балки, фасовки ферм, пролетные строения и т.д.).

2. Конструкций или их элементы, работающие при статической нагрузке на растяжение, изгиб, изгиб с растяжением (фермы, ригели рам, балки перекрытий и покрытий и т.д.).

3. Конструкции или их элементы, работающие при статической нагрузке на сжатие и сжатие с изгибом (колоны, стойки, опорные плиты, прогоны покрытий и т.д.).

4. Вспомогательные конструкции (связи, элементы фахверка, лестницы, ограждения и т.д.).

Из обширного перечня прокатных профилей, выпускаемых металлургическими заводами в настоящее время наибольшее применение находят уголки равнополочные, уголки неравно полочные, двутавры обыкновенные, двутавры широкополочные, швеллеры, трубы, полосовая и листовая сталь и гнутые профили, которые выпускаются в соответствии с ГОСТами.

Алюминиевые сплавы применяют при необходимости снижения массы зданий, в несущих и ограждающих конструкциях стационарных и сборно-разборных зданиях в виде прокатных, прессованных и штампованных профилей из алюминиевых сплавов марок АМ М, 2М, АДЗ1Т и др.

7.4. Расчет металлических конструкций

Нормативные и расчетные сопротивления прокатной стали В качестве нормативного сопротивления при растяжении, сжатии и изгибе для сталей обычной и повышенной прочности в СНиП принят предел текучести σ_T , соответствующее нормативное сопротивление обозначают R_{yn} . В особых случаях (когда допустимо развитие больших пластических деформаций) для этих сталей в качестве нормативного сопротивления используется временное сопротивление (предел прочности) σ_B . В этом случае нормативное сопротивление обозначают R_{un} .

На металлургических заводах предел текучести стали контролируют выборочным путём, поэтому в конструкции может попасть материал с худшими свойствами, чем это установлено ГОСТом. Расчётные сопротивления для прокатной стали R_y , R_u равны нормативным R_{yn} , R_{un} , делённым на коэффициент надёжности по материалу γ_m ; численно величина γ_m принята равной.

Расчет металлических конструкций осуществляются в зависимости от их напряженно-деформированного состояния

Центрально-растянутые элементы. Работа растянутого элемента под нагрузкой полностью соответствует диаграмме работы материала при растяжении. Центрально-растянутые элементы рассчитывают по формуле

$$N/A_n \leq R_y \gamma_c,$$

Центрально-сжатые элементы. Расчёт центрально-сжатых элементов ведут по 1 группе предельных состояний. При этом расчёт ведётся по прочности – для коротких стержней, длина которых превышает наименьший поперечный размер не более чем в 5-6 раз; по устойчивости – для длинных гибких стержней. Короткие стальные стержни при работе на сжатие ведут себя так же, как и растянутые элементы, поэтому их рассчитывают на прочность по формуле растянутых стержней:

$$N/A_n \leq R_y \gamma_c,$$

Проверка устойчивости стержней, сжатых осевой силой, производится по формуле

$$N(\varphi A) \leq R_y \gamma_c,$$

Гибкостью стержня λ называют отношение его расчётной длины l_0 к радиусу инерции сечения i , который является функцией момента инерции и площади сечения брутто:

$$\lambda_x = l_{0x}/i_x; \lambda_y = l_{0y}/i_y; i_x = \sqrt{I_x/A}; i_y = \sqrt{I_y/A}$$

Внецентренно сжатые элементы. Для коротких внецентренно сжатых элементов предельные состояния определяются несущей способностью по прочности. Расчёт таких элементов в общем случае производят по формуле

$$N/A_n \pm M_{xy}/I_{xn} \pm M_{yx}/I_{yn} \leq R_y \gamma_c$$

Изгибаемые элементы. Расчёт изгибаемых элементов ведут по предельным состояниям обеих групп. Предельные состояния 1 группы для изгибаемых элементов определяются вязким, хрупким или усталостным разрушением или потерей устойчивости, 2 группы – развитием чрезмерных деформаций, нарушающих нормальные условия эксплуатации конструкций.

Расчёт изгибаемых элементов применительно к случаю вязкого их разрушения производится по формулам: $M/W_{n,min} \leq R_y \gamma_c$; $\tau = QS/(It) \leq R_s \gamma_c$.

7.5.Применения металлических конструкций

Строительные стали. В зависимости от химического состава и механических свойств их делят на две основные группы:

1. малоуглеродистая сталь обыкновенного качества, механические свойства которой зависят в основном от содержания углерода;
2. низколегированная сталь, содержащая легирующие добавки, повышающие прочность, ударную вязкость, а также стойкость против коррозии.

По способу приготовления стали бывают мартеновскими и кислородно – конверторными (их изготавливают кипящими, спокойными и полуспокойными). Кипящую сталь сразу разливают из ковша в изложницы; она содержит значительное количество растворенных газов. Спокойная сталь – это сталь, выдержанная некоторое время в ковшах.

Величины основных физических характеристик стали: плотность $\rho = 7850 \text{ кг/м}^3$, модуль продольной упругости $E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$, модуль сдвига $G = 84 \cdot 10^3 \text{ МПа}$, коэффициент линейного расширения $\varepsilon = 0,00012 \text{ град}^{-1}$ (см ..Таблицу 7.1!).

Для строительных конструкций применяют в основном следующие стали:

1) сталь малоуглеродистую обыкновенного качества марки ВСт3. Буква В указывает, что сталь поставляется одновременно по механическим свойствам и химическому составу. Степень раскисления обозначается индексами («кп» - кипящая, «пс» - полуспокойная и «сп» - спокойная), которые указываются после обозначения марки стали, например ВСт3сп. При повышенном содержании марганца после обозначения марки ставят букву Г, например ВСт3Гпс. В зависимости от нормируемых показателей (химического состава, механических свойств и ударной вязкости) сталь делят на категории – 1, 2, 3, 4, 5, 6, которые указывают после обозначения стали, например ВСт3пс5;

2) термически обработанную сталь марки СтТ.

3) сталь низколегированную марок 14Г2, 10Г2С1, 15ХСНД и др. Первые две цифры в обозначениях низколегированных сталей указывают содержание углерода в сотых долях процента; буквами обозначают легирующие элементы

(Г – марганец, С – кремний, Х – хром, Н – никель, Д – медь, А – азот, Ф – ванадий); цифра после буквы указывает содержание этого легирующего элемента в процентах, если оно превышает 1%.

Для низколегированных сталей (например, для стали 15ХСНД) диаграмма растяжения не имеет площадки текучести. Предел текучести условно принимается равным напряжению, при котором остаточное относительное удлинение равно 0,2%. Условный предел текучести в этом случае обозначают $\sigma_{0,2}$.

Рассмотрение диаграммы растяжения показывает, что после достижения предела текучести несущая способность материала исчерпывается, так как при дальнейшем заглублении деформации становятся очень значительными и не могут быть допущены при нормальной эксплуатации большинства строительных конструкций. Поэтому предел текучести обычно является предельным напряжением. Величина его для каждой марки стали может колебаться в определенных пределах.

Механические свойства стали в зависимости от класса прочности

Таблица 7.1.

Класс прочности стали	Механические свойства при растяжении			Класс прочности стали	Механические свойства при растяжении		
	σ_b , МПа	σ_t , МПа	Относительное удлинение, %		σ_b , МПа	σ_t , МПа	Относительное удлинение, %
С 38/23	380	230	25	С 60/45	600	450	16
С 44/29	440	290	21	С 70/60	700	600	12
С 46/33	460	330	21	С 85/75	850	750	10
С 52/40	520	400	19				

Низколегированные стали, обладающие повышенной прочностью, причиняют для конструкций, испытывающих большие усилия или непосредственное воздействие динамических этих сталей дает (например, для подкрановых балок). Повышенное сопротивление низколегированных сталей хрупкому разрушению при низких температурах делает особенно целесообразным применение их для конструкций, работающих при расчетной температуре ниже - 40⁰ С. Применение низколегированных сталей, более дорогих, чем углеродистые обыкновенного качества, должно иметь технико – экономическое обоснование.

Алюминиевые сплавы. Плотность алюминиевых сплавов равна в среднем 2700 кг/м³, т.е почти в три раза меньше, чем у стали, а прочность сплавов мало отличается от прочности стали. Модуль продольной упругости алюминиевых сплавов равен 71 000 МПа – почти в три раза меньше, чем у

стали. Следовательно, деформации конструкций из алюминиевых сплавов значительно больше, чем деформации стальных конструкций. Коэффициент линейного расширения равен $0,000023 \text{ град}^{-1}$. Для строительных конструкций применяют следующие сплавы: алюминия с магнием, называемые магналиями, марок Амгб – М и Амгб1 – М; алюминия с медью и магнием – дюралюмины марок Д1-Т и Д16-Т; алюминия с магнием и кремнием – авиа ли марок АВ – Т1, АД31 – Т1, АД33 – Т1 и др.

7.5.1. Влияние температуры на работу стали и алюминиевых сплавов

Влияние температуры необходимо учитывать при проектировании конструкций, подвергающихся воздействиям высоких температур (вблизи печей и др.), а также открытых конструкций, испытывающих сезонное изменение температуры воздуха.

При повышении температуры до 200°C изменение механических свойств стали очень незначительны и могут не учитываться. В интервале температур от 200° до 300°C сталь делается хрупкой (синеломкость). При повышении температуры до 400°C появляется ползучесть, т.е. при постоянных напряжениях нарастают деформации. При температуре 600°C резко возрастает пластичность стали и теряется способность сопротивляться внешним воздействиям. При низких температурах снижается ударная вязкость стали, и она становится склонной к хрупкому разрушению, которое возможно для стали марки СтЗкп при температуре около -20°C , СтЗсп – около -40°C , а для низколегированных сталей ниже -50°C .

7.5.2. Коррозия стали и алюминиевых сплавов и меры борьбы с ней

Коррозия – разрушение поверхности металлов, вызываемое электрохимическими процессами, происходящими в материале. В результате коррозии уменьшается поперечные сечения и несущая способность элементов конструкций. Скорость коррозии выражается уменьшением толщины элементов конструкции (в мм) в течение одного года. Скорость коррозии зависит от степени агрессивности среды и от формы поперечных сечений конструкций. Скопление пыли на поверхности конструкций и периодическое ее смачивание увеличивают скорость коррозии. В наилучших условиях находятся конструкции, хорошо продуваемые воздухом. Исследования показали, что самой высокой стойкостью против коррозии обладают элементы трубчатого сечения. Стальные элементы двутаврового сечения, расположенные вертикально, корродируют сильнее, чем труб частые, а элементы, расположенные горизонтально, еще больше подвержены коррозии.

Очагами развития коррозии являются щели между элементами пакетов из листов или фасонных профилей. Коррозия стали наиболее интенсивна, когда в атмосфере есть сернистые или хлористые соединения. Скорость коррозии для углеродистой стали обыкновенного качества в обычных атмосферных условиях

равна 0,05мм/год, а в условиях промышленных предприятий – 0,01 мм/год и более. Для низколегированных от коррозии меньше.

Для предохранения от коррозии стальные конструкции тщательно очищают и покрывают масляной краской.

Покрытия по стропильным фермам. Покрытие состоит из кровли, несущего настила, прогонов (при прогонном решении), стропильных ферм и связей.

Основные несущие конструкции одноэтажного производственного здания – стропильные фермы. Для освещения и аэрации применяют фонари (на рисунке не показаны), опирающиеся на стропильные фермы. Опорами стропильных ферм служат стальные или железобетонные колонны.

Если расстояние между колоннами (продольный шаг колонн) больше расстояния между стропильными фермами (шага ферм), то последние опираются на колонны и подстропильные фермы.

Пролеты стропильных ферм (поперечный шаг колонн) принимают равными 18,24,36,42,48м, а шаг – 6 или 12м.

В случае прогонного решения по верхним поясам стропильных ферм укладывают стальные прогоны, несущие стальной профилированный настил или асбестоцементные волнистые листы. При шаге стропильных ферм 6м применяют прогоны из прокатных двутавров или швеллеров.

При беспрогонном решении железобетонные кровельные плиты или стальные панели, имеющие размер 3 х 6м, укладываются на стропильные фермы.

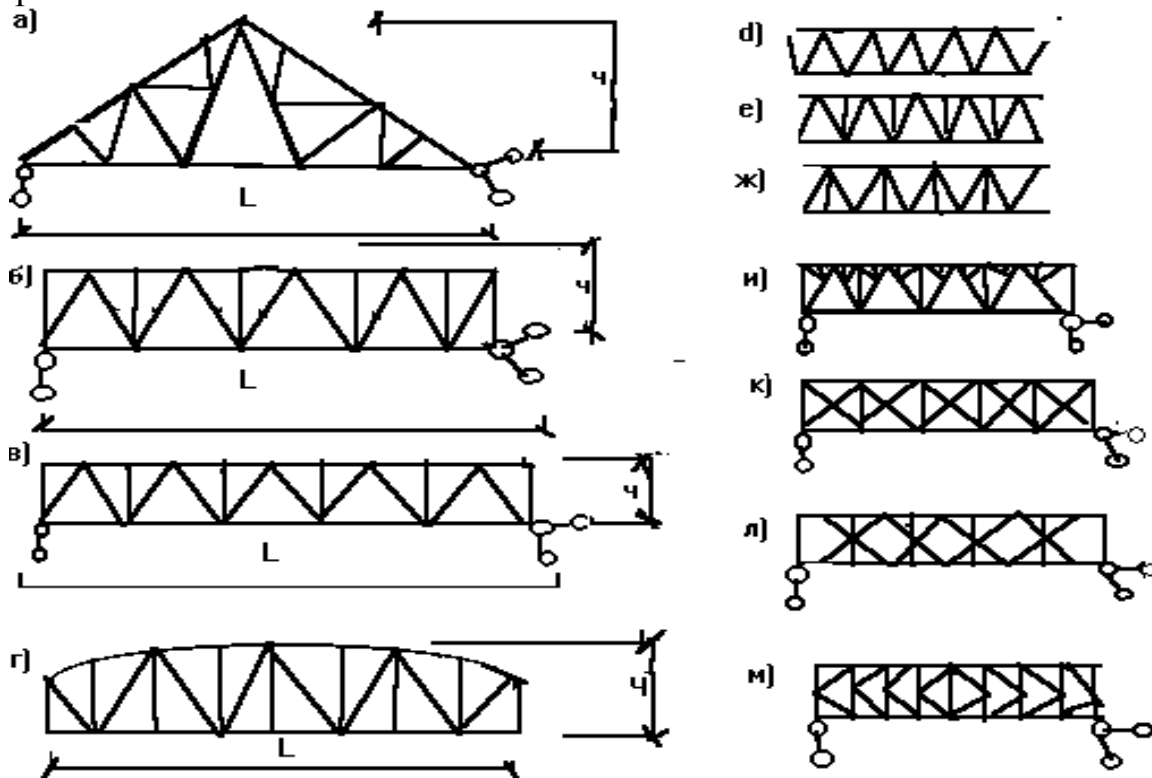


Рис. 7.2. Очертания ферм и их решеток.

а- треугольная; б- трапецевидная; в- с параллельными поясами; г- полигональная; д- раскосная решетка; е- раскосная решетка со стойками; ж- раскосная решетка с подвесками; и- шпренгельная решетка; к- крестовая решетка; л- ромбическая решетка; м- полу раскосная решетка.

Конструкции ферм. (Рис.7.2.) Стропильная ферма состоит из поясов верхнего и нижнего и элементов решетки – раскосов и стоек. Первые, опорные раскосы решетки называют, в зависимости от направления от опоры, восходящими или нисходящими. Опорные стойки изготавливают отдельно от ферм и соединяют с ними на болтах при монтаже. Восходящие опорные раскосы имеют подкосы, предохраняющие первые панели верхних поясов от повреждений при транспортировании и монтаже.

Конструкции колонн. Колонны совместно со стропильными фермами образуют поперечные рамы, являющиеся основными несущими конструкциями каркаса. Поперечные рамы воспринимают нагрузку от кровли, снега, кранов и ватера и, кроме того, обеспечивают жесткость каркаса здания в поперечном направлении.

Неизменяемость каркаса в продольном направлении создается устройством связей колонн, каждая из которых состоит из распорок и решетчатых систем, элементы которых имеют тавровое сечение из двух уголков и располагается между двумя колоннами. Остальные колонны соединяются со связями при помощи распорок, имеющих крестовое сечение из двух уголков, и подкрановых балок, выполняющих роль распорок.

Связи колонн воспринимают ветровую нагрузку, передаваемую на торцы здания, и усилия от продольного торможения кранов. Колонны опираются на железобетонные фундаменты и передают на них нагрузки через базы, развитые в плоскости поперечных рам и снеженные анкерными болтами.

При за значительных размерах зданий для уменьшения напряжений, вызываемых температурными деформациями конструкций каркаса, необходимо устройство температурных швов: поперечных и продольных. Поперечные температурные швы образуются парк колоннам у опор строительных ферм. Температурные швы делят здание на части, называемые температурными отсеками. Предельные размеры температурных отсеков при стальных колоннах.

Чтобы обеспечить свободу температурных деформаций конструкций каркаса, необходимо располагать связи колонн в середине длины здания или его температурных отсеков. При длине температурного отсека, близкой к предельной, рекомендуется располагать связи колонн в двух панелях, расстояния между которым (в осях) не должны превышать 50м для зданий и 30м для открытых эстакад.

Подкрановые балки. В зависимости от характера работы, мостовые краны разделяются на краны легко, среднего и тяжелого режимов работы.

Режим работы кранов зависит от коэффициента использования в течение года, числа включений в час, температуры окружающей среды, степени динамичности при эксплуатации и др. Пролеты подкрановых балок равны продольному шагу колонн – 6,12,18 или 24м. Подкрановые балки выполняются в большинстве случаев в виде сварных двутавров из трех листов.

По сравнению с рассмотренными в гл. 6 балками перекрытий подкрановые балки обладают следующими особенностями. Они воспринимают не только вертикальные нагрузки от массы крана и поднимаемого груза, но и горизонтальные усилия, вызываемые торможением тележки крана. Поэтому подкрановые балки, не связанные с другими конструкциями, должны обладать необходимой жесткостью в горизонтальной плоскости, что достигается уширением верхних поясов балок или устройством в их плоскости тормозных ферм. Кроме того, подкрановые балки воспринимают подвижные сосредоточенные динамические нагрузки, передаваемые колесами крана; это заставляет при конструировании балок предусматривать мероприятия, уменьшающие влияние концентрации напряжений, например, применение К-образных швов, обеспечивающих полный провар швов.

Подкрановые балки для легко и среднего режимов кранов выполняются из стали марки ВСтЗпсб, а для тяжелого режима работы – из стали марки ВСтЗспб или из низколегированных сталей марок 09Г2С или 15ХСНД. Экономически оправдано применение балок, в которых стенка выполняется из стали марки ВСтЗпсб, а пояса – из низколегированных сталей.

7.6. Стандартные сортаменты из материалов

Сортамент. Металлические конструкции изготовляют из элементов, получаемых покатою (листы и профильная сталь), прессованием (прессованные профили). Иногда применяют литые детали, например для опорных частей тяжелых конструкций. Элементы металлических конструкций имеют различные профили и размеры поперечных сечений, которые приведены в соответствующих сортаментах. На рисунке 7.2. приводятся наиболее распространенные стандартные сортаменты -профили, имеющие заводское производства

Сталь толстолистовая – толщина 4-160мм, применяется для изготовления листовых конструкций (резервуаров, газгольдеров и др.), стенок балок, фасонки ферм и др.

Сталь тонколистовая – толщины 0,5 –4мм, используется для изготовления гнутых профилей, устройства покрытий и т.п.

Сталь широкополосная универсальная – толщиной 4-60мм применяется для изготовления сварных балок и колонн.

Профильная сталь. Угловые профили – равнополочные и не

равнополочные имеют размеры полок до 250мм и применяются для изготовления ферм и других решетчатых конструкций. Швеллеры бывают обыкновенные с высотой сечения до 400мм и облегченные с более тонкой стенкой и высотой до 300мм. Двутавры также выпускаются обыкновенные и облегченные высотой соответственно до 700 и 300мм. Кроме того, двутавры изготавливаются широкополочными высотой сечения до 1000мм. Швеллеры и двутавры предназначены для изготовления балок и колонн.

Гнутые профили изготавливаются холодным способом (гнутьём или прокаткой) из листов толщиной 2-10мм. Профили предназначены для изготовления легких конструкций и могут иметь различную форму. Преимущество гнутых профилей по сравнению с прокатными – их большая жесткость. Фермы из гнутых профилей легче ферм из прокатных уголков примерно на 10%.

Электросварные трубы с толщиной 4-16мм и диаметром 60-500мм применяются преимущественно для изготовления ферм.

Листы из алюминиевых сплавов при толщине до 5мм получают холодной прокаткой, а при большой толщине – с нагревом слитков. Профили изготавливают матрицу с отверстием, соответствующим форме профиля. Прессование позволяет получать профили любой формы с минимальными толщнами стенок. Вследствие низкого модуля продольной упругости алюминиевых сплавов необходимо увеличивать жесткость кромок прессованных профилей. Это достигается усилением полок профилей бульбами.

Стоимость прокатных профилей составляет 95-170 руб./т, электросварных труб – 200 – 300 руб./т, а гнутых профилей – 105-120 руб./т.

Характеристика основных профилей сортамента. Первичным элементом стальных конструкций является прокатная сталь, которая выплавляется на металлургических заводах. Прокатная сталь, применяемая в стальных конструкциях, делится на две группы: сталь листовая – толстая, тонкая и универсальная; сталь профильная - уголки, швеллеры, двутавры, тавры, трубы и т.п. Изготовление на заводах металлических конструкций, различные элементы конструкций (балки, колонны, фермы и т.п.) собираются на строительных площадках в конструктивных комплексах – сооружения. Наличие готовых прокатных элементов и машинная их обработка на заводах обеспечивают индустриальное изготовление конструкций (Рис. 7.3).

Сталь листовая. Листовая сталь широко применяется в строительстве, она классифицируется следующим образом:

- сталь толстолистовая (ГОСТ 19903-74 с изм.).

Сортамент этой стали включает листы толщиной 04 до 160 мм, шириной от 600 до 3800 мм. Однако ходовая ширина не превышает 2400 мм. Листовая горячекатаная сталь поставляется в листах длиной 6-12 м. И толщиной до 160 мм или в рулонах толщиной от 1,2 до 12 мм и шириной от 500-2200 мм. Листы

толщиной от 6-26 мм. Имеют градацию по толщине через 1 мм, далее через 2,3,5 и 10 мм. Толстая листовая сталь имеет широкое применение в листовых конструкциях, а также в элементах сплошных систем (балках, колоннах, рамах и т.п.);

- сталь тонколистовая толщиной до 4 мм прокатывается холодным и горячим способами. Холодная сталь (ГОСТ 19904-74 с изм.). Тонкая значительно дороже горячекатаной (ГОСТ 19903-74, с изм.). Тонкая листовая сталь применяется при изготовлении гнутых и штампованных тонкостенных профилей, для кровельных покрытий и т.п. Из холоднокатаной, оцинкованной, рулонированной стали изготавливаются профилированные настилы;

- сталь широкополочная универсальная (ГОСТ 8200-70)

благодаря прокату между четырьмя валками имеет ровные края. Толщина такой стали от 6 до 60 мм, ширина от 200 до 1050 мм и длина от 5 до 12 м. Применение универсальной стали уменьшает трудоёмкость изготовления конструкция, так как не требуются резка и выравнивание кромок строжкой.

Угловые профили прокатывают в виде равнополочных (ГОСТ 8509-72, с изм.) и неравнополочных (ГОСТ 8510-72, с изм.) уголков (см. рис.4,1 б). Сортамент уголков весьма обширен от малых профилей с площадью сечения 1-1,5 квадратных см. до мощных профилей с площадью сечения 140 кв.см. Полки уголков имеют параллельные грани, что облегчает конструирование. Широкое применение уголки имеют в легких сквозных конструкциях. Рабочие стержни из уголков обычного компоются в симметричные сечения из двух или четырех уголков (рис.4.2, а). Более экономичны уголки с меньшими толщинами полок. В сжатых стержнях сечения, составленные из тонких уголков, обладают большей устойчивостью. В стержнях с отверстиями для болтов ослабление сечения отверстий тем меньше, чем тоньше полки.

Швеллеры. Геометрические характеристики сечения швеллеров определяются его номером, который соответствует высоте стенки швеллера (в сантиметрах). Сортамент (ГОСТ 8240-72, с изм.) включает швеллеры от № 5 до № 40 с уклоном внутренних граней полок. Уклон внутренних граней полок затрудняет конструирование. В ГОСТ входят и швеллеры с параллельными гранями полок, сечение которых имеет лучшие расчётные характеристики относительно осей X и Y и более конструктивны, так как упрощают болтовые укрепления к полкам. Швеллеры применяются в мощных стержневых конструкциях (мостах, большепролётных фермах и т.п.), а так же в колоннах, связях и кровельных прогонах.

Стержни из швеллеров, работающие на осевую силу, компоются в жёсткие относительно осей X и Y симметричные сечения (рис. 4.2, б).

Двутавры. Двутавры – основной балочный профиль – имеют наибольшее разнообразие по типам, которые соответствуют определённым областям применения.

Балки двутавровые обыкновенные (ГОСТ 8239-72 с изм.) также как и

швеллеры имеют уклон внутренних граней полок. Стенки у крупных двутавров имеют минимальную толщину, по условиям устойчивости достигают 1/55 высоты двутавра. Чем тоньше стенки, тем выгоднее сечение балки при работе её на изгиб. Двутавры применяются в изгибаемых элементах (балках), а также в ветвях решётчатых колон и различных опор, где для их устойчивости применяются основные сечения (см. рис. 4.2, в).

Балки двутавровые широкополочные имеют параллельные грани полок. Широкополочные двутавры прокатываются трёх типов: нормальные двутавры (Б), широкополочные двутавры (Ш), колонные двутавры (К). Высота балочных профилей (Б) и (Ш) достигает 1000 мм при отношениях ширины полок к высоте от $b : h = 1 : 1,65$ (при малых высотах) до $b : h = 1 : 1,25$ (при больших высотах).

Конструктивные преимущества (параллельность граней полок и мощность сечений) позволяют применять широкополочные двутавры в виде самостоятельного элемента (балки, колонны, стержни тяжелых ферм), не требующего почти никакой обработки, что снижает трудоёмкость изготовления конструкций в два, три раза.

Тонкостенные профили. Тонкостенные двутавры (ТУ 14-2-205-76) и швеллеры (ТУ 14-2-204-76) прокатываются на непрерывном стане с особо тонкими стенками и полками, что делает их экономичнее обычных прокатных профилей на 14-20%. Тонкостенные профили имеют высоту от 120 до 300 мм и полки с параллельными гранями. Применяются тонкостенные профили в балках площадок, фахверках, в легких перекрытиях и покрытиях.

Трубы. Стальные трубы, применяемые в строительстве, бывают круглые – горячекатаные (ГОСТ 8732-78 с изм.) и электросварные (ГОСТ 10704-76 с изм.) прямоугольного и квадратного сечения – электросварные (ТУ 36-22-2287-80 и ТУ 14-2-361-79).

Горячекатаные бесшовные трубы имеют диаметр от 25 до 550 мм с толщиной стенок от 2,5 до 75мм. Эти трубы применяются главным образом в конструкциях радио- и телевизионных опор.

Круглые электросварочные трубы имеют диаметр от 8 до 620 мм с толщиной стенок от 1 до 16 мм. Эти трубы применяются в элементах радио- и телевизионных опор и в конструкциях покрытий, в особенности, в зданиях с агрессивной средой.

Холодногнутые профили. Гнутые профили изготавливаются из листа ленты или полосы толщиной от 1 до 8 мм. По индивидуальным заказам и техническим условиям металлургических заводов можно получить гнутые профили самой разнообразной формы. Наиболее употребительны равнополочные и неравно полочные уголки, швеллеры С-образные, зетовые, замкнутые квадратного и прямоугольного сечения. Основная область применения – в легких конструкциях покрытие зданий. Где они, заменяя прокатные профили, могут дать экономию металла до 10%.

Различные профили и материалы, применяемые в строительстве.В

металлических конструкциях в сравнительно меньшем объёме применяются профили других конфигураций и материалы разного назначения (стальные канаты и проволока); профили для оконных и фонарных переплетов (ГОСТ 7511-73); крановые рельсы (ГОСТ 4121976 с изм.); двутавровые профили для путей подвешного транспорта (ГОСТ 19425-74 с изм.); стальные канаты и высокопрочная проволока для висячих и вантовых конструкций, покрытий зданий и сооружений, висячих и вантовых мостов, в антенно-мачтовых сооружениях и в предварительно напряженных покрытиях; оцинкованный профилированный настил (ГОСТ 14918-80 с изм.).

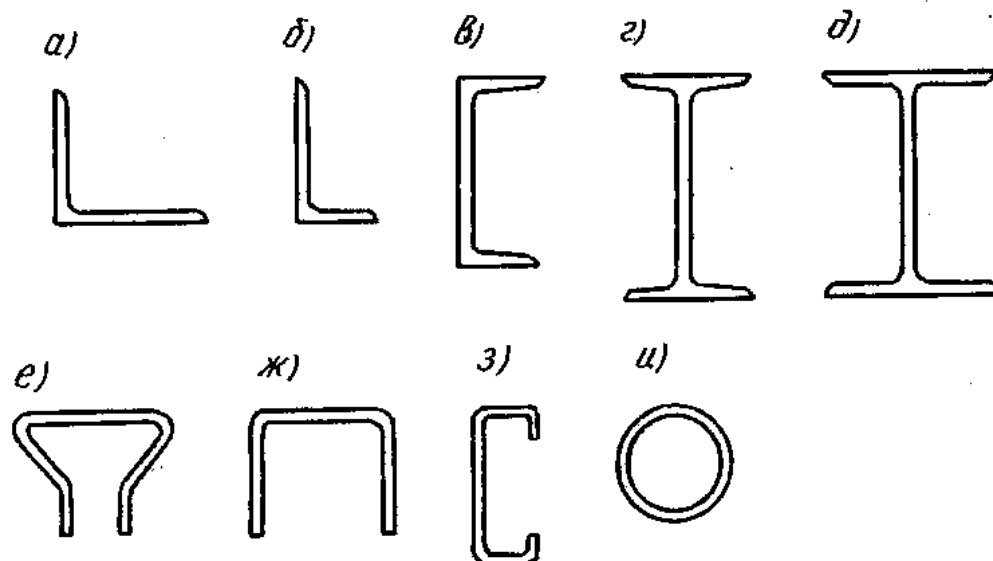


Рис.7.3.Строительные профили а)равнобокий уголок, б) неравнобокий уголок , в) швелер, г),д) тонкостенные двутавры , е),ж),з) гнутые профили, и) труба

Профили из алюминиевых сплавов. Строительные профили из алюминиевых сплавов получают прокаткой, прессованием или литьём. Листы, ленты и плиты прокатываются в горячем или холодном состоянии. Листы прокатывают толщиной до 10,5 мм, шириной до 2000 мм. и длиной до 7 метров. Фасонные профили, в том числе и полые (трубчатые), изготавливают горячим прессованием на гидравлических прессах.

Фермы. Системы ферм и область их применения в строительных конструкциях

Стальные фермы широко применяются в покрытиях промышленных и гражданских зданий, ангаров, вокзалов и т.п. Большепролётные мосты, радиобашни и мачты, опоры линий электропередачи и многие другие конструкции выполняются в виде стальных ферм.

Фермы по сравнению со сплошными балками экономичны по затрате металла, им легко придают любые очертания, требуемые условиями

технологии, работы под нагрузкой или архитектуры, они относительно просты в изготовлении.

Фермы применяют при самых разнообразных нагрузках : в зависимости от назначения им придают самую разнообразную конструктивную форму – от легких, прутковых конструкций до тяжёлых ферм, стержни которых могут компоноваться из нескольких элементов крупных профилей или листов. Наибольшее распространение имеют разрезные балочные фермы как самые простые в изготовлении и монтаже. Неразрезные и консольные системы ферм рациональны при большой собственной массе инструкции, так как в этом случае они могут дать значительную экономию металла. Кроме того, неразрезные фермы можно применять исходя из требований эксплуатации, так как они обладают большей жёсткостью и могут иметь меньшую высоту.

Башни и мачты представляют собой вертикальные консольные системы ферм. Соответствующие эксплуатационные или архитектурные требования могут обусловить применение арочных или рамных ферм.

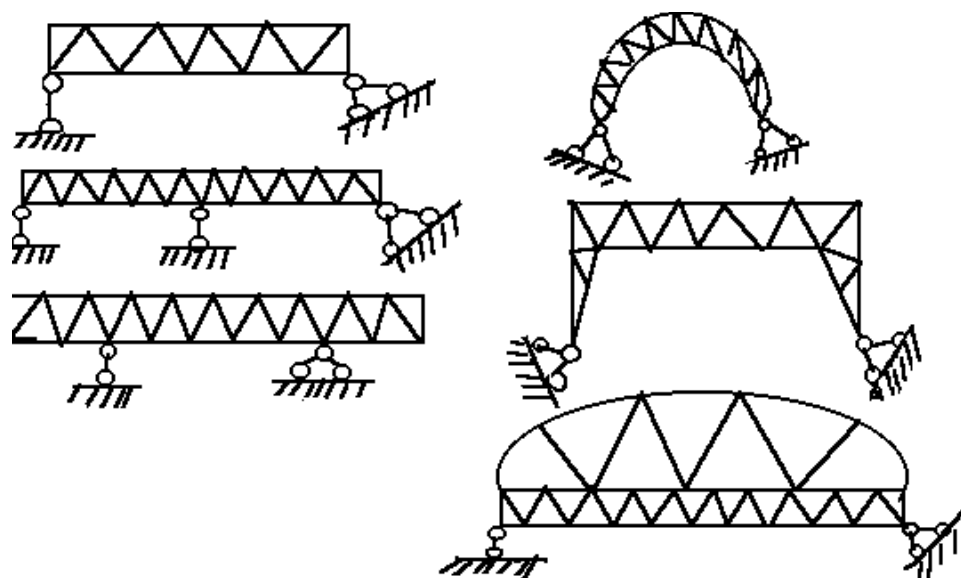


Рис.7.3. Типы ферм. а- балочная; б- двупролетная неразрезная; в- двух консольная; г- арочная; д- рамная; е- комбинированная.

Промежуточными между фермой и сплошной балкой являются комбинированные системы, состоящие из балки, усиленной либо снизу подвешенной цепью (шпренгельная балка) или сквозной фермой, либо сверху аркой или фермой. Распор цепи или арки, а так же поддерживающее воздействие элементов фермы уменьшают изгибающий момент балки. Комбинированные системы просты в изготовлении и рациональны в тяжёлых конструкциях, а также в конструкциях с подвижной нагрузкой. Возможность использования в комбинированных системах дешёвых прокатных балок

благоприятно сказывается на стоимости и трудоёмкости изготовления этих систем.

Эффективность ферм и комбинированных систем можно значительно повысить, создав в них предварительное напряжение.

В фермах подвижных крановых конструкций и покрытий больших пролётов, где уменьшение веса конструкций даёт большой экономический эффект, возможно применение алюминиевых сплавов. В дальнейшем подробно рассматриваются в основном стропильные фермы, наиболее широко применяемые в промышленном и гражданском строительстве.

7.7. Конструкции большепролётных и многоэтажных каркасных зданий

Большие пролёты, перекрываемые металлическими конструкциями, применяются в зданиях общественного и специального назначения и производственных зданиях.

Здания общественного назначения – театры, выставочные павильоны, концертные и спортивные залы, крытые стадионы, рынки, вокзалы и т.п. – имеют большие пролёты, обусловленные как эксплуатационными, так и архитектурными требованиями.

Различия в назначении большепролётных сооружений, условиях их эксплуатации и предъявляемых к ним архитектурных требованиях определяет применение весьма разнообразных конструктивных решений – балочных, рамных, арочных, пространственных и висячих - вантовых. Балочные и рамные системы чаще используются в большепролётных перекрытиях зданий с прямоугольным планом. Арочные системы имеют преимущество в архитектурном отношении: они экономичны при пролётах 80 м. и более. Наиболее экономичны по затрате металла пространственные системы в виде сетчатых или сплошных оболочек и складок, плоских структурных конструкций, куполов или шатров – при круглом или многоугольном плане здания.

Высотные сооружения. Высотными принято называть сооружения, высота которых намного превышает их размеры в поперечном сечении. К высотным сооружениям относятся высотные здания, опоры антенных сооружений связи (радио и телевидения), опоры воздушных линий электропередачи и открытых распределительных устройств, телевизионные и вытяжные башни, вентиляционные и дымовые трубы, осветительные и метеорологические вышки, маяки, водонапорные башни и т.п.. По конструктивной схеме все высотные сооружения могут быть разделены на два основных вида – башни и мачты.

Башни в большинстве случаев проектируют решётчатыми в виде пространственных ферм трёх или четырёхгранного, реже многогранного

очертания. С увеличением числа граней расход металла возрастает.

Ширина башни у основания назначается в достаточно широких пределах – от $1/12$ до $1/6$ высоты исходя из необходимости обеспечения требуемой жёсткости и экономических сооружений.

Мачта состоит из ствола, опирающегося на центральный фундамент, и оттяжек, закреплённых в анкерных фундаментах. Число ярусов крепления оттяжек к стволу и расстояние между ними принимаются в зависимости от высоты и назначения сооружения.

Контрольные вопросы.

1. Общие сведения о металлических конструкциях.
2. Материалы для металлических конструкций, виды сортаментных профилей.
3. Нормативное сопротивление прокатной стали при растяжении, сжатии и изгибе.
8. Расчётные сопротивления
9. Центральнорастянутые элементы.
10. Расчет центральносжатых элементов
11. О расчете внецентренно сжатых элементов
12. Особенности расчета изгибаемых элементов.

ГЛАВА 8. ДЕРЕВЯННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Краткое содержание. *Рассматривается область применения деревянных конструкций, виды, особенности и их свойства, а также меры по их защите.*

8.1 Общие свойства конструкций

Древесина – древнейший строительный материал. В странах Европы на протяжении многих веков создавались великолепные образцы деревянного зодчества. До XVIII века строительство велось главным образом из дерева, и постройки из него были столь совершенны в художественном и конструктивном отношении, что породили своеобразный стиль архитектуры, известный под названием деревянного зодчества.

Породы древесины, применяемые в строительстве. Хвойная древесина характеризуется при небольшой плотности достаточной прочностью меньше подвержена усушке и разбуханию. К лиственным породам, применяемым в строительстве, относятся бук, дуб, береза, осина.

Вследствие пористого строения древесина характеризуется низкой теплопроводностью, что обуславливает ее широкое применение в ограждающих конструкциях отапливаемых зданий. Толщина деревянных стен принимается значительно меньше, чем кирпичных, так как брус толщиной 15 см, например,

по теплопроводности эквивалентен кирпичной стене толщиной 51см, т.е. в два с половиной кирпича.

Деревянные несущие и ограждающие конструкции применяют в зданиях и сооружениях, возводимых в районах, лесной фонд которых имеет эксплуатационное значение, а также в районах расположения производственных баз по изготовлению таких конструкций. В других районах страны такие конструкции используют в зданиях с агрессивной средой по отношению к железобетонным или стальным конструкциям, а также в сборно-разборных конструкциях различного назначения при заводском изготовлении.

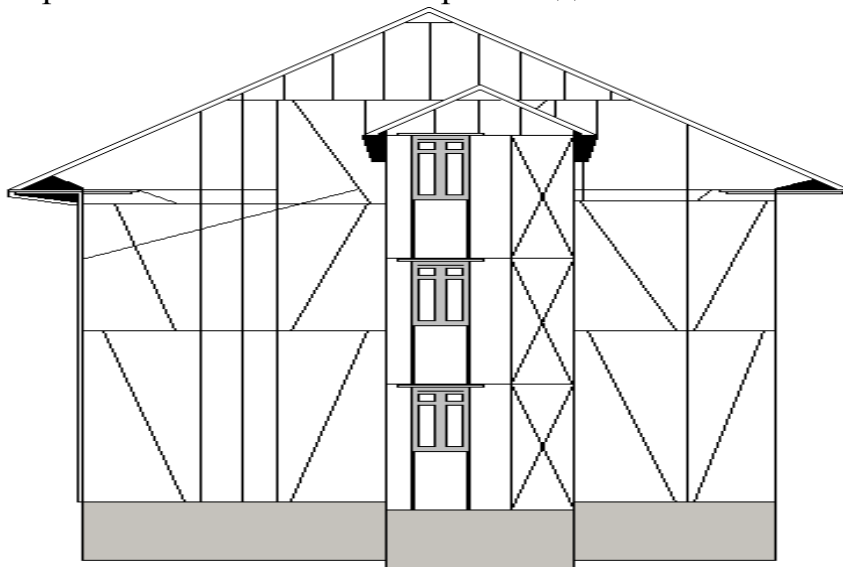


Рис.8.1.Схема конструкции из дерево – Синч.

Деревянные конструкции, как правило, рекомендуются для возведения одно- и двухэтажных жилых (Рис.8.1.) и общественных зданий, зрительных залов, мостов, сельскохозяйственных помещений и складов минеральных удобрений, для опор линий электропередачи напряжением до 35кВ (в отдельных случаях до 22кВ), линий связи и др.

Наряду с господствующими в настоящее время видами строительства из камня, бетона, стали, смешанных строительных конструкций проектировщикам нередко предлагаются деревянные конструкции. Области, где они могут применяться, значительно расширились в связи с развитием новых приёмов в строительстве. Широкому распространению дерева как строительного материала способствует **легкость его заготовки и обработки, вне сезонность применения, химическая стойкость, диэлектрическая стойкость, а также высокая показатели физико-механических свойств при малой плотности.** Основные возможности, обусловленные природными свойствами древесины как строительного материала, остаются прежними. Однако в связи с применением новой техники соединений и возможностью получения различных комбинаций строительства из дерева и древесных

материалов стали многообразие.

Решение возвести здание из дерева, возникает в особенности тогда, когда это позволяет оптимально использовать его качества и показать, что при строительстве может быть выявлена красота дерева, заключаясь в его свойствах.

Причина широкого распространения используемых в настоящее время деревянных строительных конструкций главным образом ферм покрытий, а также каркасов и деревянных панелей кроется в основных закономерностях строительства из дерева, которые за тысячелетия по мере технического прогресса выделились и определились. Наглядным показателем служит удельная прочность материала – отношение его расчетного сопротивления R выраженного в МПа $\frac{R}{\rho}$ к плотности ρ тс/м³ отношение представляющую собой высоту столба данного материала, имеющего в своём основании напряжение равное расчетному сопротивлению, которая равна:

для древесины из сосны с на сжатие и изгиб $1300/0,5=2600$ м;

для стали класса 38/23 (на растяжение сжатие и изгиб)- $21000/7,85=2670$ м;

для бетона М 200 (на сжатие 900 палки $2,2=410$ м;)

Из этих данных видно, насколько выгодным является применение древесины в сжатых и изгибаемых элементах конструкции. Конструкции из дерева по своей массе лишь немного тяжелее соответствующих стальных и значительно (6,5...6 раз) легче бетонных и железобетонных.

Строительство из дерева имеет следующие преимущества:

А. Древесина – сравнительно лёгкий материал;

Б. Она легко поддаётся обработке, как на заводах, так и на строительных площадках;

В. Строительные детали из древесины могут быть соединений различными способами;

Г. Деревянные конструкции позволяют создавать формы, трудно или совсем не осуществимые при использовании др. материалов.

Д. деревянные конструкции особого вида (напр-р оболочки) часто оказываются более экономичными, чем бетонные или другие массивные конструкции;

Е. Древесина обладает рядом ценных строительно–физических свойств, например высокой теплоёмкостью.

Ж. Конструкция из дерева имеет неповторимую архитектурную привлекательность, эстетический калорит и естественность

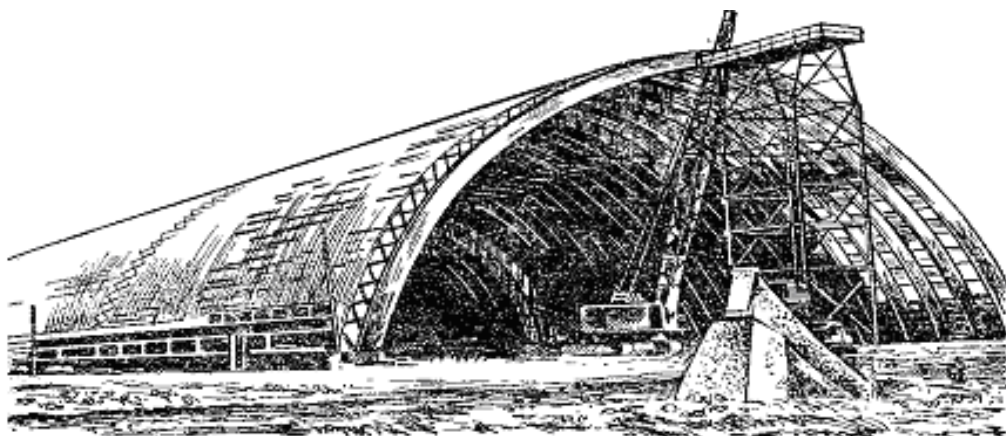
Недостатки, ограничивающие применение деревянных конструкций, опасность загнивания и возгорания их, усадка, разбухание, коробление и растрескивание, неоднородность строения и наличие пороков могут быть устранены консервированием и облагораживанием древесины антисептированием и использованием огнезащитных пропиток или покрасок.

Применение производственных материалов из древесины (фанеры, различных видов древесно-слоистых пластиков (ДСП), прессованной древесины, древесно-волокнистых материалов (ДВП) и др.) и защита древесины существенно повышают долговечность деревянных конструкций и расширяют области их эффективного применения.

Рациональное использования древесины в строительных конструкциях заключается в совершенствовании конструктивных решений, обеспечении долговечности материала, индустриализации производства детали и конструкций, целесообразным её применении с учетом условий эксплуатации и т.д.. Комплексное использование отходов лесной промышленности, а также отходов при изготовлении конструкции из дерева на основе их химической или химико-механической переработки значительно повышает эффективность использования древесины.

Новая техника строительства деревянных конструкций привело к тому, что при проектировании и возведение крупных сооружений (Рис 8.2.) наряду с архитектурными работниками и плотниками, занимающимся этим традиционно, в дело включились такие инженеры-строители. В тех случаях, когда предстоит, решать сложные технические проблемы, их участие необходимо с самого начала, при разработке принципа сооружения.

Именно при строительстве из древесины возникает стремление найти оптимальное решение, пользуясь сравнительно недорогими средствами. Свидетельствами того, что может быть достигнуто при строительстве из дерева, служат, например, те классические деревянные каркасные сооружения в Средней Азии, Европе, Америке или Японии, каждый элемент которых отражает принцип формы. Точно также это демонстрируют бревенчатые и брусчатые сооружения или стрелевые мачты на Севере.



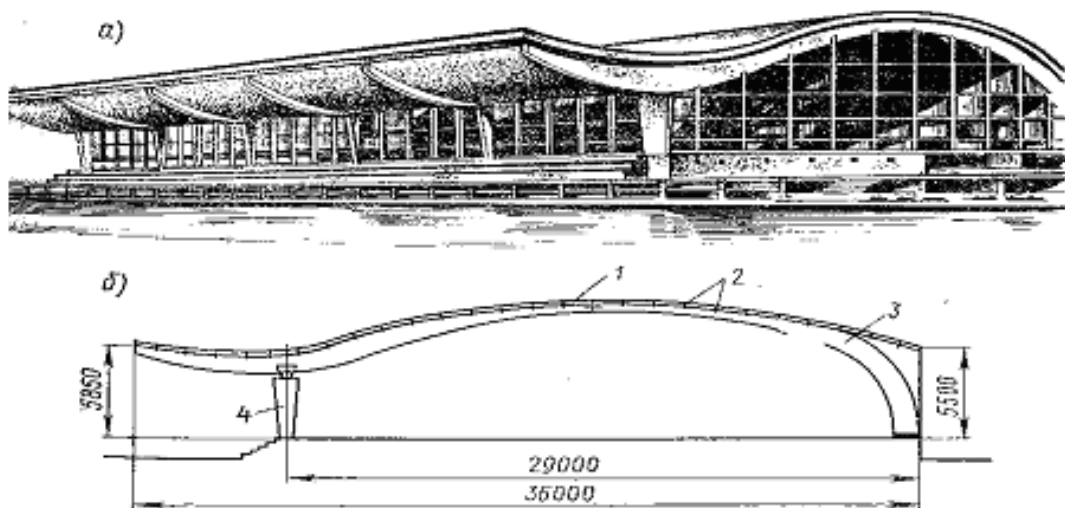


Рис. 8.2.Кленые арки пролетом 45 м одного из складов химико – металлургического комбината

Здание плавательного бассейна в Пти – Куроны с покрытием по трех шарнирным деревянным клееным аркам:

Общий вид здания: б- поперечный разрез; 1- настил покрытия; 2- прогоны; 3- арка – железобетонная колонна.

Каждый раз, когда предполагается построить что-либо из дерева, речь идет о чем-то новом, даже если при этом не пользуется устаревшая техника строительства.

Только, когда архитектурные и конструктивные компоненты находятся в максимально соответствии друг с другом, может быть достигнуто некое единство структуры, которые и представляет собой подменную архитектуру. Чтобы добиться высокого качества при строительстве из дерева, нельзя формально подходить к выполнению расчетов, выбору размеров и формы, нельзя втискивать конструкцию в каждую ей по существу форму, а нужно стремиться к достижению общей гармонии.

Основные конструктивные положения. Для деревянных конструкций, применяемых в строительстве, используется цельная древесина, пакеты клееных досок и древесные материалы. Цельная древесина дешевле других древесных материалов, поэтому ее используют в виде бревен, брусьев, пиломатериала и досок там, где их размеры достаточны и не предъявляются особых требований к внешнему виду и наличию трещин и где могут применяться обычные соединения и крепления. Выбор древесного материала (фанеры, древесностружечных и древесноволокнистых плит) определяется их техническими свойствами, стоимостью и несущей способностью.

8.2. Дерево как строительный материал

В несущих и ограждающих строительных конструкциях необходимо более эффективно использовать такие положительные свойства древесины, как невысокую плотность, большой коэффициент теплового сопротивления, малый коэффициент термического расширения, высокую удельную прочность. В ряде случаев это позволит обеспечить не только экономически целесообразную, но и более качественную и долговечную конструкцию. Деревянные конструкции вполне удовлетворяют современным требованиям индустриализации строительства и круглогодичного производства работ. Использование деловой древесины в качестве конструктивного материала позволяет значительно снизить массу здания по сравнению с железобетоном.

Для несущих конструкций применяют сосну, ель, лиственницу, пихту, кедр. Лиственные породы – осину, березу, ольху, липу и тополь – применяют лишь в конструкциях временных зданий и сооружений, а также для устройства опалубки, лесов и подмостей.

В современном строительстве необходимо применять высококачественные, долговечные и экономичные деревянные детали и конструкции, удовлетворяющие требованиям индустриального изготовления, с применением комплексной механизации и переработки отходов производства. По экономическим соображениям для зданий капитального назначения вполне достаточно обеспечить срок службы деревянных конструкций в 40-50 лет.

Клееные деревянные конструкции в наибольшей степени отвечают требованиям современного строительства. Они позволяют повысить качество строительства и широко применять сборные детали любой формы и размеров серийного заводского изготовления; клееные конструкции являются также наиболее экономичными по расходу лесоматериала. Достижения химии в разработке водостойких и грибоустойчивых синтетических клеев позволяют изготавливать как стержневые клееные элементы, так и водостойкую фанеру.

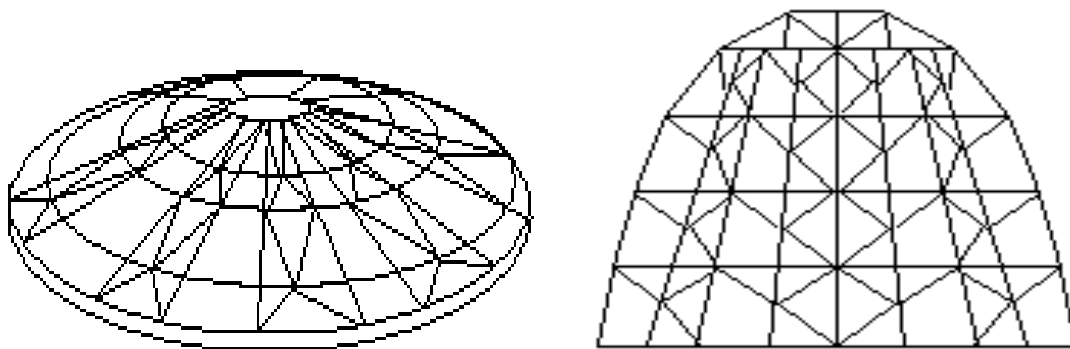
При проектировании и строительстве особое внимание следует уделять защите деревянных деталей и конструкций от загнивания и возгорания, применяя биостойкие и термостойкие кровельные материалы, а также антисептическую обработку. Чтобы уменьшить усушку, разбухание, коробление и растрескивание древесины, ограничить процессы гниения, в дело необходимо применять сухую древесину.

Структура и состав Физические и механические свойства древесины определяют ее строением и структурной клеткой. Древесина состоит из трубчатых клеток, расположенных вдоль ствола. Оболочка трубчатых клеток состоит в основном из целлюлозы и лигнина. Трубчатые клетки склеены между собой межклеточным веществом, состоящим главным образом из лигнина. Прочность древесины зависит от сопротивления силовым воздействиям как древесных волокон, так и склеивающего их вещества

Фермы (общение сведения) Фермы относятся к категории плоских сквозных деревянных конструкций балочного типа и отличаются от балок прямоугольного и двутаврового сечения тем, что вместо сплошной стенки в них создается решетка. При узловой нагрузке в элементах ферм возникают только продольные сжимающие и растягивающие усилия. Нормальные напряжения как по длине стержней, так и по сечению распределяются равномерно, и несущая способность материала используется более полно. Поэтому фермами можно перекрывать значительно большие пролеты, чем сплошными балками. Деревянные фермы проектируют однопролетными, разрезными, внешне статически определимыми с шарнирным креплением в узлах. Чтобы обеспечить надежную работу ферм, применяемых в покрытиях капитальных зданий, надо исключить работу дерева на растяжение. Этому требованию удовлетворяют металлодеревянные фермы, в которых растянутые элементы выполняют из металла, а сжатые и сжато-изогнутые – из дерева.

Деревянные сооружения специального назначения. Деревянные башни относятся к специальным инженерным сооружениям с развитой по сравнению с поперечными размерами высотой. Башни состоят из ствола, фундамента, рабочих и лестничных площадок.

В статическом отношении ствол представляет собой пространственную конструкцию, (Рис- 8.3.) имеющую в плане треугольник, квадрат, многоугольник или круг. Ствол башен может быть решетчатым – из плоских сквозных ферм и сетчатым – системы Шухова. Башни воспринимают вертикальные и горизонтальные нагрузки. В водонапорных, башнях, надшахтных копрах, нефтяных вышках вертикальные нагрузки обычно преобладают над горизонтальными.



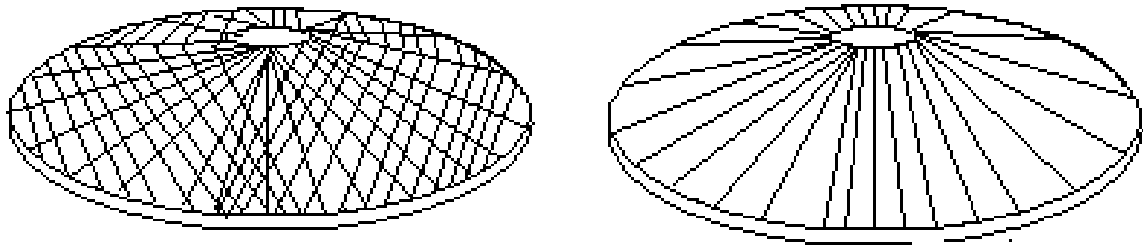


Рис-8.3. Различные варианты купольных покрытий из дерева.

8.2.1. Физико-механические характеристики и несущие конструкции из дерева

Задача заключается в том, чтобы на примере этих объектов показать конструктивные различия между отдельными типами зданий и сооружений и тем самым продемонстрировать многообразие конструктивных возможностей. Приведенные примеры должны помочь архитектору и инженеру выбрать деревянную конструкцию здания или перекрытия, а также подсказать, как ее выполнить. Вслед за прямыми однопролетными балками описаны решетчатые балки, стержневые цепи, рамы, арки, висячие конструкции, перекрестные балки, складчатые конструкции, купола и облучки. Если в качестве строительного материала выбрана древесина, то приведенные иллюстрированные примеры сооружений, в которых дан анализ с точки зрения конструкции и несущей системы, целесообразны еще и потому, что из числа строительных материалов, используемых для разного рода несущих покрытий - стали, железобетона и древесины, последняя в отношении особенностей выполнения конструкций является, пожалуй, самым трудным материалом. Трудность заключается не столько в том, что величины нагрузки сказывают заметное влияние на размеры поперечных сечений, и каждое изменение сечения, также как каждая дополнительная нагрузка, ощутимы и в свою очередь, влияют на соединения, а в отдельных случаях и на внешний вид здания.

В железобетонном элементе, например, можно, если потребуется, не изменяя размеров и формы этого элемента «добавить пару стержней». Когда же речь идет о дереве, то напротив, малейшее изменение любой детали бросается в глаза и может потребовать изменения всех размеров.

Поэтому древесина заставляет предварительно обдумывать, точно детализировать и тщательно выбирать правильную несущую систему. Древесина, используемая как строительный материал для всякого рода несущих покрытий, хотя и позволяет архитектору реализовать многообразные формы и идеи, требует, однако, пожалуй, более чем какой-либо другой материал, параллельной работы инженера

Механические свойства древесины. Древесина обладает реологическими свойствами, которые проявляются в том, что при длительном воздействии нагрузки деформации существенно увеличиваются, и остаточные деформации

бывают значительными. Примером может служить остаточный прогиб досок, находящихся долгое время под воздействием нагрузки.

Модуль упругости E колеблется в значительных пределах даже для одних и тех же пород древесины, причем заметное влияние на него оказывает влажность. При повышении влажности модуль упругости уменьшается и наоборот.

Древесина как строительный материал обладает замечательными свойствами. Главные его достоинства обусловлены удачным сочетанием легкости (дерево почти в 2 раза легче воды и в 14 раз легче стали) со сравнительно высокой прочностью на растяжение, сжатие и изгиб. Если ввести понятие относительной прочности, т.е. прочности, отнесенной к единице объема, то дерево приближается к стали и в 10 раз превосходит бетон. Другими словами, конструкция из древесины во много раз легче железобетонной того же назначения при тех же нагрузках и одинаковых прочих условиях.

Серьезный недостаток древесины – ее склонность к гниению и разрушению живыми вредителями: жуком-древоточцем, термитами и т.п. В зависимости от конкретных условий с момента поражения гниением до полного разрушения проходит от нескольких месяцев до нескольких лет. Строения, простоявшие века, доказывают долговечность деревянных элементов, которые не подвергались никакой особой защитной обработке. Древесина, влажность которой длительное время остается ниже 20%, а также древесина, вольностью погруженная в воду, не подвергается гниению.

Древесина очень гигроскопична. С ростом влажности ее объем увеличивается, прочность уменьшается. При этом неравномерное набухание и высыхание приводят к выпучиванию и искривлению деревянных элементов.

Физические свойства древесины. Плотность древесины зависит от пустот, толщины стенок волокон и содержания влаги. Она различна даже в пределах одной и той же породы. Расчетные величины прочностей приведены в табл.

Породы древесины		Плотность кг/м	Предел прочности вдоль волокон, МПа			
			При сжатии	При растяжении	При скалывании	При статическом изгибе
Хвойные	Лиственница	660	64,5	125	9,9	111,5
	Сосна	500	48,5	103,5	7,5	86
	Ель	450	44,5	103,5	6,9	79,5
Лиственные	Дуб	690	57,5	-	10,2	107,5
	Береза	640	55	168	9,3	109,5
	Осина	495	42,5	125,5	6,3	78

--	--	--	--	--	--	--

Всего $(3...5)10^{-6}$, т.е. в 2...3 раза меньше, чем в стали. Поэтому в деревянных сооружениях можно не устраивать температурных швов. В поперечном направлении изменение линейных размеров в 7...10 раз больше, чем вдоль волокон.

Работа древесины на растяжение и сжатие. При кратковременной растягивающей нагрузке вдоль волокон древесина до определенного предела себя практически упруго, т.е. деформация, вызванная растяжением, исчезает, как только снимается нагрузка. При напряжениях, превышающих предел упругости, возникают пластические деформации, растущие вплоть до предел прочности.

Работа древесины на изгиб. При поперечном изгибе значение предела прочности занимает промежуточное положение между прочностью на сжатие и прочностью на растяжение. Определение краевого напряжения при изгибе по формуле

дальнейшем росте нагрузки эпюра сжимающих напряжений в соответствии с диаграммой работы на сжатие принимает криволинейный характер. Одновременно положение нейтральной оси смещается в сторону растянутой кромки сечения, т.е. древесина при работе на изгиб ведет себя как физически нелинейный материал. При этом в стадии разрушения сначала в сжатой зоне образуются складки, после чего в растянутой зоне происходит разрыв наружных волокон. Предел прочности при изгибе от формы поперечного сечения. Так, например, у круглого сечения он больше, чем у прямоугольного. В расчете это учитывают введением соответствующих коэффициентов

8.3. Виды деревянных конструкций

В деревянном корпусном строительстве имеется много видов конструкций с различным расположением несущих элементов и различным исполнением конструктивных узлов. Способ соединения в месте горизонтальных, вертикальных или диагональных строительных элементов в конструктивную точку узел - определяет структуру несущей конструкции. По расположению несущих горизонтальных и вертикальных строительных элементов размечается восемь основных типов конструкций. У этих конструкций балки или стойки бывают неразрезными цельными или состыкованными.

Несущие конструкции.

Пространственная общая система для передачи основанию вертикальных и горизонтальных нагрузок. Хотя отдельные системы между собой не связаны, тем не менее, они зависят друг от друга.

Фахверковые конструкции.

В фахверковой конструкции несущая система состоит из стоек (подпорок, столбов), главных балок (рам, прогонов, отвязок) и лежащих на них вспомогательных балок (брусьев, залок). Несущие нижние элементы фахверка образуют ригели, расположенные между стойками. Стойки соединены с балками и нижними обвязками шинами или врубками. Вся конструкция

опирается на основную нижнюю обвязку, у многоэтажных фахверковых конструкций нижняя обвязка повторяется на каждом этаже.

Балки на стойке одноэтажные.

Конструкции этого вида состоят из стоек, на которые уложены в одном направлении главные балки. В другом направлении идут вспомогательные балки- брусья доски.

Балки на стойке двухэтажные.

При этой конструкции неразрезные балки укладываются на стойки. Стойки прерываются главными балками, а на следующем этаже вновь надставляются и идут дальше.

Ригельные конструкции.

Ригели (главные балки) прикрепляются к неразрезным стойкам одинаково во всех четырех случаях (направлениях). Это позволяет обеспечить одинаковую высоту всех наружных и внутренних стен.

Конструкции со схватками.

Парные балки проходят как схватки вдоль ряда стоек. Схватка присоединяется с обеих сторон к стойке шпонками.

Конструкции с составными стойками.

Неразрезные главные балки пропущены между неразрезными составляющими стойками. При парных стойках мы имеем дело в известной стене ни с перевернутой конструкцией со схватками. Связки стоек, каждая из четырех элементов, позволяют располагать балки в двух направлениях.

Ребристые системы. В основном расположены в Северной Америке. Несущие элементы каркаса состоят из стандартных деревянных досок с основным сечением 5x10 см. Особенности данной конструкции связаны с малым расстоянием между каркасом стен и балками перекрытий (вертикальные доски устанавливаются с шагом 60 см). Стойки соединяются с балками гвоздями или нагелями.

Основные конструктивные положения. Клееные деревянные конструкции изготавливаются в специальных цехах в соответствии с требованиями, и относятся к категории индустриальных. Качество этих конструкций должно отвечать требованиям ГОСТ 20850-75.

Для несущих конструкций рекомендуется применять элементы из массивной цельной или клееной древесины преимущественно прямоугольного сечения как более технологичные и огнестойкие. Конструкции, выполняемые из дерева, подразделяются на несущие и ограждающие. Несущие конструкции воспринимают различные нагрузки и подвергаются статическому расчету. Ограждающие конструкции отделяют производственные или жилые помещения от внешней среды и рассчитываются на ее воздействия.

По форме конструкции делятся на плоские и пространственные.

Первое предназначено для работы в своей плоскости (обычно вертикальной) и воспринимают чаще всего вертикальные нагрузки (например:

вес снега), вторые должны восприниматься нагрузки любого направления (на пример: ветер). По форме конструкции различают: плоские простейшие – балочные, подкостные, непренгельные, подвесные, плоские сплошные плиты, панели, составные балочные и арочные фермы, рамы, комбинированные системы, пространственные в покрытиях здании своды, купала, складки, гипары, структурные конструкции, сооружения башенного мачтового и мостового типов (Мости, галереи, эстакады).

Конструкция крыш. Ступенчато расположенные плоскости перекрытия и крыши требуют конструкции, которая дала бы возможность простого крепления главные балок в любой точке стойки. Так были выбраны неразрезные стойки 16 Неразрезные стволы главных балок 36) крепление схваток к стойкам осуществляется шпонками и может выполняться на любой отметки. В другом направлении уложены балки перекрытия 8 20 с шагом 60 см, идущие по осям стоек также как и схватки, плоскости крыши и перекрытия статически превращены с помощью древесностружечных плит и шпунтованной обшивки в мембраны. Передача ветровых усилий от этих горизонтальных дисков фундаменту происходит с помощью раскосов из брусьев 16 16 вспомогательными балками, выполненными в виде схваток.

Раскосы закреплены в фундаменте с помощью анкеров с боковыми накладками.

Плоские сплошные деревянные конструкции. К плоским сплошным конструкциям относятся составные балки, трех- и двухшарнирные арки, рамы. Элементы сплошных конструкций соединяют гвоздями, цилиндрическими и пластинчатыми нагелями и водостойкими клеями.

Простейшие деревянные конструкции в виде балок цельного сечения из – за ограничений длины и сечения лесоматериала могут перекрывать пролеты на более 6-9м. При пролетах, превышающих естественную длину лесоматериала (6-9м), а также при меньших пролетах, но больших нагрузках, при которых элементы цельного сечения не могут обеспечить требуемую несущую способность, применяют конструкции, составленные из нескольких элементов, как по сечению, так и по длине.

Конструкции на клеях в наибольшей степени и удовлетворяют индустриальному способу изготовления. Клееные конструкции наиболее перспективны, но изготавливать их надо на деревообрабатывающих предприятиях, специальным оборудованием и приспособлениями для высококачественной склейки.

Конструкции на гвоздевых соединениях обычно изготавливают в построечных условиях и в современном строительстве имеют ограниченное применение.

О расчете составных (типа синч) стержней на податливых связях Для увеличения несущей способности деревянных стержней, работающих на

поперечный изгиб, центральное и внецентренное сжатие, их составляют из нескольких элементов цельного сечения. Совместная работа этих составных стержней обеспечивается связями на гвоздях, нагелях, шпонках и клеях.

Все связи, применяемые для соединения деревянных элементов (за исключением клея), обладают значительной податливостью (деформацией), которая приводит к сдвигу сопрягаемых элементов относительно друг друга при работе на поперечный и продольный изгиб. Вследствие этого уменьшается несущая способность и увеличивается деформативность элемента составного сечения на податливых связях по сравнению с элементами цельного сечения. Изменяется и распределение сил сдвига по длине элемента.

По характеру работы составной стержень на податливых связях занимает промежуточное положение между стержнями цельного сечения и составными стержнем при отсутствии связей между элементами.

Сплошные конструкции балочного типа. Применение для строительных целей водостойкой фанеры открывает широкую возможность значительного расширения ассортимента клееных конструкций.

В строительстве рекомендуется применять клееную и бакелизованную фанеру. Для несущих конструкций применяется фанера повышенной водостойкости. Фанера изготавливается из березы, бука, осины, ясеня, дуба, липы, сосны, кедра и пихты.

Водостойкая фанера марки ФСФ, применяемая для несущих конструкций, склеивается клеями типа фенолоформальдегидных. Бакелизованная водостойкая фанера марки БФС, применяется для наиболее напряженных частей конструкций и в открытых, не защищенных от атмосферных влияний, сооружениях.

Клееные цельнодеревянные конструкции или деревянные в сочетании в сочетании с фанерой применяют в несущих и ограждающих частях зданий промышленного, гражданского, сельскохозяйственного назначения и в мостах.

В несущих конструкциях зданий и сооружений их применяют в виде балок, ферм и арок треугольного или криволинейного очертания, рам, стоек, свай, шпунтов, мостовых брусьев и др.

Клееные балки применяют в несущих конструкциях покрытиях покрытий, перекрытий холодных и отваливаемых зданий; их изготавливают прямоугольного и двутаврового сечений.

Конструкция деревянных ферм. Фермы (Рис 8.4) относятся к категории плоских сквозных деревянных конструкций балочного типа и отличаются от балок прямоугольного и двутаврового сечения тем, что вместо сплошной стенки в них создается решетка.

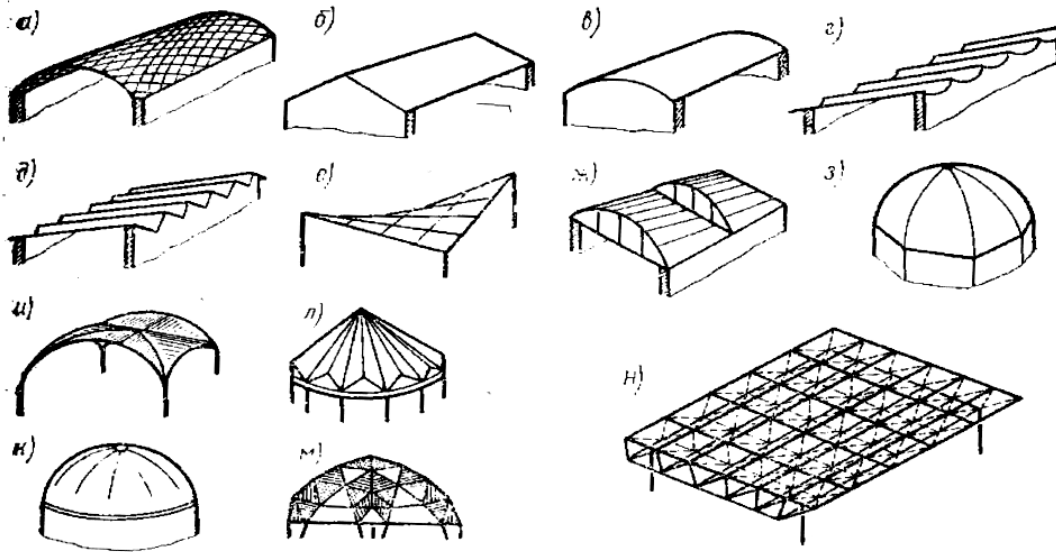


Рис-Ри

Рис.8.4. Разные варианты покрытий из деревянных конструкций.

При узловой нагрузке в элементах ферм возникают только продольные сжимающие и растягивающие усилия. Нормальные напряжения как по длине стержней, так и по сечению распределяются равномерно, и несущая способность материала используется более полно. Поэтому фермами можно перекрывать значительно большие пролеты, чем сплошными балками. Деревянные фермы проектируют однопролетными, разрезными, внешне статически определимыми с шарнирным креплением в узлах. Чтобы обеспечить надежную работу ферм, применяемых в покрытиях капитальных зданий, надо исключить работу дерева на растяжение. Этому требованию удовлетворяют металлодеревянные фермы, в которых растянутые элементы выполняют из металла, а сжатые и сжато – изогнутые – из дерева.

8.4. Защита деревянных конструкций от гниения

1. Краткие сведения о гниении древесины

В зданиях с постоянным температурно – влажностным режимом, в которых влажность древесины не превышает 20%, а также под водой и в условиях вечной мерзлоты дерево является долговечным строительным материалом. Однако известны случаи, когда деревянные конструкции, пораженные гниением, оказались непригодными к эксплуатации через несколько месяцев.

Древесина подвергается гниению в результате жизнедеятельности дереворазрушающих грибов. В свежесрубленном состоянии в лесу дерево

поражается лесными грибами, во время транспортирования и при хранении на складах – складскими грибами, а в процессе эксплуатации деревянных конструкций – домовыми грибами. Особенно опасны складские и домовые грибы. Заражение древесины возможно при любых условиях и повсеместно. Но развитие процесса гниения начинается в древесине с влагосодержанием выше 20% при свободном доступе воздуха и температуре от 5 до 45⁰С. при осущении хотя бы одного из этих факторов развитие гниения невозможно. Основным мероприятием по защите дерева от гниения является сушка лесоматериала и предохранение его всевозможных видов увлажнения.

Различают два вида увлажнения – непосредственное и конденсационное. Источник непосредственного увлажнения – атмосферные осадки, гидрогеологические увлажнения грунтовыми водами, высокая относительная влажность эксплуатируемого здания, неисправности санитарно – технического оборудования и др. Следовательно, если начался процесс гниения, то он может бурно развиваться без поступления дополнительной влаги извне, вследствие биологического увлажнения.

Самое опасное – конденсационное увлажнение. В зависимости от постоянных или временных температурных колебаний процесс конденсации может происходить непрерывно (систематическая конденсация) или периодически (дифференциальная конденсация).

Систематическая конденсация наблюдается в ограждающих конструкциях отапливаемых зданий. Наиболее интенсивное образование конденсата происходит в период максимальных температурных перепадов – осенью и зимой.

Дифференциальная конденсация возникает при кратковременном периодическом колебании температуры. В строительных конструкциях влага может конденсироваться на плоскостях соприкосновения дерева со сталью, в особенности в замкнутых частях (стальные башмаки опор), а также в местах примыкания дерева к материалам большей теплопроводности, например, при оперении концов деревянных конструкций на железобетонные, кирпичные, каменные опоры и т. п. Подогрев воздуха приводит к интенсивному поглощению влаги из окружающей среды. Таким образом, создается осушающий эксплуатационный режим, который устраняет возможность конденсационного увлажнения конструкций.

Конструктивные меры защиты от гниения. Конструктивные меры борьбы с непосредственным увлажнением включают в себя устройство надежного гидроизоляционного ковра кровли, своевременный его ремонт, организованный отвод с крыш, гидроизоляцию от грунтовых вод, сушку помещений перед сдачей их в эксплуатацию, вентиляцию подполья в отапливаемых помещениях, применение сухих штукатурок, плитных утеплителей и др.

Защита деревянных конструкций от конденсационных увлажнений, в

особенности в наружных многослойных стенах и бес чердачных покрытиях, в значительной степени зависит от порядка расположения в толще ограждения паро- и теплоизоляционных слоев. При правильном расположении этих слоев можно избежать образования конденсата в толще ограждений. Обычно слой пароизоляции должен быть расположен в начале теплового потока, т.е. со стороны преобладания положительных температур. Теплоизоляционный слой необходимо располагать в конце теплового потока, т. е. с со стороны преобладания положительных температур. Теплоизоляции слой необходимо располагать в конце теплового потока, т. е. с холодной стороны ограждения.

Если слой пароизоляции должен быть расположен в конце теплового потока (в многослойных бес чердачных конструкциях кровельных покрытий с гидроизоляционным ковром), под кровельным материалом необходимо предусматривать устройство осушающих продухов, через которые водяные пары выводятся наружу.

При бесчердачных покрытиях несущие деревянные конструкции рекомендуется располагать внутри помещения, а если есть чердак, то снаружи, т. е. за утепленным подвесным потолком; конструкции должны быть открытыми и доступными для осмотра.

Для защиты деревянных конструкций от дифференциальной конденсации следует избегать глухой заделки опорных узлов ферм в каменные или бетонные стены; их надо устанавливать в открытые гнезда. При наличии стальных опорных башмаков или соприкосновения дерева с полосовыми стальными элементами между деревом и сталью необходимо прокладывать слой пароизоляции, а заделываемую в башмак древесину надежно антисептировать.

Опираание деревянных элементов на каменные или бетонные опоры выполняется через деревянные креозотированные прокладки, укладываемые на слой пароизоляции.

Антисептирование. Если в период эксплуатации конструктивными мерами невозможно обеспечить влажность древесины ниже 20%, применяют химическую обработку – антисептирование. С этой целью пропиткой или поверхностной покраской вводят различные химические составы, которые предотвращают развитие жизнедеятельности грибов.

Нормами рекомендуется антисептики следующих: неорганические, растворимые в воде или в органических растворителях, и маслянистые.

Антисептики должны быть безопасными для людей и животных, не нарушать механической прочности материала, не увеличивать его гигроскопичность, электропроводность и не разрушать металлических частей конструкции.

Способы антисептирования назначают в зависимости от производственных условий, требований, предъявляемых к продолжительности срока службы, и размеров обрабатываемых элементов. Наибольшее распространение в практике строительства нашли следующие способы:

нанесение раствора на поверхность деревянных элементов краскопультом или кистями, пропитка в горячих, холодных и высокотемпературных горче – холодных ваннах, пропитка в автоклавах под давлением.

Защита деревянных конструкций от возгорания. При температуре 250-300⁰С происходит сухая перегонка древесины с выделением легковоспламеняющихся газов, которые при наличии открытого пламени начинают гореть, своим теплом разлагать все новые и новые части древесины, а при соединении с кислородом воздуха бурно поддерживать горение. При длительном воздействии тепла в деревянных конструкциях, примыкающих к источнику тепла, возможно самовоспламенение даже при температуре 150-160⁰С. фаза тления может бурно протекать лишь при условии интенсивного притока извне кислорода воздуха и поступления его в толщу древесины. В более плотной древесине хвойных пород фаза тления протекает замедленно, а в массивных элементах горение может совсем прекратиться.

Для защиты деревянных конструкций от возгорания наиболее эффективны конструктивные меры. Применение беспустотных кровельных покрытий с утеплителем из негорючих материалов, а также массивных цельных или клееных элементов, выполненных из сухого лесоматериала без щелей и острых ребер, создает условия, затрудняющие воспламенение древесины и развитие пожара. Кроме этого, при проектировании зданий и сооружений с применением дерева и других горючих материалов следует предусматривать устройство брандмауэров, огнезащитных зон, нормативных разрывов между зданиями, автоматически действующих систем пожарного водопровода, а также надежных теплоизоляционных разделок вокруг печей и дымовых труб.

Если одних конструктивных мер недостаточно, применяют химические средства защиты.

Наиболее распространенными огнезащитными пропиточными составами (антипиринами) являются диаммонийфосфат (аммонийный фосфорнокислый двухзамещенный) и сульфат аммония (аммоний сернокислый, бура и борная кислота). Антипирины легко вымываются водой, поэтому их применяют для элементов, защищенных от непосредственного воздействия воды и находящихся в помещениях с относительной влажностью менее 75%. Древесину пропитывают антипиринами в горяч – холодных ваннах, в автоклавах под давлением и обмазкой.

Кроме пропитки, для защиты деревянных элементов от возгорания применяются огнезащитные покрытия, наносимые на поверхность кистью или краскопультом.

8.5. Общие сведения о пластмассах основные виды конструкционных пластмасс

Общие сведения Пластические массы представляют собой искусственные

материалы, получаемые на основе синтетических высокомолекулярных соединений.

В состав пластических масс обычно входят: связующее вещество, наполнители, пластификаторы, стабилизаторы, красители и др. В качестве связующего используются различные синтетические смолы: полиэфирные, фенолоформальные, эпоксидные, карбамидные, поливинилхлоридные, полистирольные и др. Содержание связующего в пластических массах составляет по весу от 5 до 30% и достигает 60%.

Наполнители определяют в основном механическую прочность пластмасс, придают им теплостойкость, негорючесть и уменьшают усадку. Пластификаторы увеличивают эластичность и гибкость пластмасс. Для предотвращения старения при эксплуатации материала, изготовляемого на основе синтетических смол, а также разложения от действия высоких температур в процессе их переработки применяют стабилизаторы.

Универсальность, легкая обрабатываемость, антикоррозионность, красивый внешний вид обусловили возможность и целесообразность широкого использования пластмасс в строительстве. Кроме того, некоторые виды пластмасс обладают высокой механической прочностью, теплозвукоизоляционными, диэлектрическими, адгезионными свойствами.

Пластические массы применяют в строительстве как конструкционный, отделочный, тепло и звукоизоляционный материал. Многие пластмассы легко обрабатываются, их можно пилить, строгать, сверлить, вытягивать.

Материалы, изделия и конструкции из пластмасс изготавливают горячим и непрерывным прессованием, каландрированием, литьем, выпучиванием и методом обмазки.

Пластмассы – многокомпонентные материалы, состоящие из полимеров (связующих веществ), пластификаторов, наполнителей и некоторых специальных добавок (красителей и др.). Полимеры являются главной частью любой пластмассы, их получают синтетическим путем из простых органических соединений. Они отличаются огромной молекулярной массой (5000 – 10000 и выше). Сырьем для производства полимеров являются нефтяной и природный газы, каменноугольная смола, отходы деревообработки и сельскохозяйственного производства.

Пластификаторы снижают хрупкость пластмасс, повышают их эластичность и морозостойкость. В качестве пластификаторов применяют дибутилфталат, трибутилфосфат, трикрезилфосфат и др. В качестве наполнителей используют стеклянное волокно, нити и ткани, древесные стружки и опилки, асбестовое волокно, тальк и т.п. Наполнители уменьшают расход основного дорогостоящего полимера, повышают прочность и предотвращают усадку пластмасс при отвержении.

Непрерывный рост объема производства и применения пластмасс в строительстве во всем мире обусловлен наличием у них ряда преимуществ:

высокая прочность при небольшой массе; стойкость по отношению к большинству химически агрессивных сред; хорошие тепло-звукоизоляционные качества (коэффициент теплопроводности пенопластов в 10-15 раз меньше, чем у других материалов); прекрасные оптические свойства (некоторые пластмассы почти полностью могут быть прозрачными и пропускать более 70% ультрафиолетовых лучей, окрашиваться в любые цвета); легкость обработки; наличие сырьевой базы (для изготовления пластмасс используют широкого распространенные материалы, а главное – отходы основных производств, утилизация или уничтожение которых часто являются само по себе большой народнохозяйственной задачей).

Применение пластмасс в строительстве позволяет получить ряд технико – экономических преимуществ: уменьшение массы конструкций, повышение индустриализации и сокращение сроков строительных работ, сокращение расхода дефицитных материалов и др.

Недостатками пластмасс являются: относительно небольшой модуль упругости, высокий коэффициент температурного расширения, старение, горючесть некоторых из них, ползучесть и пока еще сравнительная дороговизна.

Наиболее распространенными пластмассами, применяемыми для изготовления строительных конструкций, являются: стеклопластики, термопласты, древесные пластики, воздухонепроницаемые ткани и пленки, пенно – и сотовые пластики.

Стеклопластики – это пластмассы, в которых в качестве связующего применяются фенольные, эпоксидные, полиэфирные и другие смолы и их модификации, а наполнителями являются стеклянные волокна, нити или ткани. Их выпускают в виде листов и профилей (СВАМ, КАСТ-В), плоских и волнистых светопрозрачных или окрашенных листов (полиэфирный стеклопластик), брикетов и лент (АГ- 4В и АГ- 4С). Стеклопластики являются наиболее прочными пластмассами; их расчетные сопротивления изгибу составляют от 78 (полиэфирный стеклопластик) до 525 Мпа (СВАМ). Стеклопластики применяют для изготовления наиболее напряженных элементов и деталей, в обшивках трехслойных панелей сооружений с агрессивными средами в радио прозрачных, немагнитных и других сооружениях специального назначения (СВАМ, КАСТ – В, АГ– 4В, АГ – 4С), для устройства световых фонарей, навесов, ограждений балконов, перегородок (полиэфирный стеклопластик).

Термопласты – (оргстекло или полиметилметакрилат и винипласт) применяют в светопрозрачных конструкциях стен и покрытий, в теплицах, парниках, оранжереях. Оргстекло получают блочной полимеризацией метилового эфира метакриловой кислоты и выпускают в виде прозрачных листов. Винипласт получают на основе поливинилхлоридной смолы. Он выпускается в виде окрашенных или светопрозрачных или непрозрачных

листов, а также в виде пленки, труб и различных профилей. Винипласт обладает высокой стойкостью к воздействию кислот, щелочей, растворов солей, что обусловило его широкое применение в качестве антикоррозионного материала в обшивках трехслойных панелей, перегородках и. т. п.

Древесные пластики – получают прессованием пропитанных различными смолами древесных шпонов (ДСП), волокон (древесноволокнистые плиты) и стружек (древесностружечные плиты). ДСП выпускают листами толщиной до 60 мм и применяют для изготовления шпонок, нагелей, вкладышей, а древесные плиты – для обшивок трехслойных панелей, перегородок, подвесных потолков и др.

Воздухонепроницаемые ткани и пленки – применяют в пневматических (надувных) конструкциях. Ткани одно-, двух – или трехслойные, покрытие слое резины, выпускают на основе капронового текстиля в рулонах шириной 0,9м при толщине 0,6 – 1,8мм. Пленки (полиэтиленовые, полиамидные и полиэфирные), армированные капроновыми сетками, выпускают также в рулонах шириной 0,85 – 0,9м, толщиной 0,45-0,7мм. Пленке дешевле тканей, но менее прочны и недолговечны.

Пенно и сотопласты используют в среднем слое трехслойных панелей в качестве тепло – и звукоизоляционных материалов. Пенопласты (полистирольный, поливинилхлоридный, фенольный и полиуретановый) получают вспениванием соответствующих полимеров. Они имеют объемную массу, равную всего 20-100 кг/м³, и теплопроводность 0,035-0,045 Вт/(м · К). Сотопласты изготавливают из хлопчатобумажных тканей, крафт – бумаги или изоляционной бумаги, пропитанных синтетическими смолами и антипиринами, имеют вид пчелиных сот, которые в панелях могут заполняться крошкой пенопласта.

Контрольные вопросы

1. Общие свойства дерева
2. Виды деревянных конструкций.
3. Несущие деревянные конструкции
4. Преимущества и недостатки конструкции из дерева.
5. Физика механические характеристики
6. Защитные мероприятия дерева
7. Конструкция из пластмасс

ГЛАВА 9. ПРОМЫШЛЕННЫЕ, КАРКАСНЫЕ И

КРУПНОПАНЕЛЬНЫЕ ЗДАНИЯ

Краткое содержание:

В данном разделе изучаются наиболее широко используемые каркасные конструкции и крупнопанельные промышленные здания, излагаются общие сведения о них, прилагается подробная информация о многих важных производственных зданиях.

9.1. Общие сведения.

Промышленные здания (далее П.з.), производственные здания промышленных предприятий, здания, предназначенные для размещения промышленных производств и обеспечивающие необходимые условия для труда людей и эксплуатации технологического оборудования.

Как самостоятельный тип здания П. з. появились в эпоху промышленного переворота, когда возникла потребность в крупных помещениях для машин и многочисленных рабочих. Первые П. з. были прямоугольными в плане, с несущими кирпичными или каменными стенами и деревянными перекрытиями. Преобладали сугубо утилитарные решения: протяжённый массив нештукатуренных стен нередко членился лишь пилястрами и был украшен поясами фигурной кладки. Иногда в наружной отделке П. з. применялись декоративные элементы различных архитектурных стилей.

С развитием строительной техники и появлением таких новых строительных материалов, как металл и железобетон, были разработаны каркасные конструкции, позволившие отказаться от традиционных композиционных схем и создавать рациональную планировку цехов в соответствии с требованиями технологии производства. Применение с конца 18 в. в строительстве П. з. каркаса из чугунных стоек и балок дало возможность возводить менее массивные стены, увеличить этажность и размеры световых проёмов, что сразу оказало заметное влияние на внешний облик П. з.. Появление в начале 19 в. перекрытий из металлических ферм и их последующее усовершенствование позволили создавать большие пролёты с редкими, не мешающими установке оборудования опорами.

В 1930-60-е гг. в строительстве П. з. широко внедряются новые конструктивные системы, позволяющие перекрывать без опор крупные пролёты, применяются новые строительные и отделочные материалы. В условиях современной научно-технической революции с постоянным техническим прогрессом в строительстве П. з. и совершенствованием технологии производства растёт число предприятий, не оказывающих вредного воздействия на окружающую среду. Как следствие этого создаётся новый тип застройки - производственно-жилой. Обладающие своими, отличающимися от типовых жилых домов крупным масштабом, объёмно-пространственным решением и силуэтом, П. з. становятся важными архитектурными акцентами в

композиции городской застройки .

Велика роль учёных в становлении и развитии архитектурной науки и практики , которое резко улучшило за последние годы качества и выразительность промышленных объектов. Значительно повлияло на развитие архитектуры и градостроительства с промышленной зоной труды ученых Республики Узбекистан, (Умаров А.А, Валиев Р.М и др) .

Как вытекает из трудов ученых , архитектурный образ П. з. в наибольшей мере зависит от того, насколько ясно в его облике выражены типологические особенности этого вида сооружений, его характерные черты: огромные размеры и значительная протяжённость фасадов, большие сплошные плоскости глухих стен и остеклённых поверхностей, соответствующих единому нерасчленённому внутреннему пространству, многократно повторенные торцы параллельных пролётов, элементы покрытий (гребенчатого, пилообразного или криволинейных очертаний), лестничные клетки и др., наличие технических устройств (дымовых и вентиляционных труб, трубопроводов, открытого оборудования и др.). Большое влияние (особенно при индустриальных способах строительства) оказывает на облик П. з. художественное выражение тектонических свойств используемых материалов и конструкций, а также фактура и цвет конструкционных и отделочных материалов.

Заметную роль в облике П. з. в Республике Узбекистан играют солнцезащитные устройства - т. н. солнцезрезы, козырьки, декоративные решётки. Большое значение для повышения эстетических качеств П. з. имеет чёткая внутренняя планировка, рациональность пропорций и членений отдельных помещений и пластическое решение их конструктивных элементов, зонирование производственных помещений с систематизированным размещением основного технологического оборудования, внутрицеховых коммуникаций, проходов и проездов, цветовое решение интерьеров, последовательное проведение комплекса мероприятий, связанных с требованиями технической эстетики. П. з. и сооружения оказывают огромное (нередко отрицательное) воздействие на природный и архитектурные ландшафты; часто промышленные районы теряют связь с природной средой. Поэтому перед промышленной архитектурой стоит задача максимального сохранения природного ландшафта, гармонического включения в ландшафт новых П. з.

На формирование типов П. з. решающее воздействие оказывают социально-экономические условия и научно-технический прогресс в технологии промышленного производства и строительной технике. В СССР и др. социалистических странах характер общественного строя обусловил возникновение П. з. нового типа, в которых воплощались достижения социального и научно-технического прогресса. Развитие и совершенствование архитектурно-строительных решений П. з. базируется на научных исследованиях, определивших основные направления современного промышленного строительства, которые предусматривают: обеспечение универсальности П. з., т. е. возможности наиболее гибкого использования производственных площадей при изменении технологических процессов; унификацию объёмно-планировочных и конструктивных схем П. з., позволяющую наиболее полно использовать производственную базу строительной индустрии; максимальное блокирование (объединение) цехов и целых производств в укрупнённых зданиях.

9.2. Укрепленная сетка колонн.

Универсальность П. з. достигается применением укрупнённых сеток (пролётов и шагов) колонн и единой высоты помещений в пределах каждого здания, а также использованием для размещения основного оборудования сборно-разборных перегородок и этажерок, обеспечивающих возможность модернизации технологических процессов при минимальном объёме работ по реконструкции здания. Унификация объёмно-планировочных и конструктивных схем П. з. позволяет существенно сократить количество типоразмеров изделий и конструкций, создать необходимые условия для их массового заводского изготовления и широкого внедрения в практику строительства. В СССР осуществлена межотраслевая унификация основных строительных параметров П. з.: сеток колонн, высоты этажей, размеров привязки конструктивных элементов к модульным разбивочным осям и т.п. Размеры сеток колонн одноэтажных П. з. приняты кратными 6 м, величина пролётов многоэтажных П. з. - 3 м, шаг колонн - 6 м. Высота этажей П. з. кратна 0,6 м. Блокирование П. з. (см. Блокированное производственное здание) - одно из наиболее эффективных средств снижения сметной стоимости строительства П. з. Наибольшее снижение капитальных затрат за счёт блокирования (по сравнению с отдельно сооружаемыми цехами) достигается в тех случаях, когда не требуется изолировать цехи друг от друга капитальными стенами, выравнивать высоты смежных помещений с целью унификации конструкций, устраивать дополнительные внутрицеховые проезды или увеличивать площадь зон, обслуживаемых кранами большой грузоподъёмности.

П. з. различают по следующим основным признакам: по этажности (главный классификационный признак) - на одноэтажные, двухэтажные, многоэтажные; по подъёмно-транспортному оборудованию - на крановые, снабженные мостовыми (электрическими) и подвесными (электрическими или ручными) кранами, и бескрановые; по виду освещения - на здания с естественным освещением (боковым и верхним), с постоянным рабочим искусственным освещением (безоконные и бесфонарные) и здания с комбинированным освещением (сочетающим естественное освещение с искусственным); по системам воздухообмена - на здания с общей естественной вентиляцией (аэрацией), с механической вентиляцией и с кондиционированием воздуха; по температурному режиму производственных помещений - на отапливаемые и неотапливаемые. По капитальности П. з. подразделяют на 4 класса в зависимости от назначения зданий и их народнохозяйственной значимости.

Одноэтажные П. з. - наиболее распространённый тип зданий промышленных предприятий. Их доля в общем объёме современного промышленного строительства составляет 75-80%. Одноэтажные П. з. обычно используют для размещения производств с тяжёлым технологическим и подъёмно-транспортным оборудованием либо связанных с изготовлением крупногабаритных громоздких изделий, а также производств, работа которых

сопровождается выделением избыточного тепла, дыма, пыли, газов и др. Одноэтажные П. з. создают благоприятные условия для рациональной организации технологического процесса и модернизации оборудования, они позволяют располагать непосредственно на грунте фундаменты тяжёлых машин и агрегатов с большими динамическими нагрузками, обеспечивают возможность равномерного освещения и естественной вентиляции помещений через световые и аэрационные устройства в покрытии.

9.3. Одноэтажные каркасные здания.

Железобетонные каркасы одноэтажных зданий (промышленных, сельскохозяйственных и др.) состоят из колонн и стропильных балок, ферм и арок, а в необходимых случаях – из подкрановых и обвязочных балок и др. все основные нагрузки в таких зданиях передаются на каркас, а стены являются самонесущими. В некоторых случаях применяют конструктивные схемы зданий с неполным каркасом, в которых вместо крайних рядов колонн предусматривают несущие стены (обычно с пилястрами). Железобетонные каркасы зданий следует проектировать из сборных типовых элементов с пролетами 6, 12, 18, 24, 30, 36 м, шагом колонн 6 и 12 м. следует отдавать предпочтение укрупненным сеткам колонн 12×24, 12×30м и т.д. В зданиях с мостовыми кранами применяют колонны прямоугольного сечения и двухветвевые с консолями для подкрановых балок.

В бескрановых зданиях применяют колонны прямоугольного сечения без консолей. Железобетонные колонны жестко заделывают в фундаменты стаканного типа. На колонны поверху опирают ригели каркаса, представляющие собой стропильную балку, ферму или арку.

Для стенового заполнения каркаса здания применяют наиболее индустриальные виды стеновых конструкций – железобетонные стеновые панели длиной, равной шагу колонн, т.е. 6 и 12м. в отапливаемых зданиях применяют утепленные панели, которые могут быть двухслойными (железобетонная ребристая панель с заполнением из легкого пористого бетона) или однослойными из легкого железобетона, армопенобетона и др. Панели крепят к колоннам болтами или сваркой закладных деталей.

Технико–экономический анализ показывает, что одноэтажные здания со сборными железобетонными каркасами экономичнее зданий со стальными каркасами. Так, при сетке колонн 6×24м расход стали на 1 м² площади здания только благодаря замене стальных ферм предварительно напряженными железобетонными снижается в 2,5 раза.

Одноэтажные промышленные здания.

Виды одноэтажных каркасных зданий

Производственные здания в основном проектируют и возводят одноэтажными (около 70%). В таких зданиях размещают производства с тяжелым и громоздким оборудованием, которое нельзя расположить на перекрытиях многоэтажных зданий, так как они получаются слишком мощными и неэкономичными. Условия размещения и эксплуатации оборудования, а также необходимость изменения в будущем технологического процесса требуют крупной сетки колонн и большой высоты здания. Одноэтажные здания во многих случаях оборудуют мостовыми подвесными кранами значительной грузоподъемности, создающими большие усилия в несущих элементах здания. Одноэтажные здания широко распространены в металлургической, машиностроительной, других отраслях промышленности.

Существуют следующие разновидности одноэтажных промышленных зданий: однопролетные и многопролетные; здания без мостовых кранов (50%), с подвесными (15%) и с мостовыми кранами (35%); здания с фонарями и бесфонарные; здания со скатной и мало уклонной кровлей. Рекомендуется проектировать одноэтажные промышленные здания прямоугольными в плане, с одинаковыми пролетами, без перепадов высот во избежание снеговых мешков. Вопрос о выборе материала несущего каркаса должен решаться на основе технико – экономического анализа. Основным материалом для одноэтажных здания – сборный железобетон. Из него возводят здания для 85% производственных площадей, тогда как из металла – лишь для 12%, а из других материалов – для 3%. Стальные несущие конструкции рекомендуют применять при больших пролетах и высотах здания ($H \geq 18\text{м}$), в зданиях с тяжелым крановым оборудованием, при необходимости установки мостовых кранов в двух ярусах, при строительстве в отдаленных районах.

Компоновка здания. Каркасные здания проектируют с обязательным соблюдением модульных размеров, принимаемых на основании Единой модульной системы. Для производственных зданий пролет до 12м принимается кратным 3,0м, а при большем пролете – кратным 6,0м. Высота помещений устанавливается кратной 0,6м при высоте до 6м и кратной 1,2м при высоте более 6 м. Шаг колонн принимается 6 и 12м. Унифицированы не только объемно – планировочные параметры: пролет, шаг колонн, высота помещения, но и их взаимосочетания, называемые унифицированными габаритными схемами.

Основные несущие элементы каркасного одноэтажного здания – поперечные рамы, которые воспринимают нагрузки от массы покрытия, снега, кранов, давления ветра на продольные стены и обеспечивают жесткость здания в поперечном направлении. Поперечная рама здания состоит из колонн, заделанных в фундаменты или блочную часть здания, и ригеля покрытия (балка

или ферма), опирающегося на колонны.

Колонны обычно соединяются с фундаментами жестко, а ригели со стойками – жестко или шарнирно. Для сборных конструкций чаще применяют шарнирное соединение. В этом случае нагрузка, приложенная к одному из элементов, не вызывает изгибающих моментов в другом. Это дает возможность независимой типизации ригеля и колонн, упрощает конструкцию стыка и допускает массовое заводское изготовление элементов. В результате конструкции одноэтажных рам с шарнирными узлами оказываются более экономичными, несмотря на то, что усилия в них больше, чем при жестком соединении элементов. Конструктивно соединение ригеля с колонной выполняется с помощью анкерных болтов и монтажной сварки опорного листа ригеля с закладной деталью в колонне.

Разбивка здания на температурные блоки. Вследствие больших размеров промышленных зданий в плане и непрерывности покрытия, представляющего единую жесткую плиту, изменения температуры наружного воздуха вызывают заметные деформации (удлинения и укорочения) поперечных и продольных ригелей, подкрановых балок и т. д. Усадка бетона приводит к аналогичным деформациям, вызывающим укорочение элементов. Эти деформации обуславливают возникновение значительных дополнительных усилий в колоннах, которые могут вызвать образование чрезмерных трещин и разрушение части элементов. Для уменьшения такого рода усилий в конструкциях предусматривают температурно – усадочные швы, устраиваемые на спаренных колоннах с доведением шва до верха фундамента.

Если расстояние между швами не превышает определенных значений, а ригели покрытия относятся к 3-й категории по трещиностойкости, то расчет на температурные воздействия может не производиться. В этом случае максимально допустимое расстояние l_{td} между швами составляет в отапливаемых одноэтажных промышленных зданиях из сборного железобетона 72, в не отапливаемых – 48м. В ряде случаев оказывается целесообразным рассчитывать каркас на температурные воздействия и увеличивать l_{td} . Это дает экономию за счет уменьшения числа поперечных рам. Температурные Δ_t и усадочные Δ_{sh} деформации в пределах блока вычисляют по формулам:

$$\Delta_t = \alpha_b l_{td} \Delta t^0; \quad \Delta_{sh} = \alpha_{sh} l_{td},$$

где α_b - коэффициент линейной температурной деформации бетона, равный $1 \cdot 10^{-5}$ 1/град; α_{sh} - коэффициент линейной усадки бетона, равный $15 \cdot 10^{-5}$; Δt^0 – максимальный расчетный перепад температуры.

Усилия в конструкциях, вызванными указанными деформациями, определяют методами строительной механики. В тех случаях, когда здание возводится на площадке с разнородными грунтами, а также когда его части имеют различную высоту и возможно их неравномерное вертикальное смещение, устраивают осадочные швы. Ими разрезают здание, включая и

фундаменты, чтобы обеспечить частям здания независимую осадку. Осадочные швы обычно совмещают с температурно – усадочными.

Обеспечение пространственной жесткости каркаса. Пространственной жесткостью здания или сооружения называют его способность сопротивляться воздействию горизонтальных нагрузок. Обеспечение пространственной жесткости имеет важное значение, поскольку чрезмерные перемещения каркаса могут привести к нарушению нормальной эксплуатации здания (работы кранов и т.п.). Пространственной жесткостью каркаса одноэтажного промышленного здания в поперечном направлении обеспечивается расчетом и конструкцией поперечной рамы. Это объясняется тем, что специальные связи в этом случае установлены быть не могут, так как они препятствовали бы технологическому процессу. Поэтому основными факторами, обеспечивающими поперечную пространственную жесткость, заземление колонн в фундаментах и достаточная изгибная жесткость колонн. Пространственная жесткость здания в продольном направлении и восприятие продольных горизонтальных нагрузок (давление ветра на торец здания, продольное усилие крана) обеспечиваются продольными рамами здания. Они включают колонны поперечных рам, фундаменты, плиты покрытия, подкрановые балки и вертикальные связи.

Вертикальные связи устанавливают по элементам покрытия и по колоннам. По элементам покрытия связи размещают в крайних пролетах температурного блока вдоль продольных осей на уровне опорных частей несущих конструкций покрытия. При скатной кровле и высоте опорной части ригеля до 900мм можно не ставить связи. Вертикальные связи по колоннам устанавливают в середине температурного блока. В бескрановых зданиях при высоте от уровня пола до низа несущих конструкций до 7,2м включительно вертикальные связи по колоннам не ставят.

Железобетонные строительные балки и плиты покрытий

Железобетонные строительные балки применяют для перекрытия пролетов 6,9,12м. При пролетах 24м и более они уступают фермам по технико – экономическим показателям и, как правило, не используются. Балки пролетами 6 и 9м предназначены преимущественно для покрытия. Балки пролетом 18м применяют в качестве поперечных ригелей, по которым укладывают плиты 3х6 или 3х12м. В зависимости от профиля кровли балки бывают двускатными, односкатными, с параллельными полками, с ломаным или криволинейным очертанием верхней полки. Двускатные балки имеют уклон верхней полки 1 : 12 для скатных кровель, 1 : 30 – для мало уклонных кровель. Из – за экономичности их чаще других применяют для покрытий пролетов 18м. Определенные трудности при их изготовлении связаны с устройством каркасов переменной высоты. При необходимости пропуска коммуникаций в уровне покрытия (воздуховоды и т. п) используют двухскатные решетчатые балки

пролетом 12 и 18м. Одноактные балки обычно применяют для устройства кровли с односторонним уклоном, например, в пристройках.

Балки с параллельными полками наиболее просты в изготовлении, имеют арматурные каркасы постоянной высоты и применяются в качестве продольных ригелей при горизонтальных кровлях. Однако по расходу бетона и арматуры они уступают двускатным. Балки с ломаным и криволинейным верхним пояском, несмотря на экономичность, не нашли широкого применения из – за сложности их изготовления. Высота сечения балок в середине пролета ($1/10...1/12$).

В целях экономии бетона сечение балок принимают тавровым (при $l = 6; 9$ м) и двутавровым ($l = 12; 18$ м). Ширину верхней полки балок из условия оперения плит покрытия и обеспечения устойчивости при транспортировании и монтаже принимают равной $1/50..1/60$, что обычно составляет 20..40см. Толщину вертикальной стенки в средней части пролета (6...8см) назначают исходя из условий изготовления балки (в вертикальном положении) и размещения поперечной арматуры (одного или двух каркасов).

Балки покрытий изготавливают из тяжелого бетона классов В25...В50 и из бетона на пористых заполнителях классов В25...В40. В основном применяют предварительно напряженные конструкции, армируемые высокопрочными стержнями, одиночной высокопрочной проволокой или пучками из нее, используются и семи проволочные канаты. Балки изготавливают на заводах строительных материалов и конструкций с натяжением арматуры на упоры.

Типовые балки со сплошным двутавровым поперечным сечением и решетчатые разработаны с несколькими вариантами армирования продольной напрягаемой арматурой классов А – IV, А- V, А- VI, Вр –II и К-7. Балки рассчитывают на равномерно распределенные нагрузки от собственного веса, веса кровли и снега, а также на сосредоточенные силы от веса фонаря и подвесного транспорта, если он есть в здании, при этом учитывается наиболее невыгодное сочетание нагрузок.

Железобетонные стропильные фермы покрытий

Железобетонные стропильные фермы применяют в качестве ригелей покрытий промышленных и общественных зданий при пролетах 18,24,30м шаге 6 и 12м. При больших пролетах железобетонные фермы получаются тяжелыми, неудобными при транспортировании, трудоемкими в монтаже и могут применяться лишь при специальном обосновании. Очертания строительных ферм зависят от профиля кровли и общей компоновки покрытия. По расходу материалов наиболее рациональны сегментные фермы с криволинейным или ломаным верхним пояском, так как их очертание в значительной степени совпадает с эпюрой моментов от внешней нагрузки. Решетка сегментных ферм может быть треугольной и без раскосной. Безраскосные фермы по расходу материалов менее экономичны, так как в поясах и стойках таких ферм

возникают значительные изгибающие моменты, а в треугольной решетке железобетонных ферм стержни работают на сжатие или растяжение. Однако трудоемкость и стоимость изготовления без раскосных ферм ниже, чем у ферм с треугольной решеткой. При возведении одноэтажных производственных зданий часто применяют двускатные полигональные фермы, для плоских кровель используют фермы с параллельными поясами.

Размеры панелей обычно назначают равными 3м. Высота ферм в середине пролета в зависимости от типа фермы находится в пределах $(\frac{1}{7} \dots \frac{1}{9}l)$. При пролетах до 18...24м фермы обычно изготавливают цельными, при пролетах свыше 24м – из отдельных элементов, соединяемых с помощью монтажных стыков в середине пролета. Растянутые элементы ферм (находящие расходы и нижние пояса) обычно изготавливают предварительно напряженными. Для напрягаемой арматуры применяют горячекатаные арматурные стержни периодического профиля классов А-IV, А-V, А_T-IV, арматурные семи проволочные пряди класса К-7, канаты и пучки из высокопрочной проволки. Конструкция сборной предварительно напряженной железобетонной фермы пролетом 24м показана. Зону анкеровки предварительно напряженной стержневой косвенным армированием с помощью сеток. Верхний пояс и стержни решетки армируются сварными каркасами.

Железобетонные стропильные арки

Арками называют системы, состоящие из криволинейных элементов, горизонтальное смещение опор которых ограничено. Это приводит к возникновению распора, обеспечивающего работу арки преимущественно на сжатие. В одноэтажных промышленных зданиях арки применяют в покрытиях средних и больших пролетов ($l \geq 30м$). Имеются примеры использования арочных конструкций в ангарах, спортивных сооружениях, мостах, где пролеты превышают 100м.

В зависимости от статической схемы работы арки бывают бес шарнирные, двух шарнирные и трех шарнирные. Они могут возводиться с затяжками или без них, в последнем случае для восприятия распора следует предусматривать специальные конструкции фундаментов. Самые простые при изготовлении и возведении – бес шарнирные арки, однако поскольку это статически неопределимые конструкции, то в них могут появляться дополнительные усилия из – за осадок опор, температурных деформаций, ползучести и усадки бетона. Наиболее экономичны двухшарнирные арки с затяжками, воспринимающими распор. Стрела подъема таких арок принимается в пределах $(\frac{1}{5} \dots \frac{1}{8})L$, отношение высоты поперечного сечения к пролету должно составлять $h/L = 1/30 \dots 1/50$. Трехшарнирные арки используются реже, так как в этом случае требуются дополнительные работы по устройству шарниров и

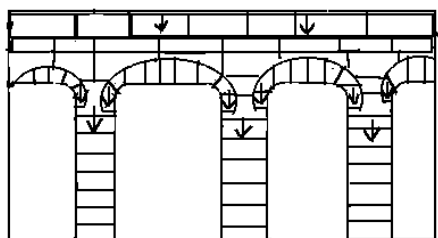
устройству тяжелых фундаментов для восприятия распора.

Очертание оси арки чаще всего принимается круговым, реже параболическим. Оптимальным очертанием оси арки ведет такое, когда оно совпадает с эпюрой моментов. Поперечные сечение арок принимают прямоугольными, двутавровыми, коробчатыми, решетчатыми и складчатыми. Продольная арматура в сечении размещается конструктивно, железобетонные затяжки необходимо делать предварительно напряженными, они конструируются аналогично нижним поясам ферм. Опорные узлы арок показаны. В зонах анкеровки напрягаемой арматуры следует предусматривать косвенное армирование сварными сетками. Для устранения провисания затяжек через 5...6м одна от другой устраивают железобетонные подвески.

Железобетонные рамы

Железобетонные рамы представляют собой плоские стержневые системы, в которых геометрическая неизменяемость обеспечивается жесткими соединениями в узлах. В зависимости от количества пролетов различают рамы однопролетные, многоэтажные. Ригели рам одноэтажных зданий изготавливаются, их соединение с колоннами рам, как правило, жесткое. Стойки рам могут иметь жесткое или шарнирное соединение с фундаментами. Применение предварительного напряжения в ригелях позволяет (известны решения рам с пролетами до 60м).

Широкое распространение получили схемы однопролетные трехшарнирных рам с ломаным ригелем, которые могут иметь разгружающие консоли или быть без них. Рамы представляют собой распорные конструкции, работа которых напоминает работу арок. По расходу материалов рамы несколько менее экономичны, чем арочные конструкции, но по простоте и трудозатратам на изготовление и монтаж они более предпочтительны. По способу изготовления рамы могут быть монолитными и сборными. Монолитные рамы применяются сравнительно редко из – за сложности производства арматурных и бетонных работ. Узлы соединения элементов монолитных рам с фундаментами, в карнизе и коньке, как правило, выполняются жесткими. Значительно чаще используются сборные железобетонные рамы..



Конструктивная схема многоэтажных зданий

Многоэтажные здания по конструктивной схеме разделяются на каркасные, панельные, объемно – блочные и комбинированные. Тот или иной тип выбирают из соображений функционального назначения здания, наличия индустриальной базы, этажности, экономики, условий строительства (вечная мерзлота, сейсмика). В промышленном строительстве наиболее удобны многоэтажные каркасные здания без специальных вертикальных диафрагм, поскольку они могут ограничивать свободное размещение технологического оборудования и производственных коммуникаций. Эти здания имеют, как правило, железобетонный каркас и самонесущие или навесные стены. Основные элементы каркаса, как и в одноэтажном здании – колонны, ригели, плиты перекрытий и покрытия. Иногда возводят здания с неполным каркасом и несущими стенами. Многоэтажные гражданские здания представлены всеми тремя конструктивными системами (каркасной, бескаркасной, смешанной), но чаще принимают бескаркасную систему (панельные здания) или комбинированную систему.

Каркасные здания. Эти здания применяют для получения больших помещений. Это прежде всего производственные, административные и общественные здания. В каркасных зданиях все нагрузки передаются на каркас, который обеспечивает прочность и устойчивость здания при всех видах воздействий. Основными элементами каркасных зданий являются железобетонные колонны, ригели, вертикальные элементы жесткости.

Панельные здания. В жилых домах, гостиницах, общежитиях необходимы частое расположение внутренних стен и обеспечение звукоизоляции. Для необходимой звукоизоляции внутренние стены должны иметь плотность не менее $0,3 \text{ т/м}^2$, что соответствует толщине бетона 16см. Такие стены, обладая достаточной прочностью, не нуждаются в каркасе. Они связываются и образуют пространственную систему, способную воспринимать горизонтальные и вертикальные нагрузки. Здания такой конструкции называются панельными. В последнем случае торговые помещения можно устраивать в пристройках к основному объему здания, используя объем нижних этажей основного здания под подсобные помещения.

Объемно – блочные здания. Дальнейшим усовершенствованием панельных конструкций являются объемные блоки, изготавливаемые на комнату или квартиру. Объемно – блочная схема отличается наибольшей заводской готовностью. Затраты труда на изготовление блоков составляют 75...80% общих трудозатрат. Применяют «блок - стакан», «блок- колпак», «блок – стакан лежащий». Блоки изготовляют монолитными или из плоских панелей путем сварки закладных деталей. Затем блок поступает на специальный конвейер, на котором выполняются отделочные и санитарно – технические работы. Масса блок до 10 т. Блоки опираются друг на друга в углах или по линиям сопряжения стен. В первом случае этажность объемно – блочных зданий обычно

ограничивается пятью этажами. Недостаток этого типа зданий – ограниченность планировочных решений, небольшая вариантность размещения блоков в плане здания.

Комбинированные здания. В многоэтажных зданиях, возводимых в больших городах на основных магистралях, целесообразно по санитарно – гигиеническим условиям (шум, запыленность, загазованность) располагать жилые помещения начиная с высоты двух – трех этажей, используя первые этаже под магазины, проезды, гаражи. В этом случае панельная конструкция здания располагается на монолитной или сборной железобетонной раме. Такая конструкция называется комбинированной. Разработка конструктивной части проекта многоэтажного каркасного здания состоит в выборе конструктивной схемы каркаса и его компоновки, расчете здания, отдельных его элементов и узлов сопряжения и конструирования.

Выбор схемы каркаса и его компоновку производят с учетом назначения и объемно – планировочного решения здания, технологических решений, производственной базы и технико – экономического анализа. Он включает в себя выбор способа обеспечения пространственной жесткости здания, сетки колонн, направления ригелей, схемы члена несущих системы на сборные элементы и т.д. Сетка колонн обычно задается архитекторами с учетом требований технологов и Единой модульной системы. Направление ригелей может быть продольным и поперечным. Важнейшим при выборе схемы каркаса многоэтажного здания является вопрос о восприятии горизонтальных нагрузок, т.е. об обеспечении пространственной жесткости. Он может быть решен путем соответствующего конструирования узлов каркаса или установкой специальных вертикальных элементов жесткости. По этому признаку несущие системы каркаса делят на рамные, рамно – связевые и связевые.

Рамная система. В рамной системе каркаса несущие функции выполняют колонны и ригели. Ригели жестко связываются с колоннами, в результате чего образуется пространственная система, состоящая из плоских рам. Рамы воспринимают все действующие на здание вертикальные и горизонтальные нагрузки и передают их фундаментам. С повышением этажности здания изгибающие моменты от ветровой нагрузки в колоннах и ригелях нижний этажей возрастают, что требует увеличения сечения ригелей. Эти системы применяют в зданиях не более 8 этажей при недопустимости устройства диафрагм в помещениях, при наличии проемов в перекрытиях зданий и т. п.

Рамно – связевая система. В зданиях более 8 этажей горизонтальные нагрузки воспринимаются рамами с жесткими узлами и вертикальными элементами жесткости, а вертикальные нагрузки – рамами и частично – элементами жесткости. В качестве таких элементов обычно используют железобетонные стенки – диафрагмы, а также металлические связи и другие

конструкции. Диафрагмы могут быть с проемами и без проемов, а по конфигурации в плане – плоскими, уголковыми, двутавровыми и т. п. Следует стремиться, чтобы диафрагмы были по возможности равномерно распределены по плану здания и увязаны каркаса связаны в пространственную систему перекрытиями, которые помимо основной работы на вертикальные нагрузки и перераспределяют их между рамами и диафрагмами.

Связевая система. Вертикальная нагрузка воспринимается рамами и частично диафрагмами. Стык ригеля с колонной решается таким образом, чтобы он мог воспринять заранее заданный небольшой опорный момент, необходимый для обеспечения пространственной жесткости здания в период его монтажа. Постоянство моментов позволяет полностью унифицировать узловые соединения и соответственно ригели и колонны каркаса. В последнее время разработаны и внедряются чисто шарнирные стыки ригелей с колоннами, позволяющие дополнительно сократить расход металла. Пространственная жесткость в период монтажа здания в этом случае обеспечивается временными связями.

Связевая система получила наибольшее распространение в многоэтажных жилых и общественных зданиях из сборного железобетона. Рамно – связевая система рекомендуется для применения при строительстве в сейсмических районах.

В зданиях высотой более 20 этажей во многих случаях вертикальные конструкции лифтовых шахт, вентиляционных камер, лестничных клеток объединяют в ядра жесткости. Такое решение удобно в планировке и технологично. Стенки ядер жесткости выполняют из монолитного железобетона. Ядро воспринимает все действующие на здание горизонтальные нагрузки и ту часть вертикальных, которая приходится собственно на ядро; остальные вертикальные нагрузки воспринимаются каркасом. В зданиях высотой более 50 этажей ядра жесткости не в состоянии воспринять ветровую нагрузку. В этом случае наружные колонны здания с помощью горизонтальных диафрагм (ростверков) объединяются с ядром жесткости и работают совместно с ним.

Железобетонные конструкции многоэтажных общественных и промышленных зданий

Для многоэтажных общественных и промышленных зданий в зависимости от нагрузок и пролетов применяются разнообразные каркасы с различным шагом колонн. Иногда в одном здании сочетают большепролетные (зальные) и мелкие помещения, т.е. применяют каркасы со смешанной сеткой колонн. В

общественных зданиях используют связевые каркасы и большепролетные, в промышленных зданиях – рамные каркасы и большепролетные. К вертикальным несущим элементам таких зданий относятся колонны, ригели, диафрагмы, ядра жесткости. Высоту промышленных зданий назначают по условиям технологического процесса и обычно понимают равной 3...7 этажам. Предполагается увеличение этажности до 8...10 и более. В соответствии с требованиями унификации высота этажа кратна 1,2м. Ширина здания обычно составляет 12...60м. Наиболее распространены сетки колонн 6х6, 9х6 и 12х6м. Размеры сетки колонн назначаются с учетом временных нагрузок ($10...30 \text{ кН/м}^2$).

Пространственный каркас промышленных зданий решается по смешанной системе. Прочность и устойчивость направления рамой с жесткими узлами в продольно – вертикальными стальными связями по колоннам, устраиваемым в каждом продольном ряду или разрежено через ряд колонн и более. Если в остальных, то для обеспечения устойчивости каркаса в продольном направлении возможно устройство «рамных устоев» в одном или нескольких пролетах. Многоэтажные сборные рамы членятся на отдельные элементы, которые соединяются путем жестких стыков. Наибольшее распространение получили сборные рамы со стыками ригелей и колонн, выполняемых на консолях.

Индустриальным решением является применение неразрезных сборных железобетонных колонн и перекрытий из плит «два Т». Колонны стыкуют через 1,2,3 и даже 4 этажа; последнее – экономичнее, поскольку сокращается число стыков. В большинстве случаев стык колонн устраивают с плоскими торцами колонн и осуществляют путем ванной сварки выпусков продольной рабочей арматуры с последующим омоноличиванием. Возможно соединение арматуры и устройство стыков с помощью эпоксидных смол и. т. д. Сечение колонн 400х400 и 600х400мм, применяют бетон классов В20...В50. Панели ребристые предварительно напряженные шириной 1500мм обычно рекомендуют для междуэтажных перекрытий. Панели, укладываемые по осям колонн, служат распорками и передают продольные нагрузки на связи, а также обеспечивают продольную устойчивость рам при монтаже.

Ригели бывают таврового и прямоугольного сечения, в первом случае панели опираются на полки, во втором – сверху ригеля. Ригели для пролетов 6м изготавливают из бетона классов В15...В25, для пролетов 9м-из тона классов В30...В40. Ригели для пролетов 6м изготавливают с ненапрягаемой и напрягаемой арматурой, а для пролетов 9...12м - только с предварительно напряженной арматурой. Если по условиям технологического процесса требуется большая сетка колонн, то здание проектируют с межфирменными этажами. В этом случае безраскосные фермы жестко связывают с колоннами, и они работают как ригели многоэтажных рам. Межфирменное пространство используют под производственные помещения.

Многоэтажные производственные здания с относительно небольшими полезными нагрузками (до $12,5 \text{ кН/м}^2$) могут решаться по связевой системе в обоих направлениях с применением облегченных конструкций каркаса. Колонны в этом случае имеют сечение $400 \times 400 \text{ мм}$. Ригели таврового сечения соединяют с колоннами с помощью скрытого стыка. Плиты перекрытий могут быть плоскими высотой сечения 220 мм или ребристыми с $h=300 \text{ мм}$. Пространственная жесткость таких зданий обеспечивается установкой на всех этажах вертикальных элементов – диафрагм из железобетонных панелей, стальных связей или однопролетных многоэтажных рам.

При проектировании даже учета только основных особенностей деформирования многоэтажных зданий для их расчета используют ЭВМ. Для целого ряда конкретных сооружений в виде воздействий оказывается возможным применять еще более упрощенные схемы, например, пространственную систему здания расчленять на части, каждую из которых рассчитывают независимо на приложенные к ней нагрузки как плоскую систему. В этих случаях для расчета можно использовать хорошо известные проектировщикам инженерные методы расчета и вспомогательные таблицы. Такой подход необходим при предварительной приближенной оценке усилий, возникающих в элементах здания, и во многих случаях он обеспечивает достаточную точность.

Железобетонные конструкции многоэтажных гражданских зданий

Каркасные здания. Многоэтажные гражданские каркасные здания широкого применяют для размещения предприятий торговли, как административные, жилые и т. п. Обычно они решаются по рамно – связевой или связевой системам, последняя применяется чаще. К вертикальным несущим элементам таких зданий относятся колонны, диафрагмы и ядра жесткости. Колонны зданий массового строительства при высоте до 16 этажей имеют унифицированное сечение $400 \times 400 \text{ мм}$. Увеличение их несущей способности в нижних этажах достигается повышением класса бетона (до В60) и процента армирования гибкой арматурой (до $\mu=15\%$). При этом устанавливают продольную арматуру из стали класса А – III. Для колонн зданий большей этажности можно применять жесткую арматуру, однако использование ее в колоннах приводит к большому расходу стали.

Повысить несущую способность колонн и сохранить их унифицированное сечение можно путем поперечного армирования часто расположенными сварными сетками армирования в сочетании с продольной обычной и особенно высокопрочной арматурой. В этом случае предельные продольные деформации бетона при сжатии повышаются более чем в 2 раза и напряжения в сжатой высокопрочной арматуре достигают условного предела текучести. Наряду с

этим появились предложения по усилению колонн нижних этажей, нагруженных продольными силами с малыми эксцентриситетами, сердечниками из высокопрочной гибкой арматуры.

Диафрагмы, воспринимающие главным образом горизонтальные нагрузки, обычно образуются из железобетонных панелей толщиной 14...18см, располагаемых между колоннами и соединенных с ними с помощью связей, воспринимающих сдвигающие усилия. Панели диафрагм могут быть плоскими или двух консольными. Двух консольные располагают в плоскостях, параллельных рамам каркаса, совмещая их с ригелями. Армируют панели контурными и промежуточными каркасами из стержней диаметром 12...16мм или сетками из проволоки диаметром 5...6мм с шагом 200мм, располагаемыми у обеих граней. Связи между панелями и колоннами осуществляют путем сварки закладных деталей: вертикальные швы заполняют цементно – песчаным раствором, горизонтальные швы бетоном на мелком щебне. Горизонтальные стыки диафрагм могут быть шапочными и плоскими. Практика показывает, что при таком соединении диафрагмы работают как сплошные монолитные столбы.

Количество и расстановка диафрагм в плане здания должны обеспечивать необходимую прочность и пространственную жесткость здания в обоих направлениях, препятствовать кручению его в плане, не создавать больших температурных усилий или неравномерных деформаций вертикальных элементов. Следует стремиться к сокращению общего числа диафрагм, увеличивая их размеры. При больших горизонтальных нагрузках в диафрагмах, обычно работающих на сжатие, в части сечений могут возникать растягивающие усилия. В этом случае диафрагмы могут быть запроектированы предварительно напряженными.

Ядра жесткости выполняются монолитными и сборными. Сечение ядер жесткости может быть коробчатым, двутавровым и т. п. Монолитные ядра жесткости делают в скользящей или переставной опалубке, при этом оставляют отверстия для дверных проемов и установки ригелей. Толщина стенок 20...40см. Сборные ядра собирают из отдельных панелей стен подобно плоским диафрагмам. В зданиях, имеющих значительную протяженность или сложную форму в плане, может устраиваться несколько ядер жесткости. Плиты и ригели составляют сборные перекрытия. Ригели проектируют таврового сечения с полкой в нижней зоне, на которую опираются плиты перекрытий; такое решение позволяет снизить строительную высоту этажа, однако в этом случае необходимо исключить возможность откола полки в месте ее примыкания к ребру путем увеличения ее высоты или армирования. Ограничения опорного момента заданной величиной ($55 \text{ кН} \cdot \text{м}$) достигают с помощью специальной металлической накладке по верху ригеля – «рыбки», привариваемой к ригелю и колонне. «Рыбка» имеет суженный участок, поперечное сечение которого соответствует растягивающему усилию при заданном опорном моменте. Увеличение нагрузки вызывает в суженной части

накладки пластические деформации, обеспечивающие поворот сечение ригеля без увеличения опорного момента. Стыка связевого каркаса может также решаться шарнирными. Конструкция его отличается от рассмотренной отсутствием «рыбки». В рамно – связевых системах, где узлы воспринимают изгибающие моменты от эксплуатационных нагрузок, стык принципиально выполняется так же, как и в рамных системах.

Панельные здания. Эти здания характерны главным образом для жилищного строительства. Ширина зданий из условий помещений назначается 12...16м. Панельные дома массового строительства решаются в одном из следующих вариантов; 1) с продольными и поперечными несущими стенами; 2) только с продольными несущими; и 3) только с поперечными несущими стенами. Конструктивная схема с поперечными несущими стенами более выгодна, так как панели перекрытий в этом случае опираются на внутренние поперечные стены (перегородки), что позволяет предельно укрупнять и облегчать наружные стеновые панели. Последние, не воспринимая нагрузки от перекрытий и выполняются из легких эффективных материалов. Основные конструкции панельных зданий – внутренние и наружные стеновые панели и панели перекрытий.

Внутренние несущие панели стен обычно проектируют однослойными из тяжелого бетона класса не ниже В15. Толщина панелей определяется требованиями прочности, звукоизоляции и огнестойкости. Наружные несущие стены выполняют в виде однослойных панелей толщиной 240...350мм из ячеистого бетона. Наружные несущие панели проектируют преимущественно двухслойными или трехслойными. Арматуру устанавливают только в слоях тяжелого бетона и выполняют в виде пространственного арматурного блока. Расчетной является только арматура перемычек. Панели перекрытий изготавливают в виде многопустотных или сплошных плит. При пролетах до 4,8м плиты выполняют без предварительного напряжения, при больших пролетах – предварительно напряженными. В здании с продольными и поперечными несущими стенами (первый вариант) панели работают как плиты, опертые по трем или четырем сторонам, в остальных случаях – по двум.

Соединения панелей стен и перекрытий должны обеспечить совместную работу элементов в здании и восприятие усилий сжатия, растяжения и сдвига. Вертикальные стыки между панелями осуществляют с помощью бетонных шпoночных швов и сварки закладных деталей. Горизонтальные стыки по способу передачи сжимающих усилий подразделяются на платформенные, контактные и комбинированные. Сопряжения внутренних стен с перекрытиями обычно выполняют с платформенными стыками, наружных – с платформенными и комбинированными.

В последние годы разработано конструктивное решение, получившее название «скрытый каркас», совмещающее достоинства зданий каркасного и панельного типа. Несущими вертикальными конструкциями являются панели,

усиленные бортовыми стальными элементами. Конструкции «скрытого каркаса» экономичнее обычных каркасных за счет хорошей совместной работы панелей с бортовыми элементами и позволяют довести этажность здания до 50 и более.

9.4. Многоэтажные здания.

9.4.1. Гражданские здания.

В настоящее время основными типами зданий являются каркасно-панельные и крупнопанельные (бескаркасные), монтируемые из крупноразмерных сборных железобетонных изделий заводского изготовления.

Каркасно-панельные здания проектируют с полным или неполным каркасом. При полном каркасе ребристые панели перекрытия опирают по углам на колонны. Колонны и рёбра перекрытий образуют пространственный каркас здания. Панели стен и внутренних перегородок – самонесущие и крепятся к стойкам каркаса. При неполном (внутреннем) каркасе крайних колонн нет, а панели наружных стен несущие. Панели перекрытий опираются на несущие наружные стены и внутренние колонны каркаса.

Широко распространены, особенно в жилищном строительстве, крупнопанельные (бескаркасные) здания; благодаря отсутствию каркаса и повышению степени заводской готовности элементов уменьшается трудоёмкость монтажа и стоимость таких зданий.

В многоэтажных каркасных зданиях размещаются предприятия легкой промышленности (приборостроения, химической, текстильной и пр.), холодильники, склады, гаражи. А также гостиницы, лечебные учреждения и др. Высоту промышленных зданий из условий эксплуатации и экономической целесообразности назначают в пределах семи этажей (до 40м), а гражданских – до 12 этажей; высотные здания имеют 20 этажей и более. Ширину многоэтажных промышленных зданий в целях унификации конструктивных схем принимают равной 18, 24, 36м и более, расстояние между поперечными разбивочными осями (шаг колонн) – 6м (иногда и более – до 18м), высоту этажей – кратной модулю 0,6м. Ширина гражданских зданий обычно не превышает 14м. Многоэтажные каркасные здания проектируют с полным каркасом, где стены являются самонесущими или навесными и с неполным каркасом, когда крайние ряды стоек каркаса заменяют несущими стенами. Промышленные здания проектируют преимущественно с полным каркасом.

Многоэтажные каркасные здания представляют собой систему поперечных рам, связанных в продольном направлении жесткими в своей плоскости междуэтажными перекрытиями. Перекрытия могут быть балочными или безбалочными; в последнем случае ригелем рамы служит железобетонная

плита, жестко связанная с капителями колонн. Вертикальные нагрузки в каркасных зданиях во всех случаях передаются на поперечные рамы. В зависимости от того, как воспринимаются горизонтальные нагрузки, различают каркасные здания рамной и рамно-связевой конструктивных систем.

В зданиях рамной системы горизонтальные нагрузки (ветровые) полностью передаются через стены и перекрытия на поперечные рамы, которые должны быть рассчитаны на восприятие таких нагрузок. В зданиях рамно-связевой системы горизонтальные нагрузки через наружные стены передаются на междуэтажные перекрытия, которые, работая как горизонтальные диафрагмы, передают давление на вертикальные связевые диафрагмы. Такими диафрагмами могут быть поперечные и торцевые стены, блоки лестничных клеток и др. Вертикальные связевые диафрагмы работают на горизонтальные нагрузки как консоли, защемленные в фундаменте. При недостаточно жестких вертикальных связевых диафрагмах часть горизонтальных нагрузок передаётся на поперечные рамы.

Каркасные здания рекомендуется проектировать из сборных железобетонных элементов – колонн, ригелей, панелей перекрытий.

9.4.2 Промышленные здания.

Многоэтажные П. з. сооружаются в основном для производств, требующих организации вертикального (самотёчного) технологического процесса, а также для ряда производств, оснащенных сравнительно лёгким малогабаритным оборудованием (точное машиностроение, приборостроение, электронная и радиотехническая промышленность, лёгкая и пищевая индустрия, полиграфическая промышленность и др.). Многоэтажные П. з. обычно освещаются естественным светом через боковые светопроёмы; широкие многоэтажные П. з. имеют совмещенное освещение. В массовом строительстве преобладают П. з. с числом этажей от 3 до 6 и нагрузками на перекрытия $5-10 \text{ кН/м}^2$. В тех случаях, когда строительство осуществляется на площадках ограниченных размеров, могут применяться П. з. повышенной этажности (до 10 этажей и более). Для современных многоэтажных П. з. характерны сетки колонн $6 \times 6 \text{ м}$, $9 \times 6 \text{ м}$, $12 \times 6 \text{ м}$ с тенденцией к использованию ещё более крупных сеток. Общая ширина многоэтажных П. з. обычно $36-48 \text{ м}$, б). В многоэтажных П. з., предназначенных для производств с повышенными требованиями к чистоте воздушной среды и стабильности температурно-влажностного режима, обычно устраивают технические этажи для размещения инженерного оборудования и коммуникаций, в), которые, в частности, могут располагаться в пределах высоты ферм междуэтажных перекрытий. Наблюдается тенденция к увеличению удельного веса многоэтажных П. з. в общем объёме промышленного строительства в связи с необходимостью экономии городских территорий и земель, пригодных для использования в сельском хозяйстве.

Для строительства многоэтажных П. з. применяют главным образом железобетонные каркасы рамного типа, воспринимающие горизонтальные усилия жёсткими узлами рам либо решенные по рамно-связевой схеме с передачей горизонтальных усилий на диафрагмы, стены лестничных клеток и лифтовых шахт. Каркасы многоэтажных П. з., как правило, выполняют сборными или сборно-монолитными с балочными или безбалочными конструкциями междуэтажных перекрытий. Балочные перекрытия включают балки, опирающиеся на выступающие или скрытые консоли колонн и гладкие (многопустотные) или ребристые плиты, для опирания которых служат полки балок. Безбалочные перекрытия применяют обычно в таких П. з., где по условиям производства необходимы конструкции с гладкой поверхностью потолка (пищевая промышленность, склады, холодильники и т.п.). При безбалочном решении плоские плиты междуэтажного перекрытия опираются на капители колонн или непосредственно на колонны (с использованием перекрёстной жёсткой арматуры, располагаемой в пределах толщины перекрытия и выполняющей функции капителей). Безбалочные конструкции перекрытий П. з. выполняют преимущественно из монолитного железобетона; при этом в некоторых случаях применяют подъёма этажей метод.

Контрольные вопросы.

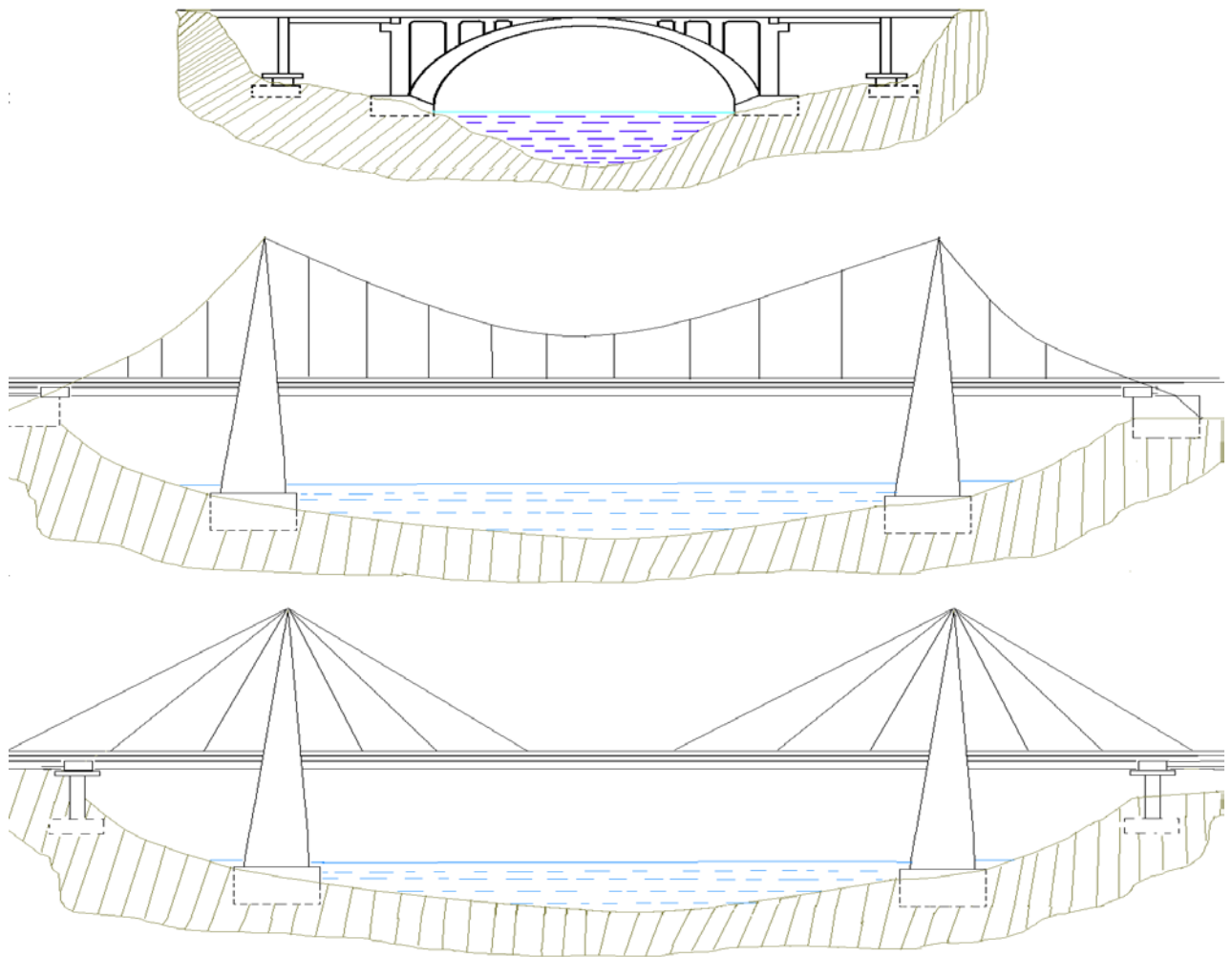
- 1. Стены и каркасы.**
- 2. Типы каркасных зданий.**
3. Особенности многоэтажности пром. зданий.
4. Унификация и сетка комын в строительстве промзданий.
5. Спецификация требования к промышленным здания в условиях Республики Узбекистан.
6. Типы конструкции применяемые в промзданиях.

ГЛАВА 10. МОСТЫ, ПУТЕПРОВОДЫ И МЕТРОПОЛИТЕНА.

Краткое содержание: Анализируются строительные типы мостов и путепроводов, излагается история развития и конструктивные формы этих сооружений, рассматривается опыт строительства метрополитена в городе Ташкенте.

10.1. Общие сведения. Конструкция мостов и путепроводов

Мосты и путепроводы, сооружения, прокладываемые над препятствием. Различают Мост: по виду преодолеваемого препятствия - Мост через реки и др. водотоки. Имеются множества вариантов мостов (см.рис.10.1.)



Р

Рис.10.1. Варианты мостов

через дороги (путепроводы), через овраги и ущелья (виадуки, эстакады); Типы мостов по роду прокладываемого пути бывают (по назначению) - железнодорожные мосты, автодорожные мосты, городские мосты, пешеходные мосты, Мост для совмещённого движения транспорта, для пропуска водных путей (Мост- каналы), для целей водоснабжения (акведуки), для пропуска газо- и нефтепроводов; Конструкция мостов по материалу основных частей - деревянные мосты, каменные мосты, железобетонные мосты, стальные мосты.

Стоимость возведения мостов составляет до 15% общих затрат на строительство дороги, а на современных скоростных автомагистралях и более. К мостам предъявляют особые требования в отношении их прочности, надёжности и долговечности. Наряду с этим конструкции Мост должны отвечать требованиям индустриального изготовления и механизированного возведения и, следовательно, обеспечивать быстрые темпы строительства при

высоком качестве выполнения работ.

Конструкция Мостов, как правило, состоит из пролётных строений и опор. На пролётном строении моста расположены проезжая часть для транспорта, пешеходные проходы, трубопроводы. Различают пролётные строения речные (над судоходной частью реки) и береговые (над остальной её частью). Проезжая часть на пролётном строении может быть расположена ниже основных несущих конструкций (езда понизу) или выше последних (езда поверху). Возможно, и среднее расположение проезжей части (езда посередине). Промежуточные опоры Мостов. называют быками, а концевые - устоями. С помощью устоев осуществляется сопряжение Моста. С насыпями подходов. Нагрузки на опоры от пролётного строения передаются через опорные части. Встречаются системы Мост (например, рамные), в которых пролётное строение составляет одно целое с опорой (в таких случаях опорные части не устраивают).

Основные размеры Мостов: полная длина L - расчётные пролёты пролётных строений, измеряемые между центрами их опирания l_1, l_2, l_3 ; пролёты в свету между опорами l_{01}, l_{02}, l_{03} ; ширина проезжей части и тротуаров. Положение конструкций по высоте характеризуется отметками (высотами над условным горизонтом) уровня проезда (УП), горизонта меженных (низких) вод (ГМВ), горизонта высоких вод (ГВВ), подошв фундаментов опор (ПФ).

Высота Моста (отметка), а также пролёты в свету для главных пролётов Мост через судоходные реки обычно определяются условиями пропуска судов. Для путепроводов длина пролётов в свету и отметка определяются габаритом нижележащей дороги. В остальных случаях уровень проезжей части обычно назначается по условиям трассирования дороги, проходящей по Мосту. Число и длина пролётов выбираются, исходя из наименьшей стоимости Моста, на основании сравнения нескольких вариантов. Ширина проезжей части и служебных тротуаров (габарит Мост), а также ширина и высота свободного пространства под Мост (судоходный габарит) должны обеспечивать пропуск сухопутного и водного транспорта ожидаемой интенсивности. Для Мост под автомобильную дорогу ширина проезжей части назначается в зависимости от числа полос движения автомобилей (при ширине одной полосы 3,5-3,75 м).

По системе основных конструкций различают балочные мосты, арочные мосты, рамные мосты, висячие мосты, вантовые мосты, комбинированные Мосты. Особую группу образуют наплавные мосты, разводные мосты и сборно-разборные Мосты.

10.2. Типы мостов.

Балочные Мосты имеют пролётные строения с несущими конструкциями в виде сплошных балок или сквозных ферм: простых, неразрезных или консольных, с выходящими в соседний пролёт концами (консолями), соединёнными с помощью шарниров или подвешенных к ним простых балок.

Неразрезные балки по сравнению с простыми несколько сложнее по конструкции, однако, они экономичнее и обеспечивают более плавный профиль проезда по Мосту, что особенно важно при высоких скоростях движения.

Арочные Мосты требуют (по сравнению с балочными) меньших затрат материалов на пролётные строения. С другой стороны, опоры арочных Мостов в конструктивном отношении должны быть достаточно развиты для восприятия горизонтальных сил, и поэтому стоимость их возведения обычно выше, чем опор балочных Мостов. Применением затяжки можно освободить опоры от действия распора, но в этом случае возрастают затраты на устройство пролётного строения.

Рамные Мосты имеют опоры (колонны, стойки), жестко соединённые ригелями с пролётными строениями. Ригель может быть соединён с несколькими стойками. В современном мостостроении получили также распространение Мосты, состоящие из отдельных Т-образных рам, соединённых шарнирами (рамно-консольные Мосты) или балками, подвешенными к концам ригелей (рамно-подвесные Мосты).

Висячие Мосты по своей работе схожи с арочными, но в отличие от последних несущий элемент висячих Мостов расположен выпуклостью вниз и растянут, а распор действует на опоры в направлении внутрь пролёта. К висячим Мостам близки по своим конструктивным особенностям вантовые Мосты. В несущих конструкциях Мостов комбинированных систем используют совместно части Мостов разных типов (например, балочных и арочных).

Историческая справка. Капитальные Мосты начали строить в эпоху рабовладельческого общества. В Древнем Риме, имевшем развитую сеть дорог (их общая протяжённость составляла около 75 тыс. км), было сооружено много каменных и деревянных Мостов и акведуков. Частично сохранившиеся каменные Мосты имели сплошные, преимущественно полуциркулярные, своды небольших пролётов и быки, ширина которых достигала $\frac{1}{3}$ - $\frac{1}{2}$ пролёта. Строили также и лёгкие деревянные Мосты на сваях или наплавные Мосты, нередко применявшиеся в военных целях.

В России Мосты известны с древнейших времён. "Повесть временных лет" сообщает о постройке Моста в середине 10 в. В летописи упоминается наплавной Мост через р. Днепр в Киеве (1115 г.). Сооружались и балочные деревянные Мосты на опорах в виде срубов из брёвен, заполненных камнем (ряжи). Широкое развитие строительства Мостов (главным образом каменных) получило в Армении и Грузии.

В 16-17 вв. развивались сухопутные и водные пути сообщения. Для пропуска судов требовались Мосты с большими пролётами. В 18 в. пролёт деревянных Мостов на каменных опорах достигает 119 м (Мост через р. Лиммат в Германии). Выдающимся достижением того времени явился проект деревянного арочного Моста пролётом 298 м через р. Неву, составленный талантливым русским механиком-самоучкой И. П. Кулибиным. С конца 18 в. в мостостроении

начинают применять металл. Первый металлический (чугунный) Мост был построен в Великобритании через р. Северн в 1779 г. Он имел пролёт около 30 м, перекрытый чугунными арками. Чугунные арочные Мосты получили распространение и в др. странах, в том числе в России. Один из таких Мост, построенный в Петербурге в 1850 году русским инженером С. В. Кербедзом (ныне Мост лейтенанта Шмидта), состоял из 7 пролётов по 45-47 м.

В 1-й половине 19 в. было сооружено несколько крупных висячих Мостов (с железными цепями) пролётами, достигавшими 265 м. Однако вследствие своего конструктивного несовершенства и недостаточной жёсткости многие из них разрушились от действия ветра или от нарастания амплитуды колебаний при проходе большого количества людей, идущих в ногу (явление резонанса). В середине 19 в. начали строить балочные стальные Мост. Одним из первых был ж.-д. Мост "Британия", построенный в Великобритании инженером Р. Стефенсоном. Мост имел пролётные строения в виде двух неразрезных балок трубчатого поперечного сечения пролётами 70 и 140 м. В этот период при проектировании и строительстве Мост проводились первые опыты по их моделированию. Получает развитие теория расчёта Мостов. Большое значение имели исследования русского инженера Д. И. Журавского, разработавшего методы расчёта раскосных ферм, балок на поперечную силу и построившего несколько крупных Мост на железной дороге Петербург - Москва.

Во 2-й половине 19 в. основным типом Мост становится стальной Мост с балочным пролётным строением, причём для средних и больших пролётов нередко применяются сквозные фермы. В создании новых конструкций и форм пролётных строений и совершенствовании их расчёта большая заслуга принадлежит русской школе мостостроения и, в частности, профессорам Н. А. Белелюбскому и Л. Д. Проскурякову. Построенный в 1875-81 по проекту Белелюбского М. через Волгу у Сызрани длиной 1443 м (13 пролётов по 111 м) был в то время крупнейшим в Европе.

В 20 в. рост промышленного производства и совершенствование строительного дела обусловили дальнейшее развитие мостостроения; значительно увеличиваются пролёты, перекрываемые стальными пролётными строениями. Строятся такие крупные сооружения, как балочный консольный Мост через р. Св. Лаврентия в Квебеке (1917) пролётом 549 м (Канада), арочный Мост через пролив Килл-Ван-Калл в Нью-Йорке (1931) пролётом 503,8 м (США). В 1937 был построен висячий Мост через пролив Золотые Ворота в Сан-Франциско (США) с главным пролётом длиной 1280 м.

В бывшем СССР сооружены крупные металлические мосты: через Волгу у Горького и Саратова (1935), через Днепр у Запорожья (по проектам Н. С. Стрелецкого) и др. Благодаря работам Е. О. Патона в мостостроении всё шире стала применяться автоматическая сварка при изготовлении и монтаже конструкций пролётных строений.

С начала 20 в.в Республике Узбекистан получили значительное

распространение железобетонные мосты. Железобетон применялся в основном для балочных пролётных строений пролётами до 50 м, (пролёты последних превышали 250 м). За последние годы. Были построены ряд уникальных арочных Мостов. из монолитного железобетона (например, Мосты и путепроводы через ул Уста – ширин, на Юнусабаре и на Ипподроме.

В республике Узбекистан мостостроение имеет свою историю и она развивается за она последние 150 лет. Особо значимыми являются мосты через реку Сырдарья, Анхор и др. Мостостроение в республике, в городе Ташкенте получила после строения железных дорог, а развития путепроводов после строительства метрополитена. Следует отметить, что новый этап развития мостостроения и путепроводов начались с 1996 года. За последние 5-7 лет построены такие мосты как Юнус Абадский, Ахмад Данишеский и Саларские, а также мост на Ипподроме.

10.3. Конструктивные формы современных мостов и путепроводов.

В современном мостостроении основные конструкции металлических Мостов выполняются из мягких и низколегированных сталей; в отдельных случаях - из сплавов алюминия. Для конструкций ж.-д. металлических Мост с пролётами до 80 м и Мост на автомобильных дорогах с пролётами до 300 м обычно применяют сплошные металлические балки постоянной или переменной высоты. Главные балки соединяют между собой связями. Сверху на балках укладывают железобетонную плиту проезжей части. Плиту соединяют (специальными упорами) с металлическими главными балками, обеспечивая тем самым их совместную работу и, следовательно, экономию металла в конструкции (такие Мост называют сталежелезобетонными). Применяют также коробчатые главные балки, которые выполняют из стальных листов, подкрепленных изнутри продольными рёбрами и поперечными диафрагмами. Плиту проезжей части на таких балках делают железобетонной или металлической. Эти пролётные строения экономичны, легки и жёстки, что даёт возможность применять их при значительных пролётах (до 300 м). Металлические пролётные строения в виде сквозных ферм могут применяться для больших пролётов (свыше 500 м). Сквозные фермы более экономичны, но сложнее в изготовлении и сборке, чем сплошные балки. Для устройства ж.-д. пути или авто проезда между фермами укладывают продольные и поперечные балки проезжей части, а по ним железобетонную плиту проезжей части или ж.-д. путь.

Металлические арочные Мосты. сооружают для перекрытия пролётов до 500 м (при наличии прочных грунтов в основании). Чаще всего их строят в гористой местности. Один из крупнейших арочных Мост (Мост через р. Влтава в Чехословакии, 1967) имеет пролёт около 320 м.

Для перекрытия пролётов, превышающих 1000 м (например, при

пересечении устьев глубоких рек, морских заливов и проливов, где строительство большого числа опор сложно и неэкономично), строят висячие мосты. Кабели их выполняют из высокопрочных стальных проволок, расположенных параллельно или свитых в тросы. Пилоны висячего М. обычно коробчатые, металлические, иногда их делают железобетонными. Наибольший пролёт (1298 м) имеет висячий мост через бухту Веррацано - Нарроус (США, 1964).

Вантовые М. находят всё большее применение при пролётах 150-350 м. Ванты, поддерживающие балку жёсткости, могут сходиться к вершине пилона или проходить параллельно друг другу. Используют и несимметричные однопилонные схемы (М. через р. Рейн в Кёльне, 1959). Двухвальные или коробчатые балки жёсткости висячих и вантовых Мост располагают в плоскостях подвесок или вант. Для крупных пролётов (более 500 м) главные балки заменяют сквозными фермами.

Железобетонные Мосты подразделяют на монолитные и сборные. Монолитные Мосты бетонируют на месте строительства; сборные Мосты возводят из отдельных частей, изготовленных на специализированных заводах железобетонных конструкций или на приобъектных полигонах. Балочные железобетонные Мост обычно имеют плиту проезжей части с тротуарами, поперечные балки (диафрагмы) и главные балки. Плита проезжей части входит в состав главных балок.

Большое распространение получили неразрезные консольные и рамные железобетонные Мост пролётами 50-200 м. Главные балки таких Мост, как правило, коробчатые. Для навесных способов сооружения Мост наиболее рациональны рамно-подвесные и рамно-консольные системы, т. к. для ригелей Т-образных рам, как при монтаже, так и при эксплуатации, растяжение возникает у верхней грани и требуется установка только верхней арматуры. Для неразрезных балок необходима установка и нижней арматуры, что значительно усложняет работу.

Сооружают также и арочно-консольные М., в которых 2 полуарки, соединённые поверху затяжкой, образуют Т-образную раму. Построен ряд крупных мостов этой системы (например, метро-М. в Киеве).

В связи с развитием автомобильного транспорта, на автомобильных дорогах, особенно в городах, возводят сложные многоярусные сооружения мостового типа - криволинейные в плане и профиле пересечения, состоящие из железобетонных или стальных эстакад или путепроводов. Часто криволинейные пролётные строения имеют коробчатое поперечное сечение.

Опоры современных металлических и железобетонных Мост выполняют обычно из монолитного бетона или сборного железобетона (облегчённой конструкции) на естественном или свайном основании.

Расчёт мостов производится преимущественно по методу предельных состояний. Каждая часть Мост (пролётные строения, опоры) должна

удовлетворять условиям прочности, деформативности и трещиностойкости при действии на сооружение самого невыгодного сочетания нагрузок. Различают 2 вида нагрузок, действующих на Мост: постоянные (собственный вес Мост, предварительное напряжение арматуры); временные (вес ж.-д. составов или колонн автомобилей и толпы людей на тротуарах, гусеничные или колёсные нагрузки, давление ветра, льда, навал судов на опоры, удары проезжающего транспорта о рельсы или тротуары, силы, возникающие при его внезапном торможении и др.). В сейсмических районах учитывают инерционные нагрузки, возникающие при землетрясении. Все расчётные нагрузки нормированы с учётом существующего движения транспорта и перспектив его развития. Методы расчёта Мостов основаны на достижениях математики, строительной механики, теории сопротивления материалов и др. наук. При расчётах Мост широко используются.

10.4. Проектирование метрополитена.

Растущие масштабы промышленного и жилищного строительства в развитых странах, расширение границ городов, формирование групповых систем расселения, организация зон массового отдыха трудящихся требуют научной разработки комплексных схем развития всех видов городского транспорта и в первую очередь метрополитен как наиболее удобного средства массовых перевозок пассажиров. Проектирование основных направлений развития метрополитен, включая размещение станций, пересадочных узлов между линиями Метрополитен и в местах пересечения с ж. д. и узловыми пунктами уличного транспорта, ведётся на основании Генерального плана развития города и генеральной схемы сети Метрополитен; последняя разрабатывается с учётом размещения зон массового приложения труда и учреждений обслуживания и отдыха, направления и величины пассажирских потоков, а также необходимой взаимосвязи с др. видами городского, пригородного и магистрального пассажирского транспорта.

Метрополитен, метро (франц. *métropolitain*, буквально — столичный, от греч. *metropolis* — главный город, столица), городская внеуличная железная дорога для массовых скоростных перевозок пассажиров. Название М. было принято в СССР и во многих других странах; другое название — «подземка» (англ. *underground*, амер. *subway*, нем. *U-Bahn*).

Метрополитен отличается большой пропускной способностью, регулярностью и высокой эксплуатационной скоростью движения поездов. Линии Метрополитена могут быть подземными, наземными и надземными. Подземные линии Метрополитена получили наибольшее распространение, т.к. они не нарушают исторически сложившейся планировки города, не стесняют движения городского наземного транспорта и пешеходов, способствуют уменьшению шума и вибрации в зданиях от движения поездов.

Наземные линии Метрополитена сооружают в районах с невысокой плотностью застройки, при расширении существующей сети Метрополитена, устройстве объединённых пересадочных станций Метрополитена с пригородными железными дорогами, на концевых участках, примыкающих к депо. Наземные участки Метрополитена должны иметь ограждение. Надземные линии на эстакадах сооружают на участках, с учётом рельефа местности, при пересечении автомобильных и железных дорог, водных и др. преград. Необходимость в Метрополитене, скоростном транспорте, не загромождающем уличной дорожной сети и не имеющем пересечений в одном уровне, ощущается в большинстве городов с численностью населения свыше 1 млн. человек.

Метрополитен включает большой комплекс сооружений, где основными являются: станции и вестибюли со служебными помещениями, эскалаторные устройства, перегонные тоннели, камеры съездов и тупики, вагонные депо с производственными цехами и бытовыми помещениями, тяговые и понижающие электрические подстанции, тоннельные сооружения для инженерного и санитарно-технического оборудования, вентиляции, водоотлива и водоснабжения.

Историческая справка. Первая внеуличная железная дорога длиной 3,6 км для поездов с паровой тягой была построена в Лондоне в тоннелях мелкого заложения в 1860—63 фирмой «Метрополитен рейлуэй» (Metropolitan Railway). С 1890 в Лондоне началось строительство тоннелей глубокого заложения, а введение электрической тяги освободило тоннели от дыма и копоти и улучшило условия эксплуатации городской подземной линии. В 1868 в Нью-Йорке была открыта надземная (на металлических эстакадах) городская ж.-д. линия с канатной тягой (замененной в 1871 на паровую, а в 1890—на электрическую). Старейшими на Европейском континенте являются Метрополитена Будапешта, построенный в 1896, а также Метрополитена Парижа, пуск первой линии которого был приурочен к открытию Всемирной промышленной выставки 1900. Впоследствии Метрополитена были построены в Мадриде, Барселоне, Афинах, Токио, Осло, Стокгольме и др. городах. Проектирование, строительство и эксплуатация линий М. нередко велись конкурирующими фирмами, вследствие чего эти линии в ряде случаев не составляли единой сети, иногда отличались шириной колеи, напряжением в контактной сети.

В крупнейших и крупных городах различных стран развитие и реконструкция существующих сетей и строительство новых линий Метрополитена особое значение приобрели после 2-й мировой войны 1939—45. Интенсивное развитие городов часто требовало отказа от эстакад и постепенной замены наземных и надземных Метрополитена подземными. Основные сведения о Метрополитена наиболее крупных городов мира, по данным Международного союза общественного транспорта, приведены в таблице.

Начало развитию метростроения в СССР было положено решением пленума ЦК ВКП(б) от 15 июня 1931 «О строительстве Московского метрополитена».

Для осуществления строительства была создана мощная, оснащенная отечественной техникой строительная организация «Метрострой». Строительство Метрополитена было начато в 1932. Первые линии Московского Метрополитена имени В. И. Ленина общей протяжённостью 11,6 км с 13 станциями и всем комплексом сооружений были построены за 3 года и сданы в эксплуатацию 15 мая 1935. Таких темпов сооружения Метрополитена не знала мировая практика. Дальнейшее строительство Метрополитена в Москве ведётся непрерывно, оно не прекращалось даже в годы Великой Отечественной войны 1941—45. Эксплуатационная длина линий Метрополитена Москвы составляет (1973) свыше 148 км (в двухпутном исчислении), строительная длина — 156 км; число станций — 96. Суточный пассажиропоток достигает 4840 тыс. человек, или 35,7% от городских пассажирских перевозок. По качеству сооружений, выразительности архитектуры, техническому оснащению, эксплуатационным характеристикам и комфортабельности Московский Метрополитена значительно превосходит зарубежные Метрополитена В соответствии с Генеральным планом развития Москвы, принятым ЦК КПСС и Советом Министров СССР в 1971 и рассчитанным на 25—30 лет, протяжённость сети Московского Метро полета намечено довести до 320 км.

Опыт строительства Московского Метрополитена был использован при сооружении Метрополитена в др. городах СССР. 15 ноября 1955 сдан в эксплуатацию первый участок Метро полета в Ленинграде протяжённостью 10,8 км с 8 станциями. 6 ноября 1960 открыто движение на первой линии Киевского Метрополитена. В январе 1966 вступил в строй Метро полета. в Тбилиси, а в 1967 — в Баку. Начато строительство городских подземных ж. д. в Харькове и Ташкенте, изучается целесообразность сооружения Метрополитена. в ряде др. городов. В город Ташкенте за последних 20 лет создала там сеть Метрополитена с длинный около 50 км с до и конструкция и архитектура прекрасно отражено надку и практику развития к надобных сотружений)



В зависимости от характера эксплуатации сети метрополитен проектируются с независимым (замкнутым) движением поездов по отдельным, не связанным между собой линиям (как, например, в Москве, Ленинграде и др. городах бывшего СССР), с переходом части поездов с одной линии на другую (Лондон, Нью-Йорк) и в виде комбинированных сетей. Метрополитен удобен для пассажиров, совершающих сравнительно дальние поездки, поэтому расстояние между станциями в городах, как правило, устанавливается от 1 до 2 км. Среднее расстояние между станциями метрополитен Берлина, Мадрида, Милана, Буэнос-Айреса, Торонто и некоторых др. городов Европы и Америки составляет 500—800 м. В ряде городов (например, в Париже, Сан-Франциско, Лос-Анджелесе) проектируются и строятся, а в Нью-Йорке эксплуатируются линии скоростного метрополитен (метро-экспресс), на которых станции располагаются через 3—6 км и связываются удобными и короткими переходами («через платформу» или др. типа) со станциями обычных линий метрополитен. Для сокращения затрат времени на передвижение пассажиров строительство скоростного метрополитен намечается и в СССР (в Москве и Ленинграде).

Глубина заложения линий метрополитен, типы тоннельных сооружений и методы производства работ устанавливаются на основании детальных строительных, инженерно-геологических, технико-экономических и др. исследований. Более экономичным является сооружение линий метрополитен мелкого заложения. Они удобнее и дешевле в эксплуатации. Пассажир затрачивает минимум времени при подходе к поездам и выходе со станции. Тоннели линий мелкого заложения сооружаются обычно на глубине 10—15 м от

уровня земли. Линии Метрополитен. глубокого заложения (30—50м) прокладываются в районах города с плотной многоэтажной застройкой и развитым подземным хозяйством, а также при неблагоприятных геологических и гидрогеологических условиях для сооружения линий мелкого заложения. Сооружение тоннелей глубокого заложения не нарушает нормальной жизни города и почти не влияет на устойчивость зданий и подземных коммуникаций.

Нормируемые параметры трасс Метрополитен в плане и профиле обеспечивают высокие эксплуатационные качества пути и плавность хода поездов. План линий Метрополитен. определяется расположением основных районов высокой концентрации пассажиров, городской планировкой, транспортными и инженерными подземными коммуникациями (тоннели, магистральные коллекторы и др.). При мелком заложении тоннели сооружаются вдоль основных магистралей города. Наименьший радиус кривых разрешается применять на главных путях Метрополитен бывшей СССР, равный 500м, что значительно превышает соответствующие показатели зарубежных метрополитенов (Лондон—100м, Мадрид—90м, Берлин—75м).

При проектировании продольного профиля линии Метрополитен учитываются особенности эксплуатации подвижного состава и необходимость устройства водоотвода. Допускается наибольший уклон путей 0,040%, наименьший — 0,003%. Станции располагаются в плане на прямых участках, а в профиле линии — на возвышениях. Ширина колеи советского Метрополитен одинакова с шириной нормальной ж.-д. колеи (1520мм). В зарубежных Метрополитен наиболее распространена ширина колеи 1435 мм. Однако в некоторых странах отсутствует единый стандарт на ширину колеи (в Японии, например, приняты колеи 1067, 1372, 1435 и 2180 мм). На отдельных линиях Метрополитена в Париже, Монреале, Мехико и Саппоро имеется специальная колея для поездов на пневматических шинах (с бетонными дорожками), что обеспечивает плавность и бесшумность движения поездов и позволяет трассировать линии с увеличенными уклонами.

10.5. Конструкция станций метрополитена.

Особое положение в комплексе сооружений Метрополитена. занимают станции, вестибюли и пересадочные узлы, непосредственно связанные с обслуживанием пассажиров. Наряду с выполнением своих основных функций они должны обеспечивать безопасность пассажиров, обладать определёнными удобствами (в т. ч. максимально короткий путь от поверхности к перронным залам и в обратном направлении, чистота и оптимальная температура воздуха и др.). В местах пересечений или соприкосновений различных линий Метрополитена сооружаются пересадочные (узловые) станции. Их перронные залы соединяются лестницами и коридорами (узлы коридорного типа) или только лестницами либо эскалаторами (узлы двухъярусного — т. н. башенного

типа), а иногда располагаются в одном уровне, с пересадкой «через платформу» непосредственно из вагона в вагон (узлы объединённого типа).

В бывшем СССР станции М. и переходы оборудовались эскалаторами для подъёма пассажиров на высоту более 5 м. При высоте более 7 м предусматриваются эскалаторы и для спуска пассажиров. В зарубежной практике иногда применяют подъёмники лифтового типа с кабинами вместительностью до 130 человек.

Станции мелкого заложения сооружаются главным образом со вскрытием поверхности. Для их перекрытия используются стоечно-балочные конструкции с 1, 2 или несколькими рядами опор или сводчатые конструкции, рассчитанные на нагрузки от массы земли толщиной 1—2,5 м и движущегося по поверхности уличного транспорта. Станции глубокого заложения обычно представляют собой сочетание 2, 3 или нескольких тоннелей с монолитной или сборной обделкой, выдерживающей давление вышележащих пород. Обделка в каждом тоннеле состоит из замкнутых и соединённых между собой колец, образованных чугунными или железобетонными тюбингами. Эти станции подразделяются на пилонные и колонные. В пилонных станциях Метрополитена опорами перекрытия служат массивные пилоны, образованные 2—4 или большим количеством тюбинговых колец, в колонных — стальные или железобетонные колонны. Строительство колонных станций дороже и сложнее строительства пилонных, но более открытое внутреннее пространство колонных станций удобнее для движения массовых потоков пассажиров и облегчает их зрительную ориентацию. В основном в периферийных районах городов, где проходят наземные линии, сооружают станции в виде павильонов или с открытыми платформами, защищенными лёгкими навесами и козырьками. Тип станции во многом зависит от конкретных условий строительства (особенно от гидрогеологической обстановки). Первые станции лондонского Метрополитена, сооружавшиеся под проезжей частью улиц, имели сводчатые перекрытия из кирпича с вентиляционными решётками, устроенными непосредственно на тротуарах. Поездные пути располагались по центральной продольной оси станции Метрополитена, по сторонам путевого полотна находились две боковые пассажирские платформы (этот тип станции с узкими, шириной 1,5—3 м, боковыми платформами, простой по устройству, но недостаточно удобный для пассажиров, получил распространение в Метрополитена Западной Европы и Америки). В дальнейшем при строительстве в Лондоне станций Метрополитена глубокого заложения (как и при сооружении перегонных тоннелей) начали применять ограждающие конструкции кольцевого сечения из чугунных тюбингов, облицованные керамической плиткой. Большинство станций парижского Метрополитена имеет одинаковую односводчатую конструкцию (камень, облицованный глазурованной плиткой), с центральным расположением путей и боковыми пассажирскими платформами. После постройки первых станций берлинского Метрополитена

распространились станции Метрополитена с пассажирской платформой т. н. островного типа (расположенной между путями). Преимуществами такой станции являются удобное расположение входов и выходов со стороны торцов платформы, полное использование всей площади платформы, лёгкость ориентировки пассажиров и возможность изменения направления поездки без перехода через пути.

В зарубежной практике строительства Метрополитена, за исключением [например, входы в парижский Метрополитена (металл, стекло, около 1900, архитектор Г. Гимар, стиль «модерн»); наземный вестибюль станции «Арносгров» в Лондоне (кирпич, бетон, 1932, архитектор П. Адамс и др.), преобладает утилитарный подход к архитектурному решению М. Большое внимание облику Метрополитена, особенно станций, стали уделять во 2-й половине 20в.; применяются новые конструкции, строительные и отделочные материалы, реклама и визуальная информация (станции линии «Восток—Запад» в Будапеште, первая очередь окончена в 1970, и линии «Север—Юг» в Мюнхене, 1965—71).

В бывшем СССР с начала строительства Метрополитена станции создавались как архитектурный комплекс монументальных сооружений общественного значения. В проектировании станций Московского Метрополитена участвовали такие архитекторы, как В. Г. Гельфрейх, И. А. Фомин, А. В. Щусев, с целью создания комфортабельных условий для пассажиров, зрительно преодолеть угнетающее человека ощущение подземелья, и придать каждой станции Метрополитена отдельный архитектурный облик.

С конца 50-х гг. для мирового градостроительства характерна тенденция объединения станций Метрополитена с городскими транспортными сооружениями с целью создания больших удобств и безопасности для пассажиров и наиболее эффективного комплексного использования подземного пространства городов. Строятся объединённые станции для удобной пересадки с Метрополитена на городские и пригородные железные дороги. За рубежом строят также объединённые станции, обслуживающие Метрополитена и подвозящий уличный транспорт (автобус, трамвай и др.), а также станции обычного и скоростного (экспрессного) Метрополитена. При станциях сооружается разветвленная система входов и выходов (которые иногда совмещаются с подземными переходами под улицами и площадями), комплексы т. н. попутного обслуживания.

Характеристика метрополитенов ряда городов мира (на 1 января 1973)

Страна	Город	Год ввода в эксплуатацию	Протяжённость линий, км	Число станций	Перевозка за год, млн. чел.
СССР	Москва	1935	148,6	96	1770,4
	Ленинград	1955	44,7	29	483,3

	Киев	1960	18,2	14	177,7
	Тбилиси	1966	12,6	11	97,3
	Ташкент	1967	16,4	7	62,9
США	Нью-Йорк	1868	385	477	1227,8
	Чикаго	1892	143	154	103,5
	Филадельфия	1907	39,4	53	110
	Бостон	1901	48	48	95
	Кливленд	1955	30,5	17	13,3
	Великобритания	Лондон	1863	387,6	249
	Глазго	1897	10,5	15	15,3
Франция	Париж	1900	228,6	343	1110,3
ГДР	Берлин	1902	14,6	22	61
Западный Берлин		1902	88,9	109	270,6
ФРГ	Гамбург	1912	90,7	79	187,2
	Мюнхен	1971	15	17	6,7
ЧССР	Прага	1974	6,8	9	
Венгрия	Будапешт	1896	13,8	22	21,9
Австрия	Вена	1898	26,7	25	72,5
Испания	Мадрид	1919	50,9	84	502
	Барселона	1924	34	52	241,1
Греция	Афины	1925	25,7	20	92,3
Италия	Рим	1955	11,0	11	21,8
	Милан	1964	34,2	43	125,6
Португалия	Лиссабон	1959	12	20	70,4
Норвегия	Осло	1966	28,2	35	28
Швеция	Стокгольм	1950	70,5	72	187
Нидерланды	Роттердам	1968	7,6	8	28
Япония	Токио	1927	113,7	104	1300
	Осака	1933	67,1	67	683
	Нагое	1957	32,4	36	179
Аргентина	Буэнос-Айрес	1913	34	57	26,1
Канада	Торонто	1954	42	47	169,2
	Монреаль	1966	25,6	28	127,4
Мексика	Мехико	1969	40,8	48	390

В городе Ташкенте потребность в метрополитене возникла в 60-ие годы, когда население города превысило 2 миллиона людей. Город возрос особенно после землетрясения в 1966, году когда диаметр города дорос до 20

км. По инициативе руководства республики началось строительство метро с помощью специалистов России и Украины. Городское метро вступило с эксплуатацию в 6 ноября 1977 года с длиной 16 км количество станции составило 12. Каждая станция метро оказалась одним из уникальных объектов с точки зрения архитектуры. В настоящее время в Ташкенте действует метрополитен в трех направлениях, каждые длиной в 30 км и 29 – тью станциями.

Конструкции метрополитена Ташкента были спроектированы с учетом Сейсмостойкости. Расчет оправдал себя в особо опасных местах, где была вода, насыщенность грунтов рек (реки) и большие надземные нагрузки.

Контрольная вопросы.

1. Основные функции Мостов и путеводов.
2. Типа мостов.
3. Конструктивные решение мостов.
4. Принципа расчета мостов.

ГЛАВА 11. Перекрытия покрытия , полы и перегородки, лестницы.

Краткое содержание.

В данной главе приведена информация о конструкциях покрытий, перекрытия полов и перегородок. Даны требования, предъявляемые к ним, даны виды покрытий, перекрытий, кровлей ,лестниц, лифтов и их элементы. Указаны методы их конструирования.

11.1. Требования, предъявляемые к перекрытиям.

Перекрытия должны удовлетворять требованиям прочности, жёсткости. Междуетажные перекрытия также должны обладать достаточной звукоизолирующей способностью, а на подвальные и чердачные перекрытия – достаточными теплоизолирующими свойствами.

Для покрытий зданий или сооружений применяют систему сборных элементов конструкций, состоящую из плит железобетонных покрытий, опирающихся на несущие конструкции в виде балок, ферм или арок, располагаемых с шагом 6 или 12 м. В отличие от такой плоскостной системы, в которой несущие и ограждающие функции выполняют разные конструктивные элементы, существуют сплошные пространственные тонкостенные покрытия, например, в виде оболочек, волнистых сводов, применяющиеся преимущественно для покрытий больших пролетов. В таких решениях материал конструкции используется с наибольшей эффективностью из-за благоприятных статических условий работы и совмещения несущих и ограждающих функций. Тем не менее, плоскостные системы, отличающиеся значительной простотой изготовления и монтажа, получили в строительстве гораздо большее применение.

11.2. Классификация перекрытий.

Перекрытия подразделяются на балочные (с несущими балками, воспринимающими нагрузку, передающуюся с плиты перекрытия) и безбалочные – в виде несущей плиты, опирающейся непосредственно на стены или колоны. Безбалочные перекрытия выполняются из железобетона.

Плиты перекрытия.

Плиты воспринимают нагрузку от кровли, снега и передают её на несущие конструкции покрытий или стены. Наиболее распространёнными являются П-образные ребристые плиты размерами 3×6 и 3×12 м. Плиты такого типа состоят из полки толщиной 25-30 мм, поперечных ребер, расположенных с шагом около 1 м, и двух главных продольных ребер. Полка армируется сварной сеткой, поперечные ребра – сварными каркасами, а продольные ребра предварительно напряженной, стержневой, проволочной или канатной арматурой.

Фермы. Железобетонные фермы применяют для покрытия преимущественно производственных зданий пролётом 18 и 24 м. Типовые фермы по очертанию поясов и наличию решётки подразделяются на: сегментные решётчатые с верхним поясом ломаного очертания; решётчатые с параллельными поясами; безраскосные с параллельными поясами; безраскосные сегментные (арочные); безраскосные с параллельными поясами.

В нетиповых решениях возможны и другие виды и пролёты ферм. В железобетонных фермах расходы стали почти вдвое меньше, чем в стальных, поэтому при пролётах менее 30 м следует применять только железобетонные фермы. При больших пролётах выгоднее применять стальные фермы, так как их масса, трудоёмкость и стоимость изготовления ниже железобетонных. Однако в строительной практике имеются примеры успешного использования большепролетных составных предварительно напряжённых ферм пролётом до 60 м и более.

Арки. Железобетонные арки применяют для покрытия зданий больших пролётов. При пролётах более 30м они экономичнее ферм. По статическому признаку арки подразделяют на: трех шарнирные (статически определимые); двух шарнирные без затяжки или с затяжкой (при одной лишней неизвестной) и бес шарнирные (при трёх лишних неизвестных).

Полы. Требования, предъявляемые к полам.

К полам гражданских зданий и особенно промышленных зданий, учитывая различные характерные производственные воздействия, предъявляют ряд требований. К таким требованиям относятся: повышенная механическая прочность и хорошая сопротивляемость истиранию, не сгораемость, стойкость в отношении физико-химических и биологических воздействий.

Перегородки. Требования, предъявляемые к перегородкам.

Перегородки (межкомнатные и межквартирные) разделяют помещения и защищают их от шума, не являясь несущей конструкцией.

11.3. Виды перекрытий, покрытий кровля, их элементы и требования к ним.

Покрытие обычно состоит из несущей (стропильной) конструкции и ограждения, защищающего помещения от атмосферных осадков и действия наружных температур.

Основными видами плоских железобетонных перекрытий и покрытий являются: балочные панельные сборные, ребристые монолитные с балочными плитами или с плитами, опертые по контуру, безбалочные сборные или монолитные. Балочные и безбалочные перекрытия могут быть также сборно-монолитные.

При этой конструктивной схеме, наиболее часто применяемой в строительстве, перекрытие состоит из сборных панелей, опирающихся на сборные ригели. В гражданских зданиях размеры сетки колонн принимаются 2,6 – 6,8м и градацией через 0,2м, а в промышленных зданиях они равны 6, 9, 12. При компоновке конструктивной схемы перекрытий из множества возможных вариантов следует выбрать более экономичный, при котором стоимость перекрытия, расход арматуры и бетона будут минимальными. Необходимо установить размер панелей, пролеты ригелей и расстояния между ними.

В зданиях, жесткость которых в поперечном направлении обеспечивается рамами, ригели располагаются поперечном направлении и жестко соединяются со стойками. Известный конструкции различных кровель, в том числе стропильные кровля.(рис.11.1.)

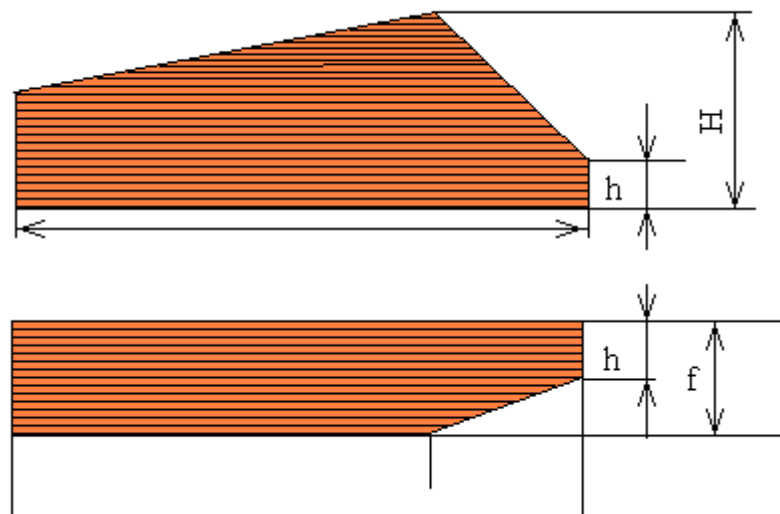


рис.11.1 Вариант старопилной кровля.

В плоских железобетонных перекрытиях наибольший объем железобетона приходится на плиты и панели (около 65% общего объема), поэтому компоновке схемы перекрытия и выбору типа панелей следует уделять большое внимание.

Панели перекрытий, как правило, проектируют облегченными, что достигается удалением бетона из слабо напряженных зон или применением легких и ячеистых бетонов. Наибольшее применение получили многопустотные панели с круглыми или овальными пустотами, находят применение также ребристые и сплошные плиты. Пустотные, сплошные и ребристые панели с ребрами вверх позволяют создать гладкий потолок. Ребристые панели ребрами вниз применяют в промышленных зданиях. В панелях с пустотами минимальная толщина стенок 25–35мм. Панели имеют унифицированные размеры, их выбирают из каталога в соответствии с действующими нагрузками, грузоподъемностью монтажных кранов и т.п. Длина сборных панелей изменяется от 2,8 до 6,4м, ширина достигает 3,2м, а высота пустотных панелей 0,22м. Важными показателями экономичности панелей является приведенная толщина бетона (частное от деления объема бетона панели на её площадь) и удельный расход арматуры.

Ригели многопролетного перекрытия обычно представляют собой неразрезную балку или элемент многоярусной рамы. Поперечное сечение ригелей принимают прямоугольным или тавровым с полкой сверху или снизу. В последнем решении панели укладывают на нижние свесы полки, что позволяет уменьшить строительную высоту перекрытия. Сборные ригели стыкуются обычно около боковых граней колонны с помощью соединительных стержней, воспринимающих растягивающие усилия от опорного момента, и закладных деталей ригелей и колонны. При необходимости можно применить и бес консольный стык. В этом случае до замоноличивания стыка ригели

опираются на съемный металлический столик. на практике используются различные варианты крыш. (рис 11.2.)

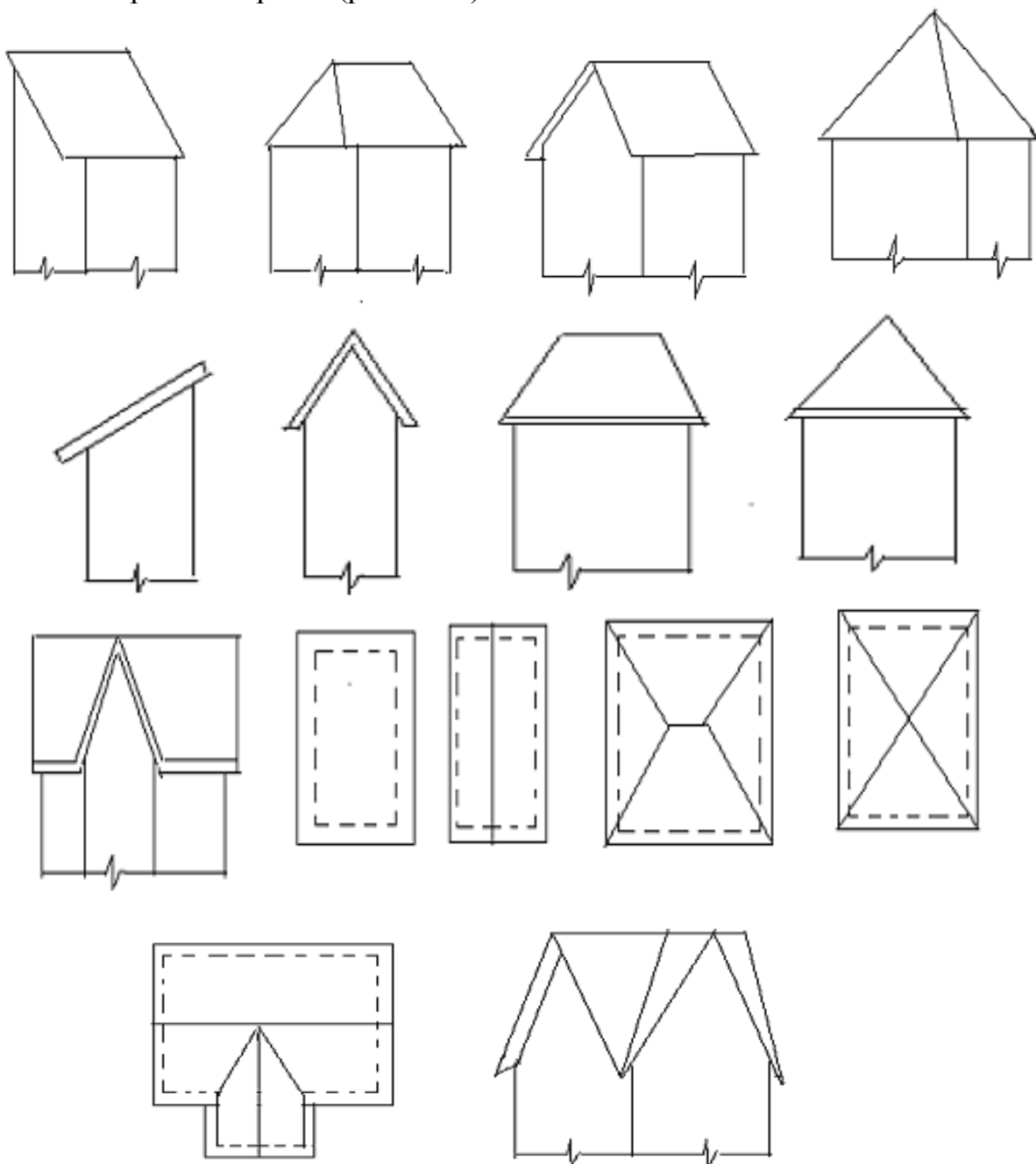


Рис 11.2. Варианты крыш.

6. Лифты и эскалаторы.

Лифты и эскалаторы относятся к механическим устройствам для организации сообщения между этажами. Лифты бывают периодического и непрерывного действия. Применение последних весьма ограничено. По назначению лифты бывают пассажирские, грузовые и специальные. Они

отличаются друг от друга размерами кабин и грузо подъемностью. Так, грузовые имеют грузоподъемность от 100 до 5000 кг, пассажирские от 320 до 500 кг. К специальным можно отнести больничные и др. Лифты применяют в жилых и общественных зданиях. Они состоят из талей, перекинутых через шкив подъемной лебедки, находящейся в машинном отделении. Шахта лифта ограждается со всех сторон на всю ее высоту и внизу имеет приямок глубиной 1300 мм. В нем размещаются амортизаторы и натяжное устройство. Машинное отделение может быть расположено вверху, над шахтой, или внизу, рядом с ней. В настоящее время лифтовые шахты выполняют из железобетонных элементов толщиной 120 мм из бетона классов В15 или В20 в зависимости от этажности дома. Размещают лифты обычно вблизи лестничной клетки.

Эскалатор представляет собой движущуюся лестницу, расположенную под углом 30° предназначенную для организации движения людей с одного уровня на другой. Их применяют в общественных зданиях, где одновременно находится большое число людей.

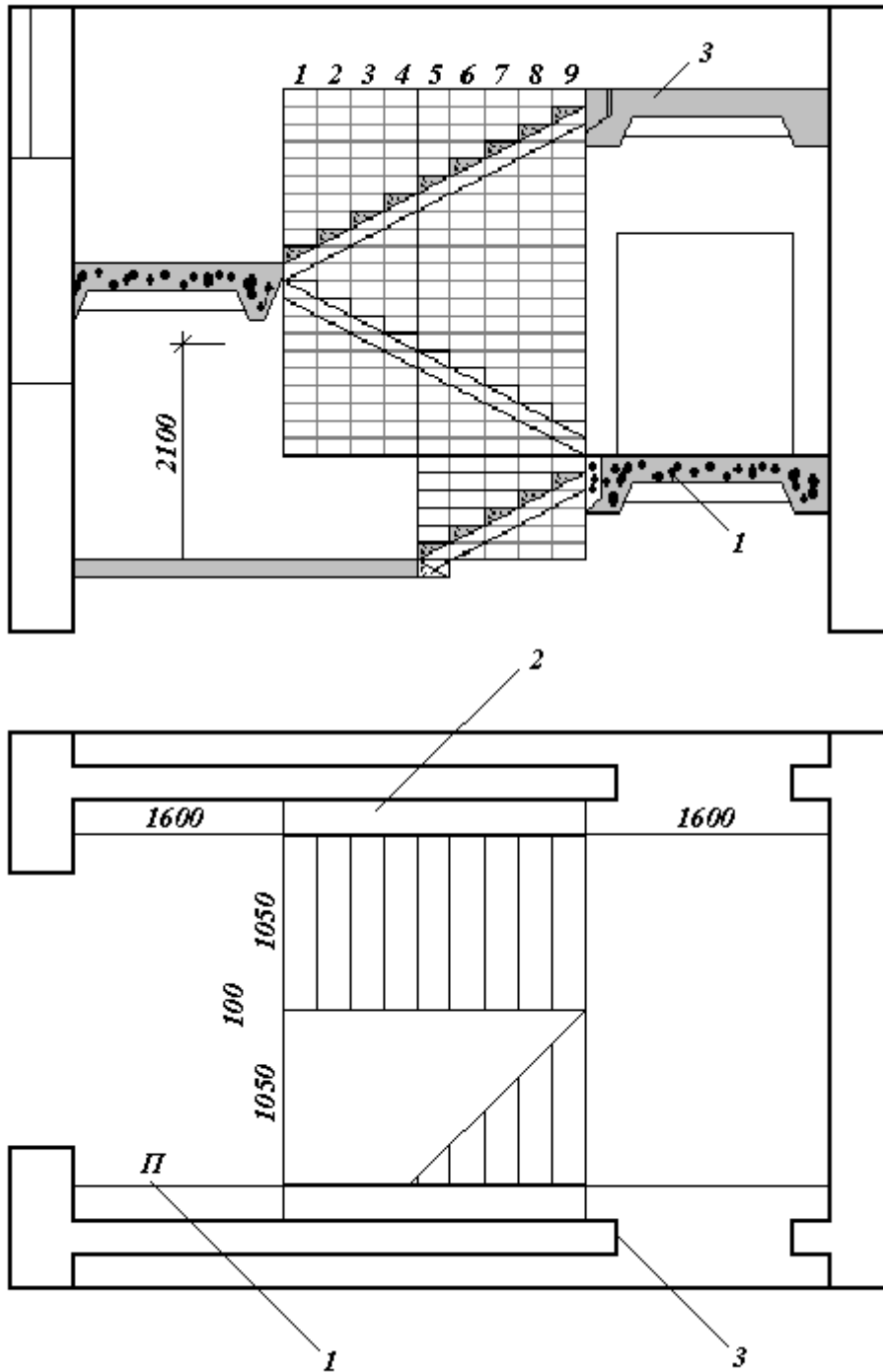
Эскалаторы обладают высокой пропускной способностью 10 тыс. человек в час. Скорость движения полотна эскалатора принимают 0,5...0,75 м/с, а ширину полотна эскалатора от 0,5 до 1,2 м.

В последнее время в местах скопления больших масс людей широкое применение получают движущиеся тротуары, которые создают комфортные условия движения людей.

11.4. Лестницы, лифты

Лестницы в жилых зданиях проектируют, исходя из отношения высоты подъема марша к его заложению.

Лестницы бывают чаще всего железобетонными из укрепленных элементов – готовые марши со ступенями и готовые этажные и промежуточные лестничные площадки.



11.3. Лестницы

Расчет лестниц – особая задача.

Лестницы бывают различной формы и из различных материалов. Зачастую используется железобетонные лестничные марши, металлические, деревянные, комбинированные. Расчеты проектирования лестниц требуют особого внимания.

7. Лестницы, их виды и основные элементы.

Пути сообщения между этажами зданий служат лестницы, пандусы и механические средства (лифты и эскалаторы). Лестницы и пандусы являются также путями для эвакуации людей из зданий и сооружений в аварийных условиях.

В соответствии с назначением лестницы должны удовлетворять требованиям прочности, долговечности, создания необходимых удобств и безопасности при движении людей, пожарной безопасности. Если лестницы служат расчетными путями эвакуации людей из каменных зданий, то требованиям пожарной безопасности их ограждают со всех четырех сторон и сверху огнестойкими ограждениями, образующими отдельное помещение - лестничную клетку.

Размещение лестниц в плане здания, их число и размеры зависят от назначения, габаритов и компоновки здания с учетом обеспечения удобной и в заданное время эвакуации людей. Так, в гражданских зданиях должно быть не менее двух лестниц, а для жилых зданий с числом этажей 10 и более обеспечен выход из каждой квартиры на две лестницы непосредственно или через соединительный переход.

Лестница состоит из маршей и площадок. Марш представляет собой конструкцию, состоящую из ступеней, поддерживающих их косоуров или тетив.

Лестничные площадки бывают этажными и междуэтажными. Для безопасности и удобства движения лестничные марши и площадки оборудуют ограждениями с поручнями высотой 0,9 м.

У ступеней вертикальную грань называют под ступенком, а горизонтальную - поступью. Все ступени лестничного марша должны иметь одинаковую форму, кроме верхней и нижней, называемых фризовыми.

По назначению лестницы подразделяют на основные, или главные, служащие для постоянного использования и эвакуации, вспомогательные для служебного сообщения между этажами и аварийные.

По числу маршей в пределах высоты одного этажа лестницы делят на одно, двух, трех и четырех маршевые. В ряде зданий, когда лестницей пользуется небольшое число людей, применяют винтовые лестницы.

Уклон лестничных маршей принимают по СНиПу для основных лестниц 1:2-1:1,75, для вспомогательных до 1:1,25. Число ступеней в марше назначается не более 18, но не менее 3. Высота проходов между площадками и маршами должна быть не менее 2 м. Ширину лестничных маршей назначают с учетом обеспечения эвакуации людей в заданное время. При этом наименьшая ширина маршей основных лестниц в двухэтажных домах должна быть 900 мм, а в домах с числом этажей 3 и более - 1050 мм. Между маршем должен быть обеспечен зазор 100 мм для пропуска пожарных шлангов.

Ширина площадок должна быть не менее ширины марша, причем ширина

лестничных площадок основных лестниц не менее 1200мм.

Высоту и ширину ступеней лестницы назначают таким образом, чтобы было обеспечено удобство движения людей. При этом принимают, что нормальный шаг человека равен примерно 600мм при ходьбе 450мм при движении по лестница. Исходя из этого ширина и высота ступени в сумме должны составить 450мм. Отсюда установлено, что ширина ступени должна быть 300мм, но не менее 250мм. Высоту ступени назначают чаще всего 150мм, но не более 180мм.

Для того чтобы определить размеры лестниц и лестничной клетки, в которой они будут размещены, необходимо знать высоту этажа и размеры ступеней.

Пример. Определить размеры двух маршевой лестницы жилого дома, если высота этажа равна 3,3м, ширина марша 1,05м, уклон лестницы 1:2.

Принимаем ступень размерами 150*300мм.

Ширина лестничной клетки.

$$B=2l+100=2*1050+100=2200\text{мм.}$$

Высота одного марша.

$$H\sqrt{2}=3300\sqrt{2}=1650\text{мм.}$$

Число подступенков в одном марше.

$$n=1650\backslash 150=11.$$

Число поступей в одном марше будет на единицу меньше числа подступенков, так как верхняя проступь располагается на лестничной площадке:

$$n-1=11-1=10$$

Длина горизонтальной проекции марша, называемая его заложением, будет равна.

$$a=300(n-1)=300*10=3000\text{мм.}$$

Принимаем ширину промежуточной площадки $c_1=1300$ мм, этажной $c_2=1300$ мм, получим, что полная длина лестничной клетки составит.

$$A=a+c_1+c_2=3000+1300+1300=5600\text{мм.}$$

Конструктивные решения лестниц.

По способу устройства лестницы могут быть сборные и монолитные. Сборные бывают из мелко и крупноразмерных элементов.

Лестницы из мелкокоразмерных элементов состоят из отдельной устанавливаемых железобетонных сборных железобетонных косоуров, ступеней, железобетонных плит площадок и ограждений с поршнями. Для сопряжения косоуров с площадочными балками в последних предусмотрены гнезда, в которые заводятся концы косоуров. Связь между элементами лестниц достигается, как правило, сваркой закладных деталей. Ступени укладывают по косоурам на цементном растворе. Не площадочные балки опираю и сборные железобетонные площадочные плиты.

При ремонте и реконструкции ранее построенных зданий можно встретить конструкции лестниц из каменных или железобетонных ступеней по косоурам и площадочным балкам из прокатных металлических профилей. Для повышения

огнестойкости металлических конструкций их необходимо оштукатурить по проволочной сетке.

Ограждения на лестницах устраивают обычно металлические с деревянными или пластмассовыми поручнями. Стойки ограждения приваривают к закладным деталям ступеней или заделывают на цементном растворе в гнезда, имеющиеся в ступенях.

В деревянных лестницах сопряжение ступеней с тетивой в боковой ее грани осуществляется путем устройства в них пазов, в которые входят концы досок проступей и подступенков.

Наибольшее распространение в строительстве получили сборные лестницы из крупноразмерных элементов-площадок и маршей заводского изготовления или маршей с двумя полуплощадками. Сборные элементы устанавливают на место кранами и крепят с помощью сварки закладных деталей.

Лестничные марши и площадки для жилых зданий изготавливают на заводе с чисто отделанными ступенями и поверхностями. В общественных зданиях применяют марши с накладными проступями, которые укладывают после окончания основных работ по монтажу здания. Весьма целесообразно применение сборных маршей со ступенями складчатого очертания, которые позволяют снизить расход бетона на 15%.

Лестничные площадки своими концами обычно опирают на боковые стены лестничной клетки, а в крупнопанельных зданиях на специальные металлические элементы, привариваемые к закладным деталям в стеновых панелях лестничной клетки.

Монолитные железобетонные лестницы применяют редко, главными образом в уникальных зданиях, если лестнице из архитектурно-планировочных соображений придается нетиповое решение. Их устройство требует сложной опалубки и проведения всех работ на строительной площадке.

Перед входом в здание устраивают площадку, которую располагают всегда выше уровня земли не менее чем на 150 мм, для того чтобы не допускать затекания в помещение атмосферной воды. Для защиты входной площадки от осадков устраивают так называемый козырек. Если перед зданием устраивают наружное крыльцо, то его ступени опираются на специальные стенки, возведенные на самостоятельных фундаментах.

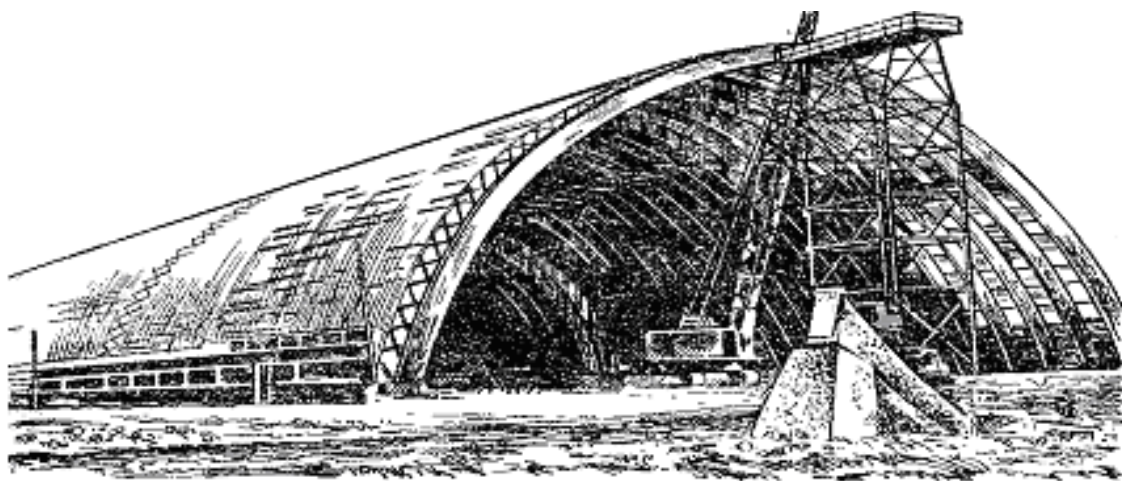
Наружные входы в подвал решаются в виде одномаршевых лестниц, располагаемых в приятках, примыкающих к наружным стенам здания и огражденных подпорными стенками. Над приятком возводят пристройку со стенами, крышей и входной дверью или же ограничиваются устройством зонта и низкой бортовой стенки.

11.5. Тонкостенные пространственные покрытия

Виды пространственных конструкций

Тонкостенные пространственные покрытия в отличие от плоскостных систем (набора плит, балок, ферм и др.) работают под нагрузкой в обоих направлениях. Вследствие благоприятных условиях статической работы такие конструкции требуют наименьшего расхода материала, конструкции требуют наименьшего расхода материала, в них отношение собственной массы к полезной нагрузке минимально. Пространственные тонкостенные конструкции благодаря приданию им рациональных геометрических форм позволяют использовать положительные свойства железобетона с наибольшей эффективностью. Благодаря пространственной работе оболочки, под нагрузкой хорошо используются прочностные свойства материалов, поэтому пролеты зданий и сооружений, таких как ангары, рынки, спортивные и концертные залы, выставочные павильоны, склады и т. п., могут превышать 100м. Основным недостатком оболочек является большая трудоемкость, возникающая при изготовлении и возведении конструкций.

К прямоугольным в плане оболочкам и складкам относятся: **оболочки двоякой положительной кривизны**, (рис.11.4) которые характеризуются тем, что центры кривизны друг всех нормальных сечений, проведенных через любую точку срединной поверхности, лежат по одну ее сторону, чему соответствует кривизна $\rho > 0$;



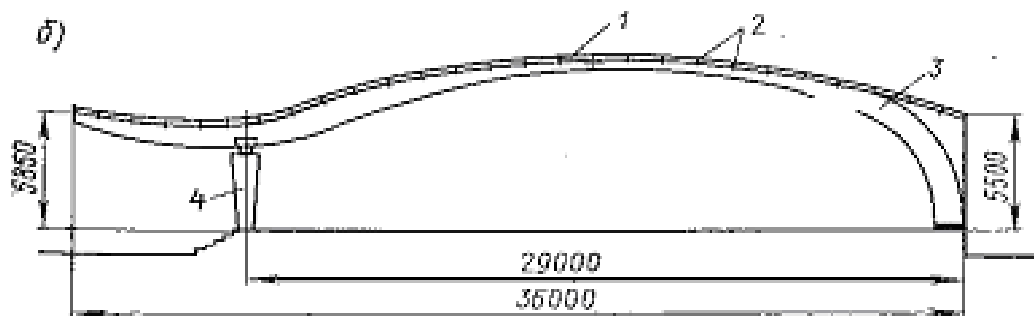
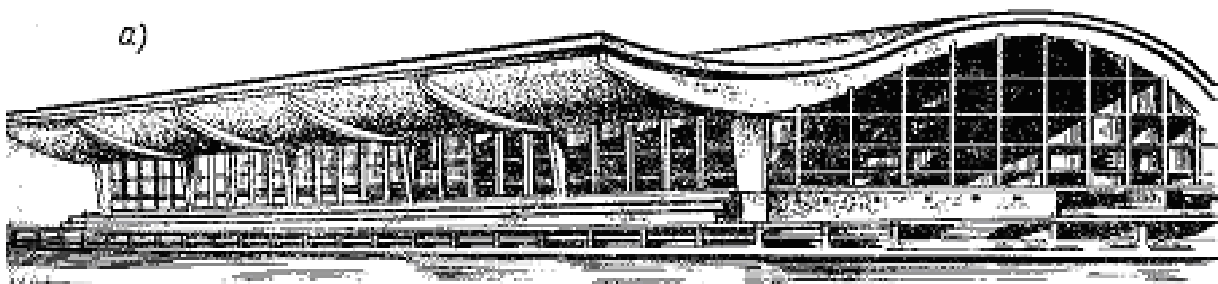


Рис.11.4.

Оболочки отрицательной гауссовой кривизны, в которых эти центры расположены с обеих сторон серединой поверхности, чему соответствует кривизна $\rho < 0$;

Цилиндрические оболочки и своды, в которых один из главных радиусов равен бесконечности, а поскольку кривизна $\rho = 0$, то их называют пространственными конструкциями нулевой гауссовой кривизны;

Призматические складки, в которых кривизна серединой поверхности сосредоточена в местах сопряжения граней, тогда как в остальных точках она равна нулю;

Волнистые своды, к которым относятся много волновые и много складчатые покрытия в виде сводов и складок с небольшими размерами волны по сравнению с длиной пролета.

Оболочки двойной гауссовой кривизны по контуру опираются на диафрагмы. Цилиндрические оболочки и складки, а также волнистые своды по очертанию волны опираются на поперечные диафрагмы. Их выполняют в виде ферм, арок или брусьев с изогнутой верхней полкой. Прямолинейный контур цилиндрических оболочки складок опирают на бортовой элемент – балку. Для обеспечения надежной работы пространственных конструкций диафрагмы и бортовые элементы должны быть достаточно жесткими в своей плоскости. Из **криволинейных в плане оболочек** наиболее распространенные – оболочки вращения или купола. В куполах тонкостенная оболочка опирается на опорное кольцо.

Висячие покрытия имеют поверхность однозначной или двойной системы вант и имеют любое очертание в плане, однако чаще всего опорный контур бывает прямоугольной, круглой и овальной форм. Конструктивные схемы составных оболочек состоят из центральных и радиальных элементов. Центральный элемент представляет собой оболочку положительной гауссовой кривизны, а боковые элементы – оболочки любой формы, в том числе произвольной.

Тип пространственных конструкций выбирают с учетом технико – экономических показателей и архитектурной выразительности зданий. В строительстве обычно применяют пологие тонкие оболочки. Оболочка является полой, если угол между плоскостью ее основания и плоскостью, касательной к ее срединной поверхности, во всех точках не превышает 18° . Прямоугольные в плане оболочки являются пологими, если наибольшая стрела подъема F не превышает $1/5$ меньшей стороны основания.

Общие принципы конструирования и возведения пространственных конструкций. По способу возведения пространственные тонкостенные железобетонные конструкции подразделяют на монолитные, сборные и сборно – монолитные. Монолитные оболочки в СССР принимают с 1925г. Их возводят в проектном положении или изготавливают на нулевой отметке с последующим подъемом. Для бетонирования небольших оболочек целесообразно применять безопасный метод формирования с нанесением на сетке рекомендуют бетонировать на полу с последующим подъемом в проектное положение. Монолитные оболочки, как правило, гладкие. Минимальная толщина оболочки 50мм. Если главные растягивающие напряжения бетона более $2R_{bt}$, где $2R_{bt}$ – сопротивление бетона осевому растяжению, то рекомендуется в этих местах повышать жесткость оболочки путем ее утолщения.

Сборные и сборно – монолитные оболочки целесообразно применять в массовом строительстве, а также при возведении висячих покрытий. Сборность элементов позволяет повышать качество конструкций и снижать трудозатраты при возведении оболочек. Однако в сборных покрытиях требуется обеспечить простоту монтажных стыков и большую производительность труда. По экономическим соображениям, а также с целью повышения устойчивости при изготовлении и монтаже сборные плиты должны быть не менее 30мм, а ширина ребер не менее 40мм.

Оболочки и другие элементы пространственных конструкций возведет из монолитного тяжелого бетона класса не ниже В15 и легкого – не ниже В12,5. Сборные элементы изготавливают из бетона класса не ниже В20. Если применяют напрягаемую арматуру, то бетон сборных элементов должен быть не ниже класса В30, а монолитных – не менее В20. Армируют оболочки сварными сетками из арматуры класса Вр- I или А-III. Рабочая арматура воспринимает напряжения, вызываемые главными растягивающими усилиями и изгибающими

моментами. Конструктивную арматуру диаметром 5...8мм и площадью сечения не менее 0,2% площади бетона ставят с шагом стержней 200...250мм. При толщине оболочки более 70...80мм применяют двойные арматурные сетки. В местах действия сосредоточенных нагрузок поверх основной арматуры укладывают дополнительные сетки. В ребрах сборных элементов ставят плоские каркасы.

Стыки сборных элементов оболочки тщательно заполняют бетоном. С этой целью ширину шва назначают не менее 30мм, если толщина стыкуемых элементов не превышает 100мм, и не менее 50мм в других случаях. Если через стыки сборных элементов передают сжимающие усилия, то выпуски арматурных стержней соединяют внахлестку.

Большие пространственные конструкции целесообразно подвергать предварительному напряжению. Напрягаемая арматура позволяет эффективно использовать высокопрочную сталь, уменьшать массу конструкции, повышать жесткость и трещиностойкость покрытия, а также служит средством сопряжения сборных элементов. Арматуру при этом располагают в растянутых зонах куполов, затяжки диафрагм и т. п. Можно размещать напрягаемую арматуру в открытых сверху лотках, а также в швах между сборными элементами. В местах с напрягаемой арматурой требуется предусмотреть ребра и утолщения, способные воспринимать сосредоточенные силы предварительного обжатия.

11.6. Особенности проектирования пространственных конструкций

Оболочки двоякой положительной гауссовой кривизны. Такие оболочки экономичны по расходу материалов. Их размеры в плане составляют 18...36м для промышленных и достигают 100м для общественных зданий. Толщина гладких монолитных оболочек изменяется от 60мм в центре до 120...200мм вблизи опорного контура и до 200...500мм в угловых зонах. Оболочки двоякой положительной гауссовой кривизны, как правило, возводят из сборных плоских или цилиндрических ребристых плит. Наиболее распространены плоские плиты размерами в плане 3 x 3, 3 x 6, 1,5 x 6 м. Ребра плит армируют одинарными каркасами, а полки – одинарными сетками. По внешним боковым граням ребер сборных плит устраивают пазы, позволяющие образовывать шпонки после замоноличивания швов. Шпонки

воспринимают сдвигающие усилия.

Оболочки могут быть одно-волновыми и много волновыми. Последние используют, для покрытий больших оболочки возводят с целью повышения жесткости и устойчивости пространственных конструкций. По контуру оболочки опирают на диафрагмы, представляющие со положенных колоннах. В много волновых оболочках диафрагмы являются общими для конструкций соседних ячеек зданий. Они спариваются лишь в зоне температурных швов зданий.

Покрывтия с оболочками отрицательной гауссовой кривизны. Покрывтия на прямоугольном плане с оболочками отрицательной гауссовой кривизны называют гипарами, или гиперболическими параболоидами. Оболочки отрицательной гауссовой кривизны бывают двух разновидностей. В оболочках первой разновидности линии главных кривизна срединной поверхности параллельны сторонам контура основания. Усилия в таких оболочках определяют по методам, применяемым для расчета оболочек двоякой положительной гауссовой кривизны. В оболочках нормальные усилия являются растягивающими и полностью должны быть восприняты арматурой, лучше напрягаемой. В оболочках второй разновидности линии главных кривизн поверхности направлены вдоль диагоналей основания.

Цилиндрические оболочки. Они состоят из плиты свода, по краям которого имеют бортовые элементы и диафрагмы – опоры оболочки. В зависимости от отношения пролета к длине волны l_1/l_2 различают длинные цилиндрические оболочки ($l_1/l_2 \geq 1$) и короткие ($l_1/l_2 < 1$). Высота оболочки, включая бортовые элементы, обозначается через h , а стрела подъема оболочки при отсутствии предварительного напряжения принимают равной не менее $(1/10...1/15)l_1$, стрелу подъема – не менее $(1/6...1/8)l_2$. Поперечное сечение оболочек, как правило, очерчивают по дуге круга. Эти оболочки могут быть одно и многопролетными, одно – и много волновыми. Их можно выполнить литыми и сборными, состоящими из отдельно изготавливаемых бортовых балок и ребристых плит, образующих свод.

Диафрагмы воспринимают опорное давление оболочки и передают его на колонны. В качестве диафрагм используют сплошные балки, фермы и арки с затяжками. Диафрагмы могут быть торцовыми и промежуточными, если покрытие многопролетное. В местах примыкания оболочки к диафрагмам ставят дополнительную рабочую арматуру.

Длина складки. Складки отличаются от цилиндрических оболочек тем, что в них криволинейная направляющая срединной поверхности заменена ломаной прямой. Если уменьшать длину этих прямых до минимума, то складка превратится в оболочку. Как и оболочки, складчатые конструкции бывают одно- и много волновыми, а также одно- и многопролетными. Сборные складки состоят из плит, предварительно напряженных бортовых элементов и

решетчатых или сплошных диафрагм. По верхним горизонтальными полкам складок могут укладываться сборные плиты плоской крыши, а также размещаться зенитные фонари. Расстояние между осями диафрагм или пролет складчатой конструкции $l_1=12...30$ м, длина волны $l_2 \leq 12$ м, высота складки $h=(1/10...1/7)l_1$. Складки пролетом больше 30м экономические невыгодны.

Для покрытия залов общественных зданий целесообразно применять сборные крупноразмерные однопролетные длинные складки, обеспечивающие архитектурно выразительность интерьеров. Такие складки могут железобетонных складки могут иметь один два консольных вылета. Пролета железобетонных складок не превышает 24м, а армоцементных – 18м. Расстояние между промежуточными диафрагмами составляет 3...6м.

Много волновые своды – оболочки и своды – складки.

Сводами – оболочками называют распорные оболочки двойкой кривизны, в которых пролет l_1 в четыре раза или более превышает их ширину, т.е. длину волны l_2 . Если при этом поперечное сечение конструкции представляет собой складку, то их называют сводами – складками. Их прогрессивность обуславливается возможностью применения сборных элементов заводского изготовления, простотой монтажа и небольшим расходом материалов. Стрела подъема свода колеблется в больших пределах и составляет $f_1=(1/2...1/20)l_1$. Высота волны свода $f_2=(1/12...1/7)l_2$ $f_2=(1/60...1/40)l_1$.

Купольные покрытия. Тонкостенные оболочки вращения применяют для покрытий круглых в плане зданий и сооружений диаметром до 100м, например цирков, выставочных залов, резервуаров и т.п. Покрытия состоят из двух конструктивных элементов: оболочки и опорного кольца.(рис****) Если требуется верхнее естественное освещение, то куполе устраивают второе – фонарное кольцо. Однако рациональная ее форма получается при стреле подъема купола $f=(1/5...1/3)D$. Чаще всего в строительстве применяют сферические оболочки, образованные вращением дуги круга.

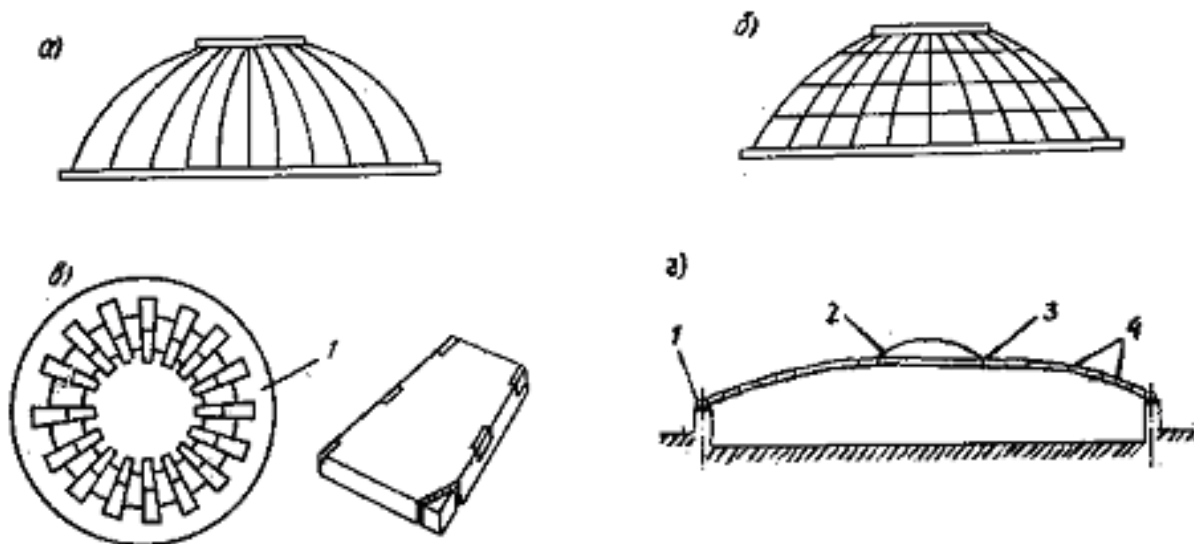


Рис.11.5.

Монолитные купола имеют, как гладкую оболочку вращения. Ее толщина $t \geq 50 \text{ мм}$. Оболочка утолщается у места ее примыкания к опорному кольцу. Оболочка монолитного купола, за исключением при опорных зонах, является сжатой, поэтому ее армируют конструктивно одиночной сеткой.

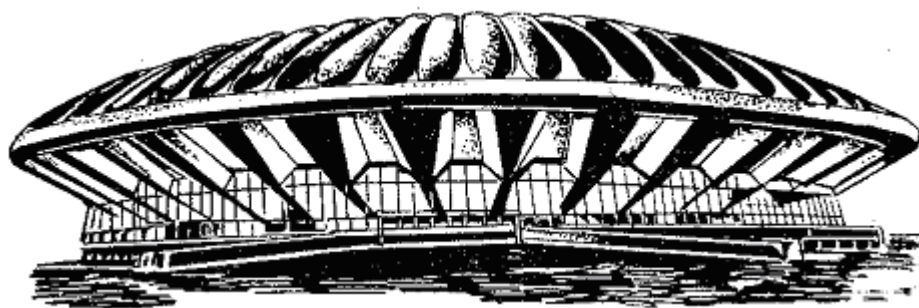


Рис.11.6. Металлические оболочки

При толщине оболочки $t \geq 80 \text{ мм}$ устанавливают двойную сетку. Вблизи опорного кольца оболочку утолщают. Здесь ставят дополнительные сетки с рабочими стержнями в меридиональном и кольцевом направлениях для восприятия растягивающих напряжений.

Висячие покрытия. Пространственные тонкостенные конструкции висячего типа применяют для покрытия стадионов, спортивных залов, рынков и других большепролетных зданий. Эти покрытия состоят из основной конструкции – вантов (гибких тросов), опорного контура прямоугольной, кольцевой, овальной или другой формы в плане и оболочки ограждения, состоящей из сборных железобетонных или армоцементных плит. Плиты крепят к вантам с помощью выступов рабочей арматуры или специальных крюков.

Если растягивающие усилия вантов могут быть воспринять наружными оттяжками зданий, рамами зрительных трибун и т.п., то покрытия выполняют с поверхностью одинарной кривизны. Их растягивающие усилия в данном случае воспринимает жесткой опорный контур. Следует отметить, что для зданий круглой в плане формы целесообразно радиальное расположение вантов. По сравнению с покрытием, имеющим ортогональную систему вантов, радиальное расположение вантов позволяет снижать расход стали и бетона примерно на 30%.

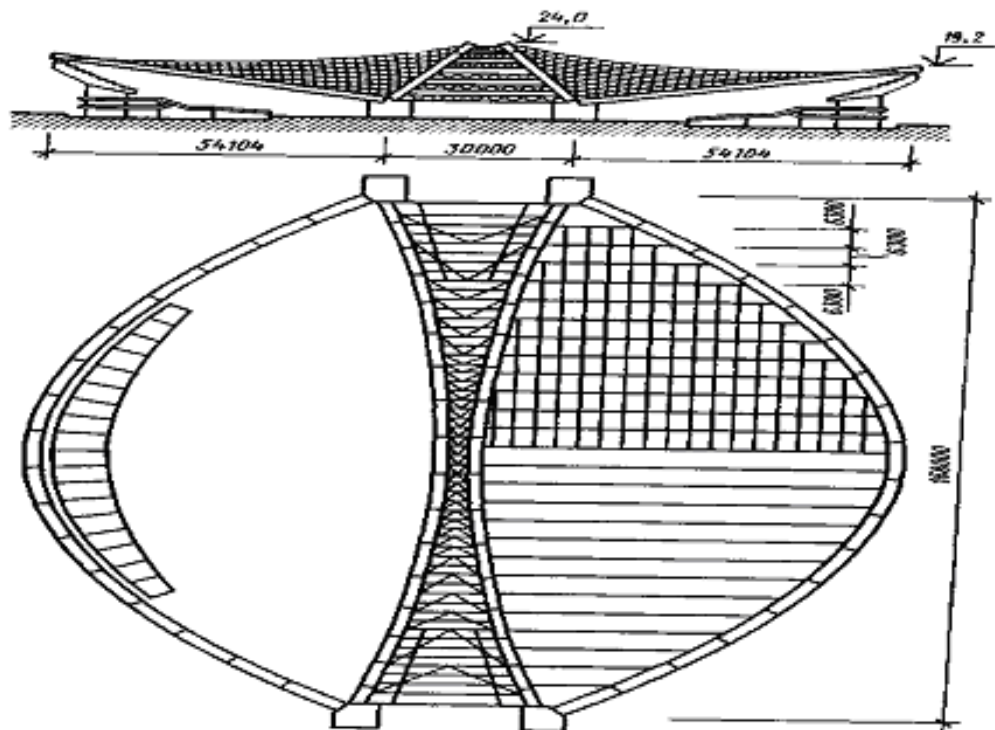


Рис.11.7.Висячая покрытия

Монтаж висячих покрытий несложен. К другим преимуществам таких покрытий относят возможность полного использования несущей способности вантов, независимость плит покрытия от пролета оболочки. Поэтому висячие покрытия эффективны, а при пролетах более 100м они экономичнее любых других пространственных покрытий.

На практике строительства используется также и другие типы конструкции покрытие.

Контрольные вопросы

1. Классификация перекрытий.
2. Полы. Требования, предъявляемые к полам.
3. Перегородки.
4. Лестницы

5. Элементы лестниц.
6. Основные требования к лестницам.
7. В чем заключается принципиальное отличие работы оболочек от плоских конструкций покрытий?
8. Каковы достоинства и недостатки тонкостенных пространственных покрытий?
9. Приведите классификацию тонкостенных пространственных покрытий.

ГЛАВА. 12. ОПТИМАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ.

12.1. Исходное положение

В данном разделе излагаются основные принципы и содержания актуальных задач, связанных с определением эффективных параметров конструкций, улучшения экономических и качественных показателей конструкции.

Проблема оптимального проектирования строительных конструкций издавна привлекала внимание ученых и специалистов. Теория и практика проектирования оптимальных конструкций получила за последние 20 лет интенсивное развитие особенно с появлением вычислительной техники и математических методов оптимизации. Весомый вклад в развитие теории оптимизации линейных и нелинейных систем внесли ученые ближнего зарубежья А.И. Виноградов, И.М. Рабинович, Ю.А. Радциг, Н.Н. Складнев, А.Г. Угодчиков, К.М. Хуберян, А.А. Чирас, и за рубежом В. Васюткинский, Н.И. Мажид, Б. Онат, В. Прагер, В. Ридей, Д. Рожвани, Дж. Фолкс, Я. Хейман, Э. Хот, Х. Хопкинс и др. Расширили возможности приложения теории оптимального проектирования к реальным конструкциям Н.И. Абрамов, Е.Н. Герасимов, В.Н. Гаранин, Э.М. Иеги, И.Б. Лазарев, В.П. Малков, Н.Д. Туйчиев, А.И. Половинкин, С.П. Сушкова и др.

В современной практике проектирования расчета и конструирования зданий, в том числе из рамных конструкций решаются следующие вопросы:

Выбор топологии и геометрии осей;

Выбор типа, класса, числа несущих элементов здания и форм сечений их конструктивного решения;

Сбор и классификация действующих нагрузок, выбор и назначение жестких характеристик, определение особых видов нагрузок, в т.ч. сейсмических; расчет систем и несущих конструкций с учетом комбинации нагрузок и сочетаний усилий; подбор арматуры и конструирование несущих элементов с последующей проверкой результатов по предельным состояниям; контроль-проверка требований унификации и технологичности конструктивных решений; конструирование и проектирование конструкций (опалубочный и

арматурный чертежи), составление спецификации материалов.

В такой практике проектирования допускаются некоторые упрощения, в том числе в выборе расчетной схемы и в проведении счета, что, естественно, влияет на качество проекта. Приводит к нерациональному использованию материала конструкции.

Несмотря на достаточно высокую точность расчета статически неопределимых систем на ЭВМ, результаты, полученные в виде распределения усилий, не отражают действительное распределение материала в конструкции, не удовлетворяют требованиям оптимальных систем.

Известно, что поперечные размеры, весовые (жесткостные) параметры конструкции, тип материала задаются или выбираются эвристически на базе опыта и навыка проектировщика. Однако при любой другой комбинации весовых параметров результаты расчета и картина распределения усилий получаются другими. Иначе говоря, проектировщик не в состоянии задаться оптимальным распределением исходных весовых параметров. И лишь путем пересчетов может получить наивыгоднейшее распределение материала и усилий в системе. Далее, заданные весовые параметры сечения элементов статически неопределимых систем уточняются при подборе сечения арматуры и корректируются. Как правило, эта корректировка приводит к уточнению расхода материала для должного обеспечения несущей способности элементов. Таким образом, определение значений параметров поперечных сечений (EI , EA , GA и др.), сводящих лишней расход материала к минимуму или точнее к улучшению показателя расхода, является первостепенной задачей проектирования. Отсюда следует задача определения оптимальных параметров поперечных сечений несущих элементов зданий, позволяющих улучшить показатель качества системы.

Задача оптимального проектирования исследуется методом синтеза систем.

В настоящем разделе рассматривается задача оптимизации параметров конструкций на примерах расчета железобетонных рам.

12.2. Формулировка задачи.

При конструировании и проектировании сложных рамных конструкций необходимо иметь картину распределения усилий, которая соответствует некоторому выбранному плану весовых параметров:

$$Q_s = \left\{ \frac{EI_s}{EI_0}, \frac{EA_s}{EA_0}, \frac{GI_s}{GI_0}, \dots, \mu_s \right\}, \quad (3.1)$$

где Q - n мерный вектор; $s=1, 2, \dots, n$ (n -число элементов в системе). Мера множества этих параметров зависит от условий проектирования и технических норм, а также от сборности или монолитности железобетонных конструкций. В

каждом случае это множество будет иметь различные мощности.

Задача оптимального проектирования в общем виде формулируется следующим образом.

Найти такое решение на множестве весовых параметров S , чтобы критерий оптимальности (функция цели) достиг экстремального (минимального) значения:

$$\Phi_i(g) = \sum \sum C_{ij}(g) \rightarrow \min_{g \in \Omega} \Phi_i \quad (3.2)$$

где Ω – область существования допустимых систем на множестве весовых параметров Q_S .

Задача оптимального проектирования железобетонных рам формируется как задача отыскания значений весовых параметров поперечного сечения, минимизирующих расходы на конструкцию, удовлетворяющих при этом условиям статики сооружений и требованиям технических норм. Такая задача классифицируется как многопараметрическая задача математического программирования с нелинейной областью допустимых решений (Ω).

Задача оптимизации параметров железобетонной рамы имеет следующую математическую модель.

Определить n -мерный вектор на множестве неизвестных g в области допустимых решений $g \in \Omega$, соответствующий наилучшему значению критерия из числа доминирующих

$$\begin{aligned} \Phi(g) &= \sum \sum C_{ij}(g) \rightarrow \min_{g \in \Omega} \Phi(g^*) \\ \Phi(g) &= \{\Phi_1 \vee \Phi_2 \vee \Phi_3 \vee \Phi_4 \vee \Phi_5 \vee \Phi_6\} \end{aligned} \quad (3.3)$$

при следующих ограничениях:

$S - (S_P + R_m(\Pi^T R \Pi)^{-1} R_P) = 0$ – условия статики (кинематики);
 $f(A_S) - S \geq 0, \psi(f, a_E) \leq \psi_0$ – соответственно требования двух предельных состояний; $g_S \in \Omega = [g]$ – условия дискретности элементов с учетом их стандартизации и унификации; $f_i \leq f(\beta_i, k_i) \leq f_2$ – требования сейсмостойкости конструкции.

Критерий оптимальности и ограничения на область определения в зависимости от требований к конструкции могут быть различными.

Критерий оптимальности (Функция цели). Правильный выбор критерия оптимальности является важным этапом оптимального проектирования, предопределяющим реальную оценку действительной работы конструкции и позволяющим улучшить качество проектируемого объекта. Для правильного решения задачи необходимо в первую очередь выбрать соответствующие независимые переменные и функцию цели, наилучшим образом описывающую качество проекта.

Как известно, среди задач оптимального проектирования однородных

конструкций наибольшее развитие получила задача минимума массы или стоимости. Для неоднородной железобетонной конструкции наиболее полно оценивающим показателем экономичности является стоимость материалов в деле. Именно расход материала и рациональное его использование могут быть оценены функцией стоимости. Наряду с этим для сейсмических районов особую роль играет масса конструкции, так как влияние и эффект действия динамических нагрузок прямо пропорциональны массе системы. Поэтому уменьшение собственной массы и увеличение гибкости конструкции позволяют снизить эффект воздействия сейсмической нагрузки. Однако снижение массы может привести к перерасходу дефицитного материала арматуры. С целью ограничения расхода арматуры и других дефицитных материалов необходимо выбрать такой показатель, чтобы использовать материал максимально с наилучшим распределением усилий по всем сечениям конструкции. Таким показателем может быть потенциальная энергия напряженного состояния конструкции.

Наряду с перечисленными показателями качества в практике проектирования могут возникать требования снижения затрат и уменьшения объема дефицитных материалов (например, в случае цемента или арматуры за показатель качества можно принять их стоимость). В данной работе за основу принимается один из рассмотренных критериев, но при этом исследуются и другие показатели качества с целью изучения их взаимосвязи.

В силу изложенного следует изучить эти функции в области независимых переменных, выявить законы их общности и различий, взаимозависимость этих функций, а также условия возможности их взаимозаменяемости.

Ниже формируются функции цели, а также разрабатывается алгоритм их вычисления, позволяющий по некоторым признакам установить ту или иную функцию цели.

Технико-экономические показатели. Общая стоимость. Функция стоимости неоднородной железобетонной конструкции с обычным армированием определяется из следующей зависимости:

$$C_1 = \sum_{j=1}^n C_b A_{bj} l_j + \sum_{i=1}^n C_s A_s l_i \quad (3.4)$$

где C_s , C_b – соответственно стоимость 1 м³ арматуры «в деле» и бетона; A_s , A_b – площадь арматуры и бетона; l_j , l_i – длина элемента и арматуры; n – количество элементов.

Другие составляющие выражения в силу незначительности их влияния на результаты оптимизации опускаются.

Ограничения на область существования функции цели. В каждой оптимизационной задаче участвует три компонента, определяющие ее

математическую модель: функция цели (Φ), область ее определения (Ω) и множество независимых параметров управления (g).

Система ограничений определяет область допустимых решений, которые следуют из условия статики, прочности, жесткости, устойчивости и многих других нормативных, технологических, архитектурных требований. Система ограничений уточняется в зависимости от условия задачи, например, при проектировании сейсмостойкости конструкций вводятся дополнительные ограничения. Особую трудность представляет учет требований технологичности, сборности и унификации конструкций.

Ограничения могут быть параметрическими

$$g_j^H \leq g_j \leq g_j^B$$

и функциональными

$$F^H \leq f(g) \leq F^B$$

В рассматриваемой задаче требования проектирования учтены в виде описанных выше ограничений. При этом следует добавить, что вероятностный показатель безотказности введен в виде функционального ограничения как $P_{ss} \geq P_s^H$, где P_s^H - нормативная безотказность (надежность).

12.3. Методы оптимизации и их оценка.

Методы оптимизации. Исследуемая задача в силу нелинейности функции цели и области определения относится к классу задач нелинейного математического программирования. При этом если учесть специфику задачи оптимального проектирования статически неопределимых рам, дискретность переменных, а также высокий порядок неизвестных, то практически существующие методы нелинейного программирования не позволяют получить численное решение таких задач. Для решения задач такого класса можно успешно применить поисковые методы. Существует довольно много методов случайного поиска, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки. Наиболее эффективными являются методы поиска с учетом опыта предыдущего шага. Так называемые методы поиска с самообучением, которые позволяют достаточно быстро находить искомое решение, даже в случаях, когда задача является многоэкстремальной.

При выборе того или иного метода поиска оптимального решения следует учесть все специфические стороны задачи оптимизации стержневых систем (в том числе рам), а именно:

Отсутствие явной зависимости критерия оптимальности от независимых переменных;

Необходимость расчета заданной системы на каждом шаге поиска;

- Нелинейность математической модели;
- Сложность границы области допустимых решений (образующих гиперповерхность);
- Требование целочисленности к переменным.

12.4. Алгоритм оптимизации и программа КРОУС (Комплексный Расчет и Оптимизация Упругих Систем)

Для решения задачи оптимизации параметров конструкции в зависимости от степени сложности системы используются методы конечных или суперэлементов. Алгоритм позволяет расчленить множество весовых параметров сложной системы на некоторые подмножества параметров, слабо зависящих друг от друга. При этом задача сводится к минимизации функции цели на множестве весовых параметров всех ее элементов с оптимизацией по частям для каждого суперэлемента отдельно. Конечно, при этом особое значение имеет способ расчленения и выбор системы образования суперэлементов.

Выбирая основную систему метода суперэлементов, необходимо учесть следующие важные требования:

- Сокращение времени счета;

- Расчленение на суперэлементы, имеющие максимальную автономность и минимальную связанность;

- Снижение степени неопределимости задачи с уменьшением числа независимых параметров управления.

Заданную раму, если она входит в число сложных, предлагается рассчитывать с помощью МСЭ так, чтобы СЭЛ были максимально идентичными. В этом случае задача расчета и оптимизации решается эффективно с помощью описанного выше метода оптимизации.

В целом процесс оптимизации проводится поэтапно: на первом находят оптимальные соотношения внутриконтурных (g) и межконтурных (x) параметров, на втором (малый цикл) – контролируется соблюдение соответствия усилий и оптимизирующих параметров, на третьем (большой цикл) – уточняются динамические характеристики и сейсмические силы. Каждому циклу отвечает условие выхода из поиска при удовлетворении заданной точности. Условие выхода из малого цикла УВ-1 соответствует двум проверкам: целесообразности дальнейшего поиска оптимальных значений весовых параметров x -го контура (по заданной точности счета) и охвата суперэлементов рамы в процессе оптимизации.

Условие выхода из большого цикла УВ-2 соответствует проверке целесообразности дальнейшей оптимизации весовых параметров рамы в целом (по заданной точности счета). Проведенные исследования по оценке сходимости и серия расчетов по программе КРОУС-4 показали, что принятая методика оптимизации устойчива и имеет достаточно хорошую сходимость.

В укрупненной блок-схеме алгоритма и программы КРОУС приведены все этапы и процедуры счета.

Весь процесс расчета и оптимизации железобетонных рам на ЭВМ по алгоритму КРОУС состоит из следующих этапов:

I – определение сейсмических нагрузок;

II – расчет системы на статические и сейсмические нагрузки, комбинации нагрузок и сочетание усилий;

III – оптимизация групп параметров;

IV – подбор, проверка сечений и конструирование элементов.

Последовательность расчета элементов организовывается управляющим блоком программы. В функцию которого входят поэтапный ввод и проверка исходных данных, организация этапного счета, т.е. ВВОД – СЕЙСМИКА – РАСЧЕТ – ОПТИМИЗАЦИЯ – АРМАТУРА – УСЛОВИЯ ВЫХОДА - ВЫВОД. При реализации алгоритма управляющий блок организует итерационный процесс расчета и оптимизации параметров железобетонной рамы, процесс счета завершается блоком Условия выхода.

Последовательность решения задачи такова, что после описания и ввода необходимых исходных данных с управляющего блока обращение передается к процедуре Параметр. Здесь из введенной сокращенной записи матрицы параметров формируется матрица для каждого элемента.

Распределение жесткостей и сейсмических нагрузок по отсекам рамной конструкции проводится в процедуре Распределение.

В блоке Сейсмика вычисляются значения сейсмической силы для основных форм колебаний.

В случае высокой сложности системы процедура Жесткость формирует матрицу жесткости СЭЛ и элементов, к которой обращаются из процедуры Формирование. В этой процедуре составляется система уравнений ленточной структуры. Значение внутренних усилий от каждой нагрузки вычисляется по методу исключения Гаусса с помощью подпроцедур PRXB и OBRX в процедуре Усилие. После этого в блоке Сочетание проводится выбор наиболее выгодного сочетания усилий в каждом расчетном сечении от действия статической и сейсмической нагрузок.

Следующий блок Функция может быть подключен при необходимости оптимизации параметров. Обращение к этому блоку осуществляется проверкой признака, введенного в качестве исходной информации. Если ПП=1, то управление передается блоку Арматура. Если ПП=2, то рама расчленяется на замкнутые контуры – СЭЛ по методу суперэлементов с соблюдением всех условий статики и неразрывности деформации. Для данного этапа в блоке Функция определяется функция цели по новому плану распределения усилий для заданных жесткостных отношений. Поиск наилучшего распределения управляемых параметров осуществляется в блоке Поиск.

В зависимости от количества варьируемых элементов с помощью

комбинированного способа поиска, имеющего два уровня оптимизации, проводится оптимизация параметров каждого суперэлемента и рамы в целом методом Поиск-3. на первом уровне определяется область наилучших значений, на втором – искомое решение путем проверки области функции цели с помощью случайного вектора.

В процессе оптимизации в блоке Поиск необходимо неоднократно обращаться к блоку Функция. Здесь в зависимости от признака ФФ выбираются коэффициенты α_1 для ФФ=1, 2, 3 и 6, вычисляется соответствующий критерий оптимальности и выполняется полный расчет суперэлементов. После оптимизации параметров контуров производится полный перерасчет рамы на заданные нагрузки начиная с блока Формирования.

В процессе оптимизации происходит изменение жесткостных характеристик системы, к блоку SEISM обращаются только после завершения (малого цикла) оптимизационного поиска и уточняют массив сейсмических нагрузок (SS). При этом проверяется целесообразность уточнения массива (SS) путем определения предыдущего и последующего значений массивов с наперед заданной точностью.

Для полной уверенности в том, что полученным оптимальным параметрам соответствует вычисленные усилия, дополнительно обращаются (большой цикл) к блоку SEISM. Для этого в блоке перерасчета определяются новые значения сейсмических сил для заданных форм колебания при новых жесткостных характеристиках.

После выполнения условий оптимизации по полученным огибающим эпюрам в блоке Арматура производится вычисление площадей поперечных сечений (продольных и поперечных арматур), а также определяется шаг хомутов. Расчет по программе завершается составлением спецификации бетона, металла и стоимости конструкции.

Для использования программы КРОУС-4 выпущена инструкция, где приводятся расчеты, текст программы на языке АЛГОЛ, рекомендации к подготовке исходной информации.

Реализация алгоритма и программы оптимизации приводится на примере 5-этажной железобетонной рамы Р-1. результаты оптимизации приведены отдельно для каждого суперэлемента рамы.

Как показали расчеты серии примеров (Рис 12.1.) по программе КРОУС, появляется возможность снижения затрат на строительные материалы до 9-14%.

Статически неопределенные рамы могут изготавливаться из различных материалов, например из металла, древесины, железобетона и т.д. Далее рассмотрим оптимальное решение различных рам. Проблема оптимизации начинается с создания математической модели задачи. В качестве примера рассматривается конструкция железобетонной рамы имеющую следующую

Методы решения многокритериальной задачи оптимизации.

При решении задачи векторной оптимизации проектировщик встречается с необходимостью решения следующих вопросов.

1. Выявление области допустимых решений Ω_x , которая состоит из подобласти безразличия Ω_x^b и области противоречия Ω_x^n . Искомое решение задач оптимизации может быть найдено из областей компромиссов Ω_x^n , в силу чего возникает необходимость определения области компромиссных решений.

2. Определение значения оптимального решения в области компромиссов может быть осуществлено путем использования принципа оптимальности и схемы компромиссов, что является достаточно сложной задачей.

3. Локальные критерии несопоставимы и имеют различные единицы и масштабы измерения, поэтому необходимо провести нормализацию критериев, т.е. привести их к сопоставимой форме или безразмерным показателем.

4. Выявленной и учет приоритета критериев. Для этого могут быть использованы различные способы и методы теории принятия решений, как например метод экспертных оценок, метод последовательных уточнений и др.

Анализ ряда известных методов и способов решений задачи позволяет оценить преимущества и недостатки этих подходов и получить некоторые результаты их сопоставления. Рассмотрены следующие методы многокритериальной оптимизации: метод уступок; метод лексикографических отношений; метод Бенаюка; модифицированный метод сверток; способ аппроксимации функции. Оценка этих методов проводится на примере элементарных задач известным решением. Здесь метод уступок и способ аппроксимации функций не используют объединение критериев, а содержат блоки оптимизации каждого объединения критериев, а содержат блоки оптимизации каждого j -го критерия; метод лексикографических отношений и др. сводятся к обобщению критериев. Способы свертки и аппроксимации функции предложены как наиболее эффективные подходы к решению МЗО.

Метод уступок может проводиться в двух направлениях: оптимизация с конца списка критериев и с начала списка критериев. В обоих направлениях улучшение решения проводится минимизацией одного из критериев до значения уступок с последующим переходом к минимизации следующего критерия до тех пор, пока все критерии не будут доведены до возможного минимального значения. Если при этом окажется, что возможное значение управляемого параметра x_i по первому критерию соответствует значению

x_{i+1} , которое не может является элементом подмножества допустимых решений Ω_x , то необходимо пересмотреть выбранные значения коэффициентов уступок. Корректировка критериев проводится начиная с менее предпочтительного.

Метод уступок является одним из реальных способов, позволяющих довести МЗО до численного результата. Однако величина уступки зависит от субъективного мнения ЛПР и не гарантирует получения наилучшего решения.

12.6. Построение области эффективных решений и принятие решений.

Метод аппроксимации.

Область эффективных решений строится методом аппроксимации области по локальным значениям оптимальных решений каждого критерия.

Известно, что каждая целевая функция имеет различную корреляцию переменных $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, некоторые из них слабо влияют на величину критерия на заданном интервале, некоторые - сильно. Поэтому наряду со сверткой критериев, позволяющей учесть их разнохарактерность, рассмотрим вопрос о возможности учета степени влияния неизвестного (x) на каждый критерий. Предложенный метод аппроксимации не сводит многокритериальную задачу к скалярной, он позволяет построить множество наиболее эффективных точек с учетом влияния (x) на критерий оптимальности.

Рассмотрим способ определения координат наиболее эффективных решений. Пусть $f_i(x) = f_i(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$ - исследуемые функции в множестве G с областью определения Ω_i ($i = 1, 2, \dots, s$) взаимно пересекаются $\Omega_1 \cap \Omega_2 \dots \cap \Omega_s$ и имеют множество эффективных решений по Парето. Утверждение: если

$\prod_{i=1}^s \Omega_i \neq \emptyset$, то искомое решение МЗО принадлежит области Ω_n^x , которая определяется из условия

$$\Omega = \left\{ x \in \Omega_n^x / F(f_i(x)) \rightarrow \min f_i(x), i = 1, 2, \dots, s \right\}$$

что позволяет путем введения дополнительных условий определить искомое решение \bar{x} в области Ω_n^* . При решении задачи условно используем метод свертывания критериев путем введения функции полезности вида

$$F(f_i(x)) = \sum_{i=1}^s \alpha_i \lambda_i f_i(x) + \alpha_0,$$

где a – вектор весовых коэффициентов, учитывающий приоритет критериев $f(x)$; λ_i – коэффициент нормализации критериев.

Величина λ_i для несопоставимых величин находится путем нормализации критериев в заданном интервале (l_1, l_2) , хотя при этом определение значений вектора весовых коэффициентов представляет достаточную сложность. Величина $\alpha_i = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_s)$ представляет собой s – мерный вектор и определяется в виде

$$\alpha_i = \left\{ \alpha / \alpha_i \in [0,1], \sum_{i=1}^s \alpha_i = 1, 0 \right\}.$$

Вектор α связан с вектором внешнего $\alpha_i^h \prod_{i=1}^s \gamma_i / \sum_{i=1}^s \prod_{i=1}^s \gamma_i$ и внутреннего приоритета $\alpha_i^B = \Delta f_i(x_i) / \Delta x_i$ критериев. Если α_i^H – степень вогнутости функций. Случай $\alpha_i^B \rightarrow 0$ показывает, что $f_i(x)$ практически не зависит от x . При отсутствии или трудности определения α_i исключается возможность свертывания критериев и приходится пользоваться другими методами МЗО.

Если каждая исследуемая функция $f_i(x)$ для точки $x \in \Omega_x^n$ может быть аппроксимирована полиномом первой и второй степени, является усеченным рядом Тейлора

$$f_i(x) \approx f_i(x_1) + \nabla f_i(x_1)(x - x_1), \quad i = 1, 2, \dots, s,$$

то суммируя эти многочлены с учетом α_i^H , можно составить функцию полезности.

$$F(f_i(x)) \approx F(x) + \nabla F(\bar{x})(x - x),$$

где $\nabla F(\bar{x})$ – градиент функции $F(x)$ в точке \bar{x} , т.е.

$$\nabla F(\bar{x}^*) = \sum_{i=1}^s [f_i(x_i^* + \Delta x_i e_i) - f_i(x_i^*)] \alpha_i^H / \Delta x_i$$

полагая, что величина Δx соответствует условиям

$$\Delta x_i = |x_{i+1} - x_i| = \min \Delta x_{ij}$$

$$\Delta x_{ij} = |x_i^* - x_j^*|$$

где $e_i = \begin{pmatrix} 0 \\ \Delta \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$ на i -ом месте, имеем:

$$\nabla F(\bar{x}^*) = \sum_{i=1}^s \frac{\alpha_i^H [f_i(x_{i+1}^*) - f_i(x)_i]}{|x_{i+1}^* - x_i|}$$

Введенное условие равенства потерь при разложении каждой пары функций полезности. Решение уравнения позволяет получить искомое

$$x^* = \frac{\alpha_1^H \Delta f_{12}(x) x_1^* + \sum_{i=2}^{s-1} \alpha_i^H [\Delta f_{i,i-1}(x) + \Delta f_{i,i+1}(x)] x_i^* + \alpha_s^{H*} \Delta f_{s,s-1}(x) x_s}{\alpha_1^H \Delta f_{121} + \sum_{i=2}^{s-1} \alpha_i^H [\Delta f_{i,i-1}(x) + \Delta f_{i,i+1}(x)] + \alpha_s^{H*} \Delta f_{s,s-1}(x)}$$

-решение

где $\Delta f_{ij}(x) = f_i(x_j) - f_i(x_i^*)$.

Разработанная методика определения координат наиболее эффективных решений, использующая идею аппроксимации критериев оптимальности по локальным оптимумам критериев названа нами методом аппроксимации. Формула однозначно определяет искомое решение МЗО и позволяет построить подмножество наиболее эффективных решений в зависимости от вектора α_i^H .

12.7. Принятие решений для многокритериальной задачи оптимизации.

Для принятия окончательного решения следует определить систему предпочтения лиц, принимающих решение, и установить решающие правила. В теории принятия решений предполагается, что ЛПР имеет некоторую систему предпочтений, т.е. совокупность слабо структурированных или неформализованных требований, связанных с оценкой сравниваемых допустимых решений. Одними из основ при принятии решения являются экономические требования, спускаемых директивными органами и следующие из опыта проектирования таких типов зданий.

Как было показано выше, процесс решения многокритериальной задачи является многоэтапным: на первом этапе из исходного множества решений определяется подмножество допустимых решений, из них - подмножество эффективных решений Ω_n^x , из последнего – окончательное решение МЗО.

Если имеется возможность ввести новое условие или требование к множеству эффективных решений, то ЛПР может выбрать наилучшее из них в свете новых установок. В качестве подледных могут быть: введение некоторой ранжировки между показателями, уточнение предпочтения решений, раскрытие свойства функции при групповом предпочтении, выделение некоторых главных показателей качества и условие максимальной обеспеченности по надежности. При этом предполагается, что с помощью формулы можно определить подмножество эффективных решений, соответствующих различному и возможному сочетанию приоритетов критериев. Остается с помощью дополнительных условий выбрать наиболее подходящее решение, для чего можно использовать метод Чинмана – Анкофа.

Идея метода заключается в систематической проверке суждения об отношениях предпочтения для оцениваемых критериев. C_j путем логического сравнения. При этом соблюдается следующая последовательность.

1. ЛПР осуществляет ранжировку критериев в порядке убывания их важности с учетом опыта $f: M \rightarrow A$ принимая за первый самый важный критерий.

2. ЛПР уточняет значения вектора $\gamma_{s-1}, \gamma_{s-2}, \dots, \gamma_1$ т.е. степень предпочтительности $s-1, s-2, \dots, 1$ критерию, принимая $\gamma_s=1$, и формирует вектор

$$\gamma = \begin{Bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \end{Bmatrix}$$

3. ЛПР строит таблицу вариантов логического выбора:

Таблица.

	1		2...		...		s-2
u_1	U_1	u_2	U_2		$\dots u_s$		U_s
C_1	(C_2, C_3, \dots, C_s)	C_2	(C_3, C_4, \dots, C_s)		$\dots C_{s-2}$		(C_{s-2}, C_s)
C_1	$(C_2, C_3, \dots, C_{s-2})$	C_2	$(C_3, C_4, \dots, C_{s-1})$				
C_1	(C_2, C_3, C_4)	C_2	(C_3, C_4, C_5)				
C_1	$(C_2, C_3,)$	C_2	$(C_3, C_4,)$				

Для этого ЛПР выявляет отношение критериев по каждому столбцу, начиная с первого сверху вниз, отмечая одним из знаков. Это значит, что u_i важнее u_j тогда, когда суммарный эффект всех показателей, входящих в U_j , менее важен, чем эффект по U_i критерию. Если они эквивалентны, то $u_i \sim u_j$ при меньшей важности $u_i < u_j$. Установление отношений через эти знаки по каждой строке вниз продолжается до появления знаков $< \sim$. Затем осуществляется переход к следующему столбцу до последнего s-2 столбца.

4. с учетом составленной таблицы ЛПР проверяет приближенно заданное отношение предпочтения критериев., устанавливая отношения $C_i >$, требуя сохранения по $\gamma_i >$. Если при этом обнаруживается несоответствие, то оценки изменяется в минимально возможной степени так, чтобы достигнуть соответствия с решениями эксперта.

5. По уточненным значениям γ_i вычисляются коэффициенты предпочтительности так, чтобы выполнялись условия

$$\frac{\alpha_i}{\alpha_j} = \frac{\gamma_i}{\gamma_j}, \sum \alpha_i = 1, \alpha_j = \frac{\gamma_i}{\sum_{j=1}^s \gamma_j}$$

Уточненное значение вектора a позволяет выявить искомое решение на подмножестве эффективных решений по формуле.

Для иллюстрации возможного метода рассматривается простой пример.

Пример. ЛПР заданы следующие отношения приоритета:

C_i	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
		~.	>	>	>
μ_i	6	6	4	2	1

Допустим, что ЛПР высказало следующие соображения об отношениях групповых предпочтений:

u_{1s}	v_1	u_2	v_2	u_3	v_3
$C_1 < (C_2, C_3, C_4, C_5)$		$C_2 < (C_3, C_4, C_5)$		$C_3 > (C_4, C_5)$	
$C_1 < (C_2, C_3, C_4)$		$C_2 < (C_3, C_4)$			
$C_1 < (C_2, C_3)$					

Сравнивая отношения в последнем столбце с показателями предпочтения γ видим, что $\gamma_3 > \gamma_4 + \gamma_5$ показывает соответствие $\gamma_2 \sim \gamma_3 + \gamma_4$, так как $\gamma_3 + \gamma_4 = 6$ то условия не выполняются, по этому принимается $\gamma_2 = 6$ должно быть $\gamma_1 > 10$. При этом следует проверить все верхние условия на выполнимость:

$$\gamma_1 < (\gamma_2 + \gamma_3 + \gamma_4 + \gamma_5) - \text{выполняется,}$$

$$\gamma_1 < (\gamma_2 + \gamma_3 + \gamma_4) - \text{выполняется,}$$

$$\gamma_2 < (\gamma_3 + \gamma_4 + \gamma_5) - \text{выполняется,}$$

Тогда уточненное значение позволяет получить следующую оценку:

γ_1	γ_2	γ_3	γ_4	γ_5
11	6	4	2	1

По этим данным вычисляются новые коэффициенты предпочтения:

$$\begin{array}{ccccc} \alpha_1 & \alpha_2 & \alpha_3 & \alpha_4 & \alpha_5 \\ 0,46 & 0,25 & 0,17 & 0,08 & 0,04 \end{array}$$

Если процесс выполняется группой экспертов, то получается $N \times N$ матрица экспертных оценок.

$$\Lambda = \begin{vmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} & \dots & \alpha_{1N} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} & \dots & \alpha_{2N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \alpha_{s1} & \alpha_{s2} & \dots & \alpha_{sN} \end{vmatrix}$$

Среднее значение коэффициентов предпочтения при одинаковой компетентности экспертов получается из условия.

$$\lambda_i = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^1 \alpha_{ik}, i = 1, 2, \dots, s.$$

Здесь рассмотрен один из возможных подходов в принятии окончательного решения. В целом принятие решений является наиболее ответственным моментом при решении МЗО и исследуется методами теории принятия решений.

Таким образом, реализация МЗО сопровождается определением локально – оптимальных решений по каждому критерию с последующим вычислением по формуле вектора x^* для ---- полученной по формуле. Как показала серия расчетов, процесс имеет хорошую сходимость, при критерии оптимальности существенно улучшаются.

Рассмотрим для сравнения возможности применения описанного и разработанного метода МЗО для оптимизации простейших задач, имеющих предварительное точное решений.

Пример. Для контроля (Рис 12.2) приводятся результаты оптимизации металлической фермы, полученные с помощью предложенного метода.

Задано; ферма с поперечным сечением из равнобоких уголков $k=i2/A=0.25$. $[\lambda+] = 300$, $[\lambda-] = 200$ с параметрами $R_p=20.0$ кН /см² $R_c=14.14$ кН /см², $P=20$ кН, $h = d = 3.0$ м

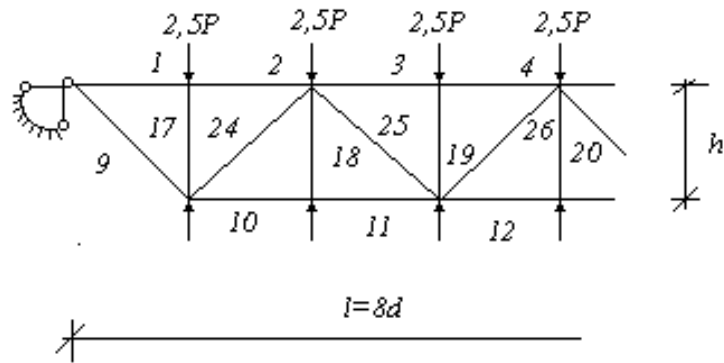


Рис. 12.2. Расчетная схема металлической фермы.

Необходимо определить оптимальную площадь однотипных элементов по двум критериям оптимальности в зависимости от заданного числа типоразмеров – g , т.е.

$$A_i^* = A^0 = \Phi^1 \{ \text{opt}[G, T(A)] \}, A \in \Omega_x$$

В качестве критериев оптимальности приняты:

$$G = \gamma \sum_{i=1}^n A_i l_i \quad \text{- масса конструкции;}$$

$$T_{\text{изг}} = k \frac{1}{aqB} \sqrt{G_n} \quad \text{- трудоемкость изготовления.}$$

Локальные оптимальные решения по каждому критерию:

38,4; 44; 44; 57,8; 10,0; 4,2; 10,0; 4,2; 38,4; 16,3; 18,0; при $q=9$. $T_{\text{изг}} \text{ мин}$
 $(A^2)=17,9$ чел-ч, $G(A^2)=56,5$ кН, $A^2=(74,8)_{j=1,2,\dots,29}$ при $q=1$.

Результаты полученные в многокритериальной постановке при $\alpha=0,8$:
 $A^*=44,0; 44,0; 74,8; 74,8; 44,0; 44,0; 74,8; 18,0; 18,0; 18,0; 18,0; 18,0; 18,0;$
 $q=3$, где $G=30$ кН, $T_{\text{изг}}=22,6$ чел-ч, $A^*=44,0; 44,0; 74,8; 74,8; 44,0; 44,0;$
 $59,4; 18,0; 13,72; 18,0; 13,72; 44,0; 18,0; 24,6;$ $q=6$, полностью соответствуют
полученному в другим методом решению и отвечают требованиям задачи.

Таким образом, формула полученная для определения наиболее эффективных решений, успешно реализуется для многокритериальных задач оптимизаций конструкций, по заданным α . Далее, достаточно лицу, принимающему решение, для получения искомого решения МЗО выявить соответствующий вектор α .

Контрольные вопросы

1. Какие задачи считаются оптимальными?
2. Из чего состоит математическая модель оптимизационной задачи?
3. Как определяются критерии оптимизации и группа ограничений?
4. Какие задачи и методы оптимизации существуют ?
5. Какие методы имеются для решения многокритериальной задачи оптимизации ?
6. Смысл метода аппроксимации функции .

ГЛАВА. 13. О расчете строительных конструкций, компьютерная технология

Краткое содержание

В данном разделе подробно изложены общие сведения о строительных конструкциях. Приведены требования к проектированию строительных конструкций, даны основные положения их проектирования, приводится компьютерная технология расчета конструкций.

13.1. Строительные конструкции. Основные положения их проектирования

К строительным конструкциям предъявляется ряд требований, которым они должны удовлетворять на всех стадиях их работы: изготовления, транспортирования, монтажа и эксплуатации.

Одним из основных требований является экономичность конструкций, зависящая от расхода и стоимости материалов, стоимости изготовления, транспортирования, монтажа и величины эксплуатационных расходов.

Предельные состояния конструкций.

Предельными называются такие состояния, при превышении которых конструкция перестает удовлетворять заданным эксплуатационным требованиям.

Предельные состояния подразделяют на две группы: первая – по потере несущей способности или непригодности к эксплуатации; вторая – по непригодности к нормальной эксплуатации, осуществляемой в соответствии с технологическими или бытовыми требованиями.

Расчет по первой группе предельных состояний должен предотвратить разрушение конструкции (расчет на прочность), потерю устойчивости формы конструкции (расчет на продольный изгиб, устойчивость тонкостенных

конструкций и т.п.) или ее положения (расчет на опрокидывание или скольжения подпорных стен, на всплытие подземных или подводных сооружений и др.), усталостное разрушение (расчет на выносливость конструкций при воздействии многократно повторяющейся нагрузки), разрушение при совместном воздействии силовых факторов и неблагоприятных влияний внешней среды (попеременное замораживание – оттаивание, увлажнение – высушивание, действие агрессивной среды).

Расчет по второй группе предельных состояний должен исключить чрезмерные деформации (прогибы, углы поворота) и колебания конструкций, образования трещин, недопустимую ширину их раскрытия, а также невозможность закрытия трещин (при необходимости выполнения этого условия).

Метод расчета по предельным состояниям состоит в недопущении превышения предельных состояний при эксплуатации в течение всего срока службы конструкций, а также в стадии их изготовления, транспортирования и монтажа или возведения при наименьших затратах труда, материалов, денежных средств.

Идея расчета конструкций по первой группе предельных состояний (по несущей способности) может быть выражена следующим неравенством:

$$N (\sum N_i^H n_i n_c) \leq \Phi (\sum S; R_i^H; 1/k_i; 1/k_{ni}; m_i).$$

Левая часть выражения представляет собой расчетное усилие, равное практически возможному максимальному усилию в сечении элемента при невыгоднейшей комбинации расчетных нагрузок или воздействий, оно зависит от усилий N_i^H , вызванных нормативными нагрузками, а также от коэффициентов перегрузки n_i (оценивающих изменчивость нагрузок) и коэффициентов сочетания нагрузок n_c (учитывающих реальные условия загрузки конструкций). Очевидно, что расчетное усилие не должно превышать расчетную несущую способность сечения Φ , являющуюся функцией: нормативных сопротивлений материалов R_i^H (задаваемых с уровнем обеспеченности около 0,95); коэффициентов безопасности $k_i > 1$ (повышающих уровень надежности до 0,997); коэффициентов надежности

$k_{ni} > 1$ (вводимых лишь для зданий и сооружений повышенной капитальности); коэффициентов условий работы $m_i < \text{или} > 1$ (учитывающих неблагоприятные или благоприятные условия, не отражаемые явно в расчетах); параметра S , зависящего от геометрических характеристик и прочих факторов, влияющих на несущую способность.

13.2. Нагрузки и воздействия

Нагрузки и воздействия на здания и сооружения могут быть постоянными и временными. Последние в зависимости от длительности действия подразделяются на длительные, кратковременные и особые. К постоянным

нагрузкам относятся собственная масса конструкций, усилия предварительного напряжения, давление грунта и т. п.

К временным длительным относятся масса стационарного оборудования, давление жидкостей и газов, нагрузки в книгохранилищах и складах, часть временной нагрузки в помещениях, нагрузка от одного мостового или подвесного крана, уменьшенная на 20 – 40 %, часть снеговой нагрузки и др. В состав кратковременных нагрузок вводят вес людей, снеговые, ветровые и крановые нагрузки, температурные климатические воздействия и др. Значения этих нагрузок принимают полными (а не их часть, как при учете в составе временных длительных). Особые нагрузки возникают при сейсмических, взрывных или аварийных воздействиях.

Величины нормативных нагрузок установлены нормами СНИП II–6-74; они используются для определения расчетных нагрузок $q = q^H n$, где q^H – величина нормативной нагрузки; n – коэффициент перегрузки, учитывающий изменчивость нагрузок.

Собственный вес конструкций вводится в расчет по прочности обычно с коэффициентом $n = 1,1 - 1,2$, временные нагрузки – $n = 1,2 - 1,4$. Если же уменьшение веса конструкции ухудшает условия ее работы (например, при расчете на устойчивость положения – всплытие, опрокидывание, скольжение), то принимают $n = 0,9$. Расчет конструкций по второй группе предельных состояний, учитывая меньшую опасность их наступления, производится на нормативные нагрузки, т.е. при $n = 1$.

Здания и сооружения обычно подвергаются одновременному действию различных нагрузок, поэтому при их расчете учитывают неблагоприятное сочетание усилий, вызываемых ими.

В зависимости от состава нагрузок различают: основные сочетания, состоящие из постоянных, длительных и кратковременных нагрузок; особые сочетания, состоящие из постоянных, длительных, возможных кратковременных и одной из особых нагрузок.

Нормы проектирования строительных конструкций и оснований.

Основным нормативным документом, используемым при проектировании строительных конструкций и оснований, являются Строительные нормы и правила (СНиП).

Нормативные и расчетные сопротивления материалов

Нормативные сопротивления материалов R^H различным силовым воздействиям назначены с определенным уровнем надежности:

$$R^H = R (1 - \nu),$$

где R – среднестатистическая прочность; t – показатель надежности (число стандартов); ν – коэффициент вариации (изменчивости) прочности.

$$R = \sum R_i / n,$$

$$i=1$$

где R_i – предел прочности i – го образца; n – количество образцов.

Среднеквадратичное отклонение (стандарт)

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n (R_i - R)^2 / (n-1)}$$

и имеет ту же размерность, что и прочность. Более удобным является безразмерный показатель относительной изменчивости рассматриваемого свойства – коэффициент вариации (изменчивости)

$$v = S / R$$

В теории вероятности доказано, что не менее 68,3 % всех образцов покажут прочность в пределах $R \pm S$ (при $t = 1$). Прочность $R \pm 1,64 S$ покажут не менее 95 % всех образцов, а в пределах $R \pm 3S$ практически уложится прочность всех образцов (99,7 %).

Расчетные сопротивления материалов, используемые в расчете конструкций по первой группе предельных состояний, задаются с высокой надежностью (0,997). Их значения получают делением нормативных сопротивлений на коэффициент безопасности по материалу k . Величину k назначают с учетом статистического разброса прочности, а также технологического контроля качества изготовления и методики испытания, характера разрушения (хрупкий или пластичный) и других факторов.

При расчёте конструкций нагрузки и воздействия принимаются по СНиП 11-6-74 «Нагрузки и воздействия. Нормы проектирования» и по стандарту СТ СЭВ 1407-78 «Строительные конструкции и основания. Нагрузки и воздействия. Основные положения».

А. Классификация и характеристика нагрузок и воздействий.

По времени действия нагрузки и воздействия относятся к постоянным (когда направление, место и время их приложения можно считать неизменёнными), временным длительным и кратковременным (нагрузки, которые в отдельные периоды строительства и эксплуатации могут отсутствовать) и особым.

К постоянным нагрузкам и воздействиям относятся: вес постоянных частей зданий и сооружений, вес и давление грунтов, воздействие предварительного напряжения.

К временным длительным нагрузкам и воздействиям относятся: вес стационарного оборудования; вес жидкостей и сыпучих материалов в ёмкостях; давление газов и жидкостей в резервуарах, газгольдерах и трубопроводах; нагрузка на перекрытия складов, библиотеках, архивов и подобных помещений, длительные температурные технологические воздействия и т.п..

К кратковременным нагрузкам и воздействиям относятся: атмосферные – снеговые, ветровые, гололёдные нагрузки и температурные климатические

воздействия; нагрузки от подъёмно-транспортного оборудования; нагрузки на перекрытия жилых и общественных зданий от массы людей, мебели и подобного лёгкого оборудования; ремонтных материалов в зонах обслуживания и ремонта оборудования; нагрузки и воздействия, возникающие при перевозке строительных конструкций, монтаже и перестановке оборудования и т.п.

К особым нагрузкам и воздействиям относятся: сейсмические и взрывные воздействия.

13.3. Основы расчёта строительных конструкций.

1. Расчёт строительных конструкций и оснований по методу предельных состояний

До 1955 г. конструкции рассчитывали различными способами в зависимости от применяемого материала (металлические и деревянные конструкции по допускаемым напряжениям; железобетонные, каменные и армокаменные – по разрушающим усилиям). С 1 января 1955 г. в качестве основного был принят метод расчёта строительных конструкций по предельным состояниям.

Две группы предельных состояний, учитываемых при расчёте строительных конструкций и оснований.

Строительные конструкции и основания должны удовлетворять требованиям расчёта по несущей способности (предельные состояния первой группы) и по пригодности к нормальной эксплуатации (предельные состояния второй группы).

2. Классификация и характеристика нагрузок, действующих на конструкцию.

Основное назначение несущих строительных конструкций состоит в восприятии действующих на них эксплуатационных нагрузок. По времени действия нагрузки делятся на постоянные (нагрузка от собственной массы частей зданий и сооружений) и временные нагрузки, которые в свою очередь делятся на длительные, кратковременные и особые.

К кратковременным нагрузкам относятся: остальные нагрузки от подвижного подъёмно-транспортного оборудования (кранов, тельферов и т.п.); нагрузки от массы людей, деталей, ремонтных материалов в зонах обслуживания и ремонта оборудования; нагрузки при перевозке и монтаже строительных конструкций, при монтаже и перестановке оборудования; нагрузки от массы временно складываемых на строительстве изделий и материалов и т.д.; нагрузки от оборудования, возникающие в пускоустановочном, переходном и испытательном режимах; остальная часть снеговой нагрузки, ветровая нагрузка. К особым нагрузкам относятся: сейсмические и взрывные воздействия, вызываемые резким нарушением

технологического процесса, неисправностью оборудования – обрыв канатов, удар о преграду, удар кранов о тупиковый упор, неравномерные деформации основания, сопровождающиеся коренным изменением структуры грунта (оттаивание вечномёрзлых грунтов, замачивание просадочных грунтов), воздействия деформаций земной поверхности под влиянием горных разработок и т.п.

3. Нормативные нагрузки и коэффициенты надёжности по нагрузке.

Для постоянных нагрузок от собственной массы строительных конструкций значения нормативных величин определяют по проектным размерам конструкций и по нормативным (средне статическим) значениям объёмных плотностей с учётом фактических данных завода-изготовителя или по установленным стандартам.

Расчёт конструкций по предельным состояниям первой группы производится в общем случае для всех стадий работы конструкции и её элементов; изготовления, транспортирования, возведения и эксплуатации. Основной вид расчёта по первой группе предельных состояний – расчёт по несущей способности производится по формуле

$$\gamma_n Q (q_n, \gamma_f, n_c) \leq \Phi (S, R_n, \gamma_d, 1/\gamma_m).$$

В левой части формулы Q – усилие (момент, продольная или поперечная сила), зависит от нормативных нагрузок q_n , умноженных на коэффициенты надёжности по нагрузке γ_f , сочетания усилий n_c и на коэффициент надёжности по назначению γ_n , который учитывает класс ответственности здания или сооружения и в соответствии с этим требуемый уровень надёжности.

В правой части формулы Φ – функция геометрических характеристик сечения S , нормативных сопротивлений материалов R_n , коэффициентов условий работы γ_d и надёжности по материалу γ_m . Физический смысл формулы заключается в том, что максимально возможное усилие (момент, сила) в сечении элемента должно быть меньше или, в крайнем случае, равно минимально возможной несущей способности сечения.

Задача вероятностной оптимизации конструкции исследуется как двойственная задача оптимального резервирования: добиться нормативных показателей надёжности системы с минимальными ресурсами или максимальной надёжностью системы с нормированными ресурсами.

Проектирование оптимальных систем представляет собой технико-экономические проблемы, для которых минимальный расход материала (стоимость) или трудозатраты не является единственным признаком оптимальности конструкций, ибо понятие оптимальности включает и требования конструктивной надёжности и долговечности при высоких эксплуатационных качествах сооружения. В этом смысле общие проблемы оптимального проектирования является задача проектирования конструкций с

оптимальной надежностью.

Комплекс программ КРОУСС по расчету и оптимизации упругих систем на ПЭВМ

Разработанный комплекс программ на ПЭВМ предназначен для оценки технического состояния различных конструкций здания и сооружений, возводимых как в обычных, так и в сейсмически опасных районах.

Приведены назначения и условия применения программы КРОУС, даны рекомендации по составлению расчетных схем, правила заполнения исходных данных, даны результаты работы программы. Приведен контрольный пример.

Инструкция предназначена для инженеров, для оценщиков недвижимости научных работников, студентов выполняющих прочностные, оптимизационные расчеты и проектирование конструкций.

Комплекс состоит из следующих подпрограмм:

STAT - определение усилий в статически неопределимых стержневых системах от вертикальных и горизонтальных нагрузок с учетом и без учета взаимодействия с грунтом.

SEISM - определение периодов, форм колебаний и сейсмических нагрузок стержневых систем для зданий и сооружений свыше трех этажей.

STAT_ARM - определение усилий в статически неопределимых железобетонных стержневых системах от вертикальных и горизонтальных нагрузок с учетом и без учета взаимодействия с грунтом и подбором армирования в соответствующих сечениях.

KROU - определение периодов, форм колебаний, сейсмических нагрузок, определение усилий от статических и сейсмических нагрузок, сочетание усилий и подбор арматуры в характерных сечениях.

KROUSS - определяются усилия в стержневых системах перемещения узлов от стратегических и динамических (сейсмических) воздействий, невыгодные расчетные комбинации усилий и площади арматуры для железобетонных элементов конструкций, а также оптимальные жесткостные характеристики стержневой системы (скалярная оптимизация).

KROUSS_A - определяются усилия в стержневых системах, перемещения узлов от статических и динамических (сейсмических) воздействий, невыгодные расчетные комбинации усилий и площади арматуры для железобетонных элементов конструкций, а также оптимальные площади продольной рабочей арматуры (скалярная оптимизация).

KROUSS_H - определение усилий в стержнях, перемещения узлов от статических и динамических (сейсмических) воздействий, невыгодные расчетные комбинации усилий и площади арматуры для железобетонных элементов конструкций, оптимальные характеристики стержневой системы (скалярная оптимизация), вероятностная оценка надежности несущих

элементов системы.

KROUSS-4M - определение усилий в стержнях, перемещения узлов от статических воздействий, площади армирования для железобетонных элементов конструкций, оптимальные жест костные характеристики стержней (многокритериальная постановка задачи). В качестве критерия оптимальности можно принять общую стойкость, затраты на материалы (цемент, арматура), трудоемкость, показатель общей несущей способности, потенциальная энергия, теоретический вес и др.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

E - модуль упругости бетона конструкции;

E₀ - коэффициент постели грунта;

L - длина элемента;

b, h - соответственно ширина, высота поперечного сечения элемента;

J - момент инерции сечения элемента; a - защитный слой бетона;

a_k, b_k - размер перемычки (части диафрагмы);

K₁ - коэффициент, учитывающий допускаемое повреждения зданий и сооружений;

A - коэффициент, принимаемый в зависимости от расчетной сейсмичности.

R_A - расчетное сопротивление арматуры (R_s);

R_{PR} - расчетное сопротивление бетона (R_b);

F_A, F_{A1} - площади растянутой, сжатой арматуры;

CH - число этажей;

CP - число пролетов;

IM - число элементов в конструкции;

H - ширина ленты формируемой матрицы (A);

NM - количество одновременно действующих нагрузок;

MM - количество неизвестных (обобщенных перемещений);

[A] - матрица единичных перемещений;

[AA] - матрица грузовых членов;

[PP] - матрица параметров;

[HAG] - матрица нагрузок;

[SS] - матрица сейсмических нагрузок;

[SUS] - массив усилий;

[TT] - матрица индексов;

[US] - служебный массив параметров;

m, n - направляющие косинусы осей элементов относительно общей системы координат.

1. НАЗНАЧЕНИЕ, ВОЗМОЖНОСТИ И УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОГРАММ

Разработанный комплекс программ на ПЭВМ предназначен для расчета сложных стержневых систем статически определимых и неопределимых систем (фермы, арки, рамы и др.) на статические и динамические (сейсмические) нагрузки с учетом и без учета повреждений, оценка прочности и жесткости элементов в отдельности и конструкции в целом. При этом основной алгоритм расчета был принят Метод Конечных Элементов (МКЭ). В данной программе предусмотрены решения задач на прочность конструкций изготовленных из упругих материалов (сталь, железо, железные сплавы, дерево и др.).

Расчет и проектный процесс полностью автоматизируется с последовательным решением следующих задач: **Динамика - Статика - Сочетание внутренних сил - Выбор поперечного сечения - Оптимизация.**

При выборе поперечного сечения неоднородных конструкций – железобетона, позволяет определить поперечное сечение арматуры.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Продукт разработан на языке Турбо - Паскаль, имеются новые отладочные версии, позволяющие автоматически вводить исходные данные. Минимальная потребность в компьютере – IBM PC XT 386 и более, с оперативной памятью 1 Мб и более. Позволяет вести расчет конструкций с степенью статической неопределимости - 512. Занимает небольшой объем памяти. Для каждого блока программы имеются пояснения к вводу исходных данных, удобен при вводе, работает в диалоговом режиме.

2. О РАСЧЕТЕ КОНСТРУКЦИИ

Для расчета конструкции формируется матрица параметров, которая является исходной информацией для программы. Далее описываются параметры необходимые для расчета:

Матрица параметров и нагрузок составляются для решения конкретной задачи. Матрица параметров PP составляется в виде матрицы строк для каждого элемента системы в зависимости от физических и геометрических характеристик. Каждая строка матрицы характеризует один элемент.

$$PAR = [TЭ, I, L, h, m, n, E_0]$$

где TЭ - количество однотипных элементов с параметрами данной строки;

I - момент инерции плоского поперечного сечения элемента,

L, h - длина и высота элемента, m, n - направляющие косинусы,

E₀ - модуль упругости грунта, для обычного элемента заполняется нулем.

Матрица нагрузок "НАГ" составляется как двумерный массив. По

первому столбцу записываются номер соответствующий неизвестной, по которой приложена нагрузка, а по второму столбцу величина данной нагрузки.

Матрица индексов составляется для решения конкретной задачи. Для автоматического формирования элементов системы уравнений[А] необходимо знать топологическую связь составляющих, краевые условия, геометрические и физические характеристики элементов.

Взаимная связь элементов и краевые условия задается специальной матрицей индексов ТТ.

Необходимо учитывать, что от порядка нумерации неизвестных по узлам зависит ширина ленты матрицы коэффициента А. Поэтому рекомендуется обходить узлы по вертикали, если число этажей меньше чисел пролетов, по горизонтали - если зависимость обратная. При наличии шарниров в узлах дополнительные неизвестные также нумеруются. После нумерации неизвестных составляется двумерная матрица индексов ТТ, где число строк равно числу элементов в раме, а число столбцов - число возможных перемещений конечного элемента.

Строка матрицы индексов ТТ каждого конечного элемента записывается в следующем порядке. Для принятого начала стержня записывается три числа: номера горизонтальной, вертикальной и угловой деформации соответствующие данному концу стержня в том же порядке .

Во второй конец стержня записываются также три числа. Порядок этой записи должен строго сохраняться. Если какое-либо неизвестное для данного стержня отсутствует, то на его место в матрице ТТ ставится нуль.

Каждая строка матрицы индексов ТТ показывает неизвестные приложенные в узлах данного элемента.

Таким образом, обходя все элементы последовательно начиная с первого, получим матрицу индексов ТТ для всей конструкции. Полная матрица индексов для рамы изображенной выше показана в виде таблицы 4.

Матрица жесткости системы - R формируется на основе матрицы жесткости элементов К на ЭВМ. Для автоматического формирования системы уравнений необходимо знать топологическую связь - П составляющих, краевые условия, геометрические и физические характеристики элементов. Взаимная связь всех элементов задается матрицей индексов.

Метод конечных элементов, как известно сводится к выводу матрицы жесткости элементов рассчитываемой конструкции представляющей собой реакции в узлах (в варианте метода деформации) от единичных перемещений узлов элемента. Порядок матрицы жесткости зависит от количества учитываемых обобщенных перемещений узлов элемента, а также могут быть различными для одного типа элемента от принимаемых во внимание факторов. Для случая когда необходимо наряду с изгибом, поперечной деформации учет продольной деформации порядок матрицы жесткости (МЖ) равен шести.

3. ФОРМИРОВАНИЕ И РЕШЕНИЕ СИСТЕМ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ

Автоматическое формирование систем уравнений $RpZ+P=0$ является важным этапом при расчете по методу конечных элементов.

Для этого необходимо знать взаимную топологическую связь элементов, геометрические и физические параметры системы, а также интенсивности и приложение нагрузок.

Для автоматического формирования элементов необходимо знать взаимную топологическую связь элементов и краевые условия, геометрические и физические параметры элементов, вид интенсивность внешней нагрузки.

Взаимная связь элементов и краевые условия задаются матрицей индексов ТТ, геометрические и физические параметры элементов задаются матрицей параметров РР, а также вид и интенсивность внешней нагрузки задаются матрицей нагрузок $AA = НАГ$.

Метод конечных элементов хорошо приспособлен для машинного счета, но его возможности нельзя использовать без соответствующей программы на ЭВМ. Далее приводятся некоторые особенности численного метода вплоть до стадии его реализации.

4. ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА.

Стадия подготовки исходных данных.

В целом объем исходных данных зависит от типа, конфигурации, топологии, регулярности элементов конструкции и видов нагрузок. Вся информация размещается в оперативную память ЭВМ и состоит из следующих массивов:

- а) общие характеристики конструкции;
- б) матрица параметров (жест костные характеристики, длина элементов, матрицы направляющих косинусов и т.д.);
- в) матрицы нагрузок;
- г) матрицы индексов.

В принципе для регулярных систем подготовка исходной информации не представляет большого труда. Главная сложность заключается в выборе основной системы и нумерации неизвестных (нумерацию необходимо провести так, чтобы ширина ленты (Н) была минимальной).

Составление матрицы индексов также является ответственным этапом, хотя для некоторого класса систем он автоматизирован.

Стадия расчета системы. В данной стадии наиболее трудоемким этапом является формирование системы уравнения. В этом случае разрешающие

системы алгебраических уравнений хорошо обусловлены, имеют заполненную ленточную матрицу и формирование системы легко поддается автоматизации. Для формирования матрицы жесткости системы приходится каждый раз обращаться к процедуре вычисления матриц жесткостей отдельных конечных элементов.

Решение систем алгебраических уравнений представляется достаточно трудоемким и тем больше, чем сложнее конструкция.

Алгоритм иллюстрируется на примере расчета пятиэтажной железобетонной рамы Р-1 (бетон класса В20, арматура А-11).

Преимуществом метода также является то, что при наличии разных видов загрузки и соответствующего им числа свободных членов левая часть матрицы коэффициентов при неизвестных формируется и обрабатывается всего один раз. Наряду с этим выбранный метод позволяет сэкономить память и время счета на ЭВМ.

Алгоритм расчета системы на сейсмические воздействия. Теория расчета конструкций на динамические нагрузки, в частности на действия сейсмических сил, предлагает различные методы расчета (вероятностные, по спектральным кривым и др.). На современном этапе расчеты на сейсмостойкость проводятся с учетом фактических свойств реальных сооружений.

В основу алгоритма определения частот и форм свободных колебаний положен метод последовательных приближений как наиболее удобный для практических расчетов на ЭВМ. При этом сложность вычисления частоты и форм высоких тонов колебаний преодолевается благодаря учету свойств взаимной ортогональности главных форм колебаний. Использование этого свойства позволяет для каждого последующего тона понизить порядок уравнений и получить результаты с любой заданной точностью.

Для основы алгоритма расчета на сейсмические воздействия приняты изветные положения.

5. ОПИСАНИЕ ПРОГРАММЫ

Весь процесс вычисления организовывается управляющим блоком. Этот блок в основном оперирует со следующими подблоками:

1. Ввод исходных данных.
2. Сеймика.
3. Расчет системы.
4. Вычисления арматуры.
5. Оптимизация.
6. Оценка технического состояния

Критерий оптимизации выбирается или назначается в зависимости от условия задачи в виде как одно критериальной и многокритериальной модели .

Однокритериальная модель является частным случаем многокритериальной модели, задачи куда могут входит практически все качественные и количественные показатели конструкции.

В качестве критериев введены :

- Ф1 - общая стоимость конструкции в деле
- Ф2 - трудоемкость изготовления
- Ф3 - потенциальная энергия
- Ф4 - суммарная несущая способность
- Ф5 - расход арматуры
- Ф6 - расход цемента
- Ф7 - теоретическая масса конструкции

В качестве управляемых параметров приняты жесткостные характеристики элементов системы.

6. СТРУКТУРА ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОГРАММЫ. БАЗА ДАННЫХ

Программа решения задач может принимать во внимание следующее: 1. Дискретность переменных через признак ДД. При ДД = 1 учитывается унифицированность и сборность элементов. 2. Введение граничных значений переменных. 3. Требования соответствующих технических норм и правил. 4. Совместную работу системы с грунтом, основанием. 5. Все виды нагрузок путем приведения их к узлам. 6. Армирование всех элементов, включая конструктивное армирование.

В программе используется единая база данных для всех процедур, необходимая для хранения числовых значений параметров, применяемых для решения задачи. База данных состоит из двух частей - постоянной и изменяемой. Переменные изменяемой части позволяют сохранить результаты промежуточных вычислений и могут быть использованы различными процедурами.

В базу данных вводится и хранится следующая информация:

1. Топологические данные: а) геометрические и физические характеристики: СН - этажность системы; СР - число пролетов; ИМ - количество элементов в стержневой модели системы; НМ - количество нагрузок; ММ - количество неизвестных перемещений; I,А - момент инерции и площадь поперечного сечения элемента; Е - модуль упругости элементов; Е0 - модуль общей дефоляции грунта; а_к,b_к-размеры перемычки (части диафрагмы); b -

ширина сечения элемента , R_b - расчетные сопротивления (соответственно) бетона сжатию и металла; a - защитный слой бетона; k_1 - коэффициент, учитывающий допускаемые повреждения зданий и сооружений; A - коэффициент, принимаемый в зависимости от расчетной сейсмичности;

2. Данные о способе образования расчетной схемы. Вся информация о топологии системы сообщается с помощью матрицы индексов ТТ. Нумерация всех неизвестных - обобщенных перемещениях D , для конца стержневого элемента производится по направлению продольной оси, перпендикулярной ей, и поворота узла.

Информация о расчетной схеме содержит: MM - количество неизвестных обобщенных перемещений; IM - количество элементов в стержневой модели системы.

Информация о действующих нагрузках. Действующие нагрузки преобразуются в узловые, если такое невозможно, то вводится узел в месте действия вне узловой нагрузки. Каждая нагрузка должна совпадать с одним из направлений неизвестных перемещений. Знак определяется в зависимости от направлений двух векторов: нагрузки P и перемещения D . Количество строк матрицы NA_G обозначено через NM - количество нагрузок. В процедуре $SEISM$ формируется вектор сейсмических нагрузок SS .

Специальная информация. При оптимизации сейсмостойких конструкций используются: C_b, C_s - стоимость бетона и арматуры (соответственно) "в деле"; g_{min}, g_{max} - массивы (соответственно) нижних и верхних пределов переменных параметров; g_0 - массив начальных значений переменных параметров; KTR - коэффициент точности поиска экстремума по приращениям целевых функций.

В целом система исходных данных состоит:

1. Вектор переменных, характеризующих систему

$$MP = IM, MM, N, PM, NM, DD,$$

где IM - количество элементов;

MM - количество обобщенных перемещений (неизвестных);

N - ширина ленты системы уравнений;

DD - признак дискретности.

2. Массивы параметров, характеризующий элементы системы:

$$PAR(PM) = ЧЭ \ I \ L \ g \ m \ n \ E_0 \ a_k \ b_k \ g_{min} \ g_{max},$$

где $ЧЭ$ - количество последовательно следующих однотипных элементов;

I, g - плоскостные геометрические характеристики элемента в m и m ;

L - длина элемента, в m ; m, n - матрица косинусов элементов системы;

E_0 - модуль упругости грунта;

a_k, b_k - ключи для учета различных краевых условий элемента;

g_{min}, g_{max} - предельные условия (граничные) для переменных.

3. Матрицы соединений (индексов):

$TT(IM*6) = D_{nj1}, D_{nj2}, D_{nj3}, D_{nj4}, D_{nj5}, D_{nj6}$,
где D_{nji} - номер направления обобщенного перемещения в начале
элемента;

D_{kji} - то же в конце j -го элемента, при $i = 1, 6$.

4. Массив нагрузок.

$HAG(IM) = IM, P$,

где IM - номер направления нагрузок;

P - величина нагрузок.

5. KTR - коэффициент точности расчета.

6. CP - число пролетов сооружения; CH - число этажей.

7. Массив параметров (оптимизационный):

$PAR1(PM1) = ЧЭ R_b b C_b R_s C_s a a'$,

где R_b - призменная прочность бетона;

b - параметр сечения, в м; R_s - прочность арматуры на растяжение;

a, a' - защитный слой арматуры.

8. Коэффициенты:

K - учитывающий допускаемые повреждения зданий и сооружений; A - значения которого следует принимать равными

0,1; 0,2; 0,4 соответственно, для расчетной сейсмичности 7, 8, 9 баллов.

9. Массив поэтажных весов

$MAS = CH, Q$, где CH - номер этажа; Q - величина веса соответствующего этажа.

Программа организовано выводит на печать массивы и переменные (в зависимости от требования). В тестовых примерах на печать выводится:

- вектор переменных, характеризующих систему МП;
- массив параметров PAR ;
- коэффициенты динамичности b ;
- массив коэффициентов форм колебаний X ;
- массив поэтажных сейсмических сил SS ;
- усилия $SUS = S(N, Q, M)$ в концах элементов для заданных значений переменных go при особом сочетании.

7. ОГРАНИЧЕНИЯ

Основными ограничениями, накладываемыми на задачи, являются время подготовки исходных данных, счета на ЭВМ и обработки результатов счета, объем памяти на устройствах прямого доступа, их количество и т.д.

Основное требование к пользователю ВК по возможности упрощать задачу, с тем чтобы объем исходной и перерабатываемой информации и время решения были минимальными.

Список ограничений:

- 1) - количество загрузений

- количество динамических масс должно быть не более 20 и не меньше 2;
- 2) - количество узлов не более 1000 для плоских расчетных схем;
 - общее количество неизвестных перемещений не более 2304 ($1 < N < 2304$);
- 3) ширина ленты системы канонических уравнений не более 768 ($N \leq 768$);

8. ПРИМЕР РАСЧЕТА

1. Для иллюстрации рассматривается железобетонная рама со следующими характеристиками - класс бетона В15, класс арматуры А-III, для поперечного армирования А-I. Коэффициент постели грунта - $E_0 = 240 \text{ т/м}^2$.

На раму действуют нагрузки: постоянная, кратковременно-действующая. Сейсмичность 9 баллов.

Массивы исходной информации заполняются в порядке, изложенном в п.4.

1. $MP = IM, MM, H, PM, HM, DD = 38, 72, 15, 3, 30, 1$

$$20 \ 0,002133 \ 3 \ 0,16 \ 0 \ 1 \ 0 \quad 0 \ 0 \ 0,09 \ 0,36$$

2. $PAR = 3 \ 0,08333 \ 6 \ 0,5 \ 1 \ 0 \ 0,24 \ 0 \ 0 \ 0,4 \ 1,0 \ 15 \ 0,002133 \ 6 \ 0,16 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0,09 \ 0,36$

$$20 \ 135 \ 0,4 \ 41 \ 3750 \ 1060 \ 3 \ 3$$

3. $PAR1 = 3 \ 135 \ 0,8 \ 41 \ 3750 \ 1060 \ 4 \ 4$

$$15 \ 135 \ 0,4 \ 41 \ 3750 \ 1060 \ 3 \ 3$$

$$13 - 15 \quad 19 - 30$$

$$14 - 15 \quad 22 - 15$$

$$16 - 30 \quad 23 - 15$$

$$25 - 15 \quad 31 - 30 \quad 37 - 15$$

$$26 - 15 \quad 34 - 15 \quad 38 - 15$$

4. $HAG = 28 - 30 \quad 35 - 15 \quad 40 - 30$

$$43 - 30 \quad 49 - 15 \quad 55 - 30$$

$$46 - 15 \quad 50 - 15 \quad 58 - 15$$

$$47 - 15 \quad 52 - 30 \quad 59 - 15$$

$$61 - 15 \quad 67 - 30$$

$$62 - 15 \quad 70 - 15$$

$$64 - 30 \quad 71 - 15$$

$$0 \ 1 \ 2 \ 12 \ 13 \ 14$$

$$3 \ 4 \ 5 \ 15 \ 16 \ 17$$

$$6 \ 7 \ 8 \ 18 \ 19 \ 20$$

$$9 \ 10 \ 11 \ 21 \ 22 \ 23 \ 12 \ 13 \ 14 \ 24 \ 25 \ 26 \ 15 \ 16 \ 17 \ 27 \ 28 \ 29 \ 18 \ 19 \ 20 \ 30 \ 31 \ 32 \ 21$$

$$22 \ 23 \ 33 \ 34 \ 35 \ 24 \ 25 \ 26 \ 36 \ 37 \ 38 \ 27 \ 28 \ 29 \ 39 \ 40 \ 41 \ 30 \ 31 \ 32 \ 42 \ 43 \ 44$$

5. TT = 33 34 35 45 46 47 36 37 38 48 49 50 39 40 41 51 52 53 42 43 44 54 55 56 45
 46 47 57 58 59 48 49 50 60 61 62 51 52 53 63 64 65 54 55 56 66 67 68 57
 58 59 69 70 71
 0 1 2 3 4 5 3 4 5 6 7 8 6 7 8 9 10 11
 12 13 14 15 16 17
 15 16 17 18 19 20
 18 19 20 21 22 23
 24 25 26 27 28 29
 27 28 29 30 31 32
 30 31 32 33 34 35
 36 37 38 39 40 41
 39 40 41 42 43 44
 42 43 44 45 46 47
 48 49 50 51 52 53
 51 52 53 54 55 56
 54 55 56 57 58 59
 60 61 62 63 64 65
 63 64 65 66 67 68
 66 67 68 69 70 71

6. KTR = 0,005

7. CP = 3; CH = 5

8. K = 0,25; A = 0,4

1 106,8

2 106,8

9. MAS = 3 106,8 .

4 106,0

5 102,0

2. В качестве вектора оптимизируемых параметров для рассматриваемой конструкции - X приняты жесткостные характеристики системы - g. За функцию цели принята стоимость материалов конструкции (бетона и арматуры) " в деле" - Co.

Требуется рассчитать и определить:

- план усилий в заданных рамах P - 46-85 и P-48-85 ;

- оптимизировать значение параметров g для Co (g)->min Co(g).

Основные физико-механические характеристики несущих конструкций, при проектном расчете в ТашЗНИИЭП по программе " ЛИРА", на основании СНиПа 21-75 " Бетонные и железобетонные конструкции" - бетон М300, Rпр=

135 кг/см E_b = 260000 кг/см . Арматура класса А-111 , R_s = 3750 кг/см . Заданы массивы в порядке, рассмотренном в 2.3.1, для рамы Р-48-85 в качестве исходной информации к программе КРОУСС.

1. МП = IM, MM, PM, HM, ДД = 29, 36, 60, 18, 3, 0

$$2. PAR = \begin{vmatrix} 5 & 0.002133 & 2.95 & 0.16 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0.09 & 0.36 \\ 15 & 0.002133 & 3.3 & 0.16 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0.09 & 0.36 \\ 16 & 0.002816 & 6 & 0.175 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.13 & 0.2 \end{vmatrix}$$

$$3. PAR1 = \begin{vmatrix} 5 & 135 & 0.4 & 41 & 3750 & 1060 & 3 & 3 \\ 15 & 135 & 0.4 & 41 & 3750 & 1060 & 3 & 3 \\ 16 & 135 & 0.471 & 41 & 3750 & 1060 & 3 & 3 \end{vmatrix}$$

$$4. HAG = \begin{vmatrix} 2-18.803 & 17-27.876 & 33-5.28 & 50-22.588 \\ 3-11.331 & 18-11.7 & 35-19.47 & 53-22.588 \\ 5-32.342 & 20-47.6 & 38-19.47 & 56-22.588 \\ 8-34.672 & 23-50.02 & 41-19.47 & 59-15.241 \\ 11-32.342 & 26-47.6 & 44-17.611 & 60-7.71 \\ 13-3.03 & 29-27.876 & 45-5.28 \\ 14-18.803 & 30-11.7 & 47-15.241 \\ 15-11.391 & 32-17.611 & 48-7.71 \end{vmatrix}$$

$$5. TT = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 \\ 0 & 0 & 0 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 & 10 & 11 & 12 \\ 0 & 0 & 0 & 7 & 8 & 9 & 10 & 11 & 12 & 13 & 14 & 15 \\ 0 & 0 & 0 & 10 & 11 & 12 & 16 & 17 & 18 & 19 & 20 & 21 \\ 0 & 0 & 0 & 13 & 14 & 15 & 19 & 20 & 21 & 22 & 23 & 24 \\ 1 & 2 & 3 & 16 & 17 & 18 & 22 & 23 & 24 & 25 & 26 & 27 \\ 4 & 5 & 6 & 19 & 20 & 21 & 25 & 26 & 27 & 28 & 29 & 30 \\ 7 & 8 & 9 & 22 & 23 & 24 & 31 & 32 & 33 & 34 & 35 & 36 \\ 10 & 11 & 12 & 25 & 26 & 27 & 34 & 35 & 36 & 37 & 38 & 39 \\ 13 & 14 & 15 & 28 & 29 & 30 & 37 & 38 & 39 & 40 & 41 & 42 \\ 16 & 17 & 18 & 31 & 32 & 33 & 40 & 41 & 42 & 43 & 44 & 45 \\ 19 & 20 & 21 & 34 & 35 & 36 & 46 & 47 & 48 & 49 & 50 & 51 \\ 22 & 23 & 24 & 37 & 38 & 39 & 49 & 50 & 51 & 52 & 53 & 54 \\ 25 & 26 & 27 & 40 & 41 & 42 & 52 & 53 & 54 & 55 & 56 & 57 \\ 28 & 29 & 30 & 43 & 44 & 45 & 55 & 56 & 57 & 58 & 59 & 60 \\ 31 & 32 & 33 & 46 & 47 & 48 \\ 34 & 35 & 36 & 49 & 50 & 51 \\ 37 & 38 & 39 & 52 & 53 & 54 \\ 40 & 41 & 42 & 55 & 56 & 57 \end{vmatrix}$$

	P-46-85	1017,60	797,40	21,60
		147,80	220,20	22,02
			115,26	
	P-48-85	1372,96	1149,90	16,25
		193,22		14,23
			223,06	
			165,73	

Анализируя полученные эпюры, можно сделать следующие выводы. Оптимизация весовых параметров приводит к существенному изменению характера распределения сейсмических воздействий по высоте сооружения. Перераспределение геометрических параметров позволяет судить об изменении жесткостных характеристик несущих конструкций в каждом уровне сооружения. В верхних сечениях здания уменьшение физических перерезывающих сил составляет в среднем 30-40%, а в уровне междуэтажных перекрытий 20-30%. Указанное обстоятельство приводит к уменьшению изгибающих моментов в наиболее нагруженных сечениях здания.

Полученные результаты дают возможность получить существенную экономию материала.

Как показано, есть возможность получения экономии материалов при заданных опалубочных размерах несущих элементов за счет оптимизации несущей арматуры.

1. Результаты оптимизации по Модели-1 показали, что для индивидуального проекта с монолитным каркасом решенная задача оптимизации в описанной постановке позволяет получить оптимальное решение с экономией до 30%.

2. Результаты оптимизации по Модели-2 показали, что для проектов со сборным каркасом решенная задача оптимизации в описанной постановке позволяет получить оптимальное решение с экономией до 9%.

3. Опыт внедрения разработок и программы КРОУСС показал, что вычислительный аппарат позволяет оптимизировать параметры поперечного сечения как по параметрам бетона, так и арматуры с учетом требования реального проектирования, что позволяет сократить расход дефицитных строительных материалов, таких как цемент и арматура до 6-9%.

В целом данную программу можно использовать как на этапе проектирования новых объектов, так и на стадии оценки технического состояния конструкции эксплуатируемых зданий

Примечание: программа КРОУС разработана как обучающегося программа с сервисным оформлением.

Контрольные вопросы

1. Основы расчёта строительных конструкций.
2. Расчёт строительных конструкций и оснований по методу предельных состояний.
3. Две группы предельных состояний, учитываемых при расчёте строительных конструкций и оснований.
4. Классификация и характеристика нагрузок, действующих на конструкцию
5. Нормативные нагрузки и коэффициенты надёжности по нагрузке.
6. Нормативное сопротивление материалов как основной параметр их сопротивления силовым воздействиям
7. Расчёт конструкций по предельным состояниям второй группы – по пригодности к нормальной эксплуатации.

ГЛАВА. 14. ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ И ИХ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

14.1. Общие сведения

Землетрясения по своим разрушительным последствиям, числу жертв и деструктивному воздействию на среду обитания человека занимают одно из первых мест среди других природных катастроф. Они обусловлены продолжающейся сотни миллионов лет глобальной эволюцией литосферы нашей планеты. На территории Северной Евразии все геодинамические и сейсмические процессы тесно связаны с взаимодействием восьми крупных литосферных плит – Евразийской, Африканской, Аравийской, Индостанской, Китайской, Тихоокеанской, Охотоморской и Северо-Американской.

Предотвратить землетрясения невозможно, однако их разрушительные последствия и количество человеческих жертв могут быть уменьшены путем создания достоверных карт сейсмического районирования, применения адекватных норм сейсмостойкого строительства и проведения в сейсмоактивных районах долгосрочной политики, основанной на повышении уровня осведомленности населения и федеральных органов об угрозе землетрясений и умении противостоять подземной стихии.

Основными понятиями, связанными с социально-экономическими последствиями землетрясений, являются следующие:

- п сейсмическое районирование – это картирование сейсмической

опасности. Сейсмическая опасность – вероятность возникновения (превышения, не превышения) сейсмического эффекта определенной величины в данном пункте в течение заданного интервала времени (измеряется в баллах, пиковых и спектральных ускорениях и т.п.);

- п сейсмическая уязвимость – отношение ожидаемых затрат по восстановлению объекта его первоначальной стоимости (измеряется от 0.0 до 1.0). Сейсмический риск – вероятность потерь от землетрясений за определенный промежуток времени в соответствии с сейсмической опасностью и уязвимостью объектов (число возможных жертв, экономический и экологический ущерб и др.).

Сейсмическое районирование актуально для всех без исключения регионов Республики Узбекистан, где имели место, и возможно в будущем, достаточно сильные и разрушительные землетрясения. Вся территория Республики Узбекистан подвержено сейсмическим воздействиям, требующим проведения антисейсмических мероприятий. Значительную площадь занимают чрезвычайно опасные в сейсмическом отношении 8-9-ти и 9-10-балльные зоны.

Сейсмическая опасность с каждым годом не уменьшается, а растет в прямой связи с хозяйственным освоением сейсмоактивных территорий и воздействием человека на литосферную оболочку Земли (строительство крупных гидротехнических сооружений, добыча полезных ископаемых и т.п.). Повышенный сейсмический риск связан и с размещением в сейсмоактивных регионах атомных электростанций и других экологически опасных объектов, поскольку даже незначительные землетрясения могут нарушить их нормальное функционирование.

Сейсмическое районирование – одна из наиболее сложных и чрезвычайно ответственных проблем современной сейсмологии. О социальной, экономической и экологической ее значимости говорить не приходится. Научная же сложность этой проблемы состоит, прежде всего, в том, что она принадлежит к категории прогнозов, базирующихся на неполной информации, скудном и не всегда удачном опыте и на недостаточно четких методологических позициях.

14.2. Поведения зданий и сооружений при землетрясениях.

Остаточные явления в грунтах и изменение режима грунтовых и наземных вод

Землетрясения могут быть различной силы, из различных источников и с различной интенсивностью.

Сейсмичность территории разделяется на следующие типы бальности со следующими последствиями в зданиях и сооружениях , а также на территории и признаки ощущения людьми.:-землятресения.

1 балл. Повреждений нет. Землетрясение людьми не ощущается. Колебания почвы регистрируются приборами.

2 балла. Повреждений нет. Отмечается некоторыми, очень чуткими лицами, находящимися в полном покое.

3 балла. Повреждений нет. Колебания отмечаются немногими людьми, находящимися в спокойном состоянии внутри помещений. Внимательными наблюдателями замечается очень легкое раскачивание висячих предметов.

4 балла. Повреждений нет. Легкое раскачивание висячих предметов и неподвижных автомашин. Легкое колебание жидкостей в сосудах. Слабый звон плотно составленной неустойчивой посуды.

Землетрясение распознается большинством людей, находящихся внутри зданий. В редких случаях просыпаются спящие. Под открытым небом ощущается отдельными людьми.

5 баллов. Легкий скрип полов и перегородок. Дребезжание стекол. Осыпание побелки. Движение незакрытых дверей и окон. В некоторых зданиях легкие повреждения. Заметно качаются висячие предметы. Возможна остановка маятниковых часов. Из наполненных сосудов иногда выплескивается жидкость. Неустойчивая посуда и украшения, стоящие на полках, иногда опрокидываются.

Ощущается всеми людьми внутри зданий и большинством под открытым небом, все просыпаются. Животные беспокоятся.

Небольшие волны в непроточных водоемах. В единичных случаях меняется дебит источников.

6 баллов. Во многих зданиях легкие повреждения. В некоторых зданиях групп А и Б значительные повреждения. В редких случаях при сырых грунтах тонкие трещины на дорогах. Качаются висячие предметы. Иногда падают книги и сдвигаются картины. Маятниковые часы останавливаются. Легкая мебель сдвигается. Падает посуда. Многие люди выбегают из помещений. Передвижение людей неустойчивое. Животные выбегают из укрытий.

Тонкие трещины в сухих грунтах. Большое количество трещин в сырых грунтах. Возможны оползни на берегах рек. В горных районах небольшие оползни на осыпание грунтов.

7 баллов. В большинстве зданий групп А значительные повреждения и в некоторых – разрушения. В большинстве зданий групп Б легкие повреждения и во многих – значительные повреждения. Во многих зданиях группы В легкие повреждения и в некоторых – значительные повреждения.

Возможны оползни на крутых откосах насыпей дорог, трещины на дорогах и нарушения стыков трубопроводов. Повреждение каменных оград. Сильно качаются висячие лампы. Легкая мебель сдвигается. Падают книги, посуда, вазы.

Все люди выбегают из помещений, иногда выпрыгивают из окон. Передвигаться без опоры трудно.

Трещины в сухих грунтах. Большое количество трещин в сырых грунтах. Оползни на берегах рек. В горных районах небольшие оползни на осыпание грунтов. Могут быть горные обвалы.

В отдельных случаях мутнеет вода в водоемах и реках. Изменяются дебит источников и уровень грунтовых вод. Отмечается возникновение новых или пропадание существующих источников воды.

8 баллов. Во многих зданиях группы А разрушения и в некоторых – обвалы. В большинстве зданий группы Б значительные повреждения и в некоторых – разрушения. В большинстве зданий группы В легкие повреждения и во многих – значительные повреждения.

Небольшие оползни на крутых откосах выемок и насыпей дорог. Отдельные случаи разрыва стыков трубопроводов. Памятники и статуи сдвигаются. Каменные ограды разрушаются. Часть висячих ламп повреждается. Мебель сдвигается и частью опрокидывается. Легкие предметы подсакаивают и опрокидываются. Люди с трудом удерживаются на ногах. Все выбегают из помещений.

Трещины в грунтах достигают нескольких сантиметров. Много трещин на склонах гор и в сырых грунтах. Большие осыпания, оползни и горные обвалы. Вода в водоемах становится мутной. Возникают новые водоемы. Образуются новые или пропадают существующие источники воды. Во многих случаях меняются дебит источников и уровень воды в колодцах.

9 баллов. Во многих зданиях группы А обвалы. Во многих зданиях группы Б разрушения и в некоторых – обвалы. Во многих зданиях группы В значительные повреждения и в некоторых – разрушения. В отдельных случаях искривление железнодорожных рельсов и повреждение насыпей дорог. Много трещин на дорогах. Разрывы и повреждения трубопроводов. Памятники и статуи опрокидываются. Большинство труб и башен разрушается. Мебель опрокидывается и ломается. Большое беспокойство животных.

10 баллов. Во многих зданиях группы Б обвалы. Во многих зданиях группы В разрушения и в некоторых обвалы.

Значительные повреждения насыпей и дамб. Местные искривления железнодорожных рельсов. Разрывы трубопроводов. Дороги получают много трещин и деформаций, обвалы труб, башен, памятников, оград. Многочисленные повреждения предметов домашнего обихода. Животные мечутся и воют.

Трещины в грунтах шириной несколько дециметров и в некоторых случаях до 1 м. Обвалы скал в горных районах и у морских берегов. Большие оплывины песчаных и глинистых масс. Прибой и выплескивание воды в водоемах и реках. Возникают новые озера.

11 баллов. Общее разрушение здания. Разрушение насыпей на больших протяжениях. Трубопроводы приходят в полную негодность. Железнодорожные пути искривляются на большой длине. Гибель многих жителей, животных и имущества под обломками зданий.

Образуются многочисленные трещины на поверхности земли. Вертикальные перемещения пластов. Большие обвалы, оползни. Из трещин

выступают водо-насыщенные рыхлые отложения. Сильно меняется режим источников и водоемов, а также уровень грунтовых вод.

12 баллов. Сильна катастрофа. Общее разрушение зданий и сооружений.

Гибнет значительная часть населения от обвалов зданий. Растительность и животные погибают от обвалов и осыпей в горных районах.

Оценка интенсивности землетрясений по ощущениям людей и поведению наблюдаемых ими предметов.

Местонахождение людей	Ощущения	Характеристика предметов	Поведение предметов
-----------------------	----------	--------------------------	---------------------

6 баллов

На грунте	Гул	Висячие подвижные	Многие заметно качаются
	Качание поверхности земли. Отдельные пугаются, возможна неустойчивость при ходьбе, головокружение, тошнота.	Висячие малоподвижные.	Отдельные заметно качаются.
В здании на первом этаже	Гул грохот. Ощущение толчков. Отдельные выбегают из помещений у отдельных испуг неустойчивость при передвижении головокружение тошнота	Стоящие неустойчивые.	Многие качаются, отдельные падают, повреждаются.
		Стоящие устойчивые.	Отдельные качаются, вибрируют.
В автотранспорте	Отдельные ощущают дрожь, покачивание автомашины.	Стоящие труднодвигаемые.	Отдельные вибрируют.

7 баллов

Нагрунте	Гул грохот Видимое движение поверхности земли Многие	Висячие подвижные	Большинство сильно качаются, отдельные повреждаются.
----------	--	-------------------	--

	пугаются у большинства неустойчивость при передвижении головокружение тошнота	Висячие малоподвижные.	Многие смещаются, отдельные падают.
В здании на первом этаже.	Гул, шум, грохот. Сильные толчки, движение пола. Многие выбегают из помещений, отмечается неустойчивость при передвижении, испуг, отдельные плохо помнят происходящее, растерянность, у многих головокружение, тошнота.	Стоящие неустойчивые.	Многие падают, повреждаются.
В автотранспорте.	Многие чувствуют колебания автотранспорта, дрожь. Отдельные пугаются, головокружения, тошнота.	Стоящие труднодвигаемые.	Многие заметно качаются, отдельные сдвигаются.

8 баллов

На грунте	У большинства растерянность, сильный испуг, отдельные плохо помнят происходящее, падают на землю, у многих головокружение, тошнота, у отдельных нарушение сердечной деятельности.	Висячие подвижные.	Многие повреждаются.
В здании на первом этаже.	Гул, шум, грохот, скрежет, тряска, видимое качение стен, полов.	Висячие подвижные.	Многие падают, повреждаются.

	Большинство выбегают из помещений неустойчивость при передвижении отдельные падают у большинства сильный испуг в основном плохо помнят происходящее у многих растерянность тошнота головокружение у отдельных нарушение сердечной деятельности	Стоящие неустойчивые.	Большинство падают, повреждаются.
		Стоящие устойчивые.	Большинство качается, многие падают.
В автотранспорте.	Большинство чувствует раскачивание автотранспорта, занос из стороны в сторону. Многие пугаются, у отдельных головокружение, тошнота.	Стоящие трудно сдвигаемые.	Большинство качается, сдвигается, отдельные падают.

14.3. Сейсмостойкость

Сейсмостойкость - это способность здания (сооружения) обеспечивать безопасность людей и ценного оборудования в течение расчетного срока службы при землетрясениях максимально возможной для данного района интенсивности и нормальную эксплуатацию при более слабых землетрясениях.

Сейсмостойкость эксплуатируемого объекта должна отвечать требованиям действующего в стране нормативного документа КМК 2.01.03-96. "Строительство в сейсмических районах".

В общем виде сейсмостойкость зданий или сооружений оценивается по условию

$$St \leq [S],$$

где St - сейсмичность территории;

$[S]$ - сейсмостойкость зданий или сооружений.

Для установления необходимой сейсмостойкости выявляются все

показатели, от которых зависит поведение объектов во время землетрясения:

- категория здания, этажность, конструктивное решение, типы и материал конструкции;

- форма здания или сооружения;

- габаритные и плановые размеры;

- количественные характеристики по этажности, пролету;

- данные об антисейсмических мероприятиях;

- размеры составляющих, отдельных конструкций;

- размеры проемов в здании и на лестничных клетках;

- геологические и грунтовые условия застройки;

- особые условия строительства и эксплуатации;

- данные о характеристике заполнителей;

- данные о прочности несущих конструкций;

- данные о повреждениях, отклонениях;

- пространственная жесткость и динамические характеристики;

- масса здания, а также специфические особенности землетрясения и т.п.

Основная идея посвящена решению на этапе технической оценки вопроса - установления сейсмостойкости оцениваемого здания (т.е., устоит при расчетном землетрясении или нет) на основе экспертных вопросов, составленных на основе КМК 2.01.03-96.

14.3.1 Мероприятия по сейсмозащите зданий и сооружений

Под особыми геофизическими условиями строительства понимают такие, при которых в процессе проектирования, строительства и эксплуатации учитываются дополнительные воздействия, могущие вызвать недопустимые деформации, способные привести даже к разрушению зданий, ухудшающие их санитарно гигиенические качества. Одним из наиболее распространенных, подобного рода воздействий являются сейсмические.

Землетрясением называют упругие колебания земной коры, вызванные в большинстве случаев тектоническими процессами в ее толще, часто связанные с извержением вулканов или обвалами потолков подземных карстовых пород.

При землетрясении в 6 баллов, которое считается уже сильным могут произойти разрушение штукатурки, возникнуть трещины в ограждениях. Землетрясения в 7 баллов- опасны.

В результате землетрясения наблюдаются разрушение пород и остаточные деформации внутри Земли. Гипоцентр землетрясения - участок внутри земли, где начался процесс сдвига. Эпицентр - проекция гипоцентра (фокуса) на землю, расстояния от эпицентра до любой точки на поверхности земли - эпицентральное расстояние.

В эпицентральной зоне вертикальная составляющая преобладает над горизонтальными, а по мере удаления от эпицентра уменьшается, при этом

горизонтальная составляющая является главной. Она и является наиболее опасной для зданий и сооружений.

К сейсмическим районам с силой землетрясения в 6 баллов и более относят республики Средней Азии.

При проектировании сейсмичность пункта строительства определяет по нормам или картам сейсмичности, после чего на основании СНиП II-7 - 81 "Строительство в сейсмических районах" устанавливают расчетную сейсмостойкость. В зависимости от назначения здания, его этажности, назначения и количества находящихся в нем людей расчетная сейсмостойкость может быть равна расчетной сейсмостойкости, больше или меньше ее.

13.3.2. СЕЙСМОСТОЙКОСТЬ ЗДАНИЙ. ОСОБЕННОСТИ ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫХ И КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ

Сейсмостойкость - способность здания противостоять сейсмическим воздействиям. Для достижения необходимой сейсмостойкости учитываются то, что на конструкции действуют также горизонтальные пульсирующие, возникающие во время землетрясения. Эти нагрузки носят циклический характер и могут действовать в различных направлениях. Рекомендуется в целях упрощения расчетов рассматривать только действие горизонтальных сейсмических сил, направленных вдоль осей симметрии, соответствующих наибольшей и наименьшей жесткости здания.

Сейсмостойкость обеспечивается проведением градостроительных, объемно - планировочных и конструктивных мероприятий, например: территорию зонировать расчленением не застраиваемыми пространствами. Это требование носит в основном противопожарный характер. Нормы предусматривают увеличение ширины улиц и разрывов между зданиями.

Основные положения проекта здания.

Объемно- планировочные и конструктивные решения должны удовлетворять условия симметрии и равномерного распределения масс и жидкостей. При невозможности избежать сложной асимметричной формы здания в плане следует разделить его анти сейсмическими швами на отсеки простой формы без входящих углов.

Антисейсмические швы применяют в здании с несущими стенами постановкой двойных стен, в каркасных - двойных рам. Ширина швов должна обеспечивать свободное горизонтальное смещение элементов. В фундаментах если они - не осадочные, швы можно не делать.

Фундаменты здания или его отсеков закладывают на одном уровне.

Под несущие каменные стены применяют ленточные фундаменты. При свайных фундаментах отдают предпочтение сваям - стойкам. В зданиях каркасного типа фундаменты под колонны делают железобетонными, монолитными, сборными, связывая их фундаментными балками.

Устойчивость и пространственная жесткость зданий с несущими каменными стенами обеспечиваются соответствующим расположением и усилением их антисейсмическими поясами (монолитный или сборный железобетон, металл), их устраивают по всей протяженности наружных и внутренних стен на уровне перекрытий всех этажей, включая перекрытие над подвалом. Монолитные пояса должны иметь непрерывное армирование, сборные - соединены в жесткую горизонтальную раму сваркой закладных деталей или замоноличиванием выпусков арматуры.

Антисейсмические пояса должны иметь ширину, равную толщине стены. Высота пояса чаще всего принимается более 150 мм.

В каменных зданиях в пределах отсека конструктивное решение элементов и материалов принимаются одинаковыми, а простенки и проёмы - одной ширины. В местах примыкания стен укладывают арматурные сетки.

Высота этажей зданий с несущими каменными стенами - не более 6, 5, 4, метра при сейсмичности - 7, 8, 9, баллов. Отношение высоты этажа к толщине стены - не более 1:12.

Узлы железобетонных каркасов необходимо усиливать путем установки арматурных сеток и замкнутой поперечной арматуры.

Если стены кирпичные, то их связывают со стойками арматурными выпусками длиной не менее 70 см, располагаемыми через 50 см по высоте.

Для крупнопанельных зданий преимущество имеют схему с продольными и поперечными несущими стенами. При этом должна быть обеспечена их совместная работа с конструкциями перекрытий. Расстояние между поперечными стенами не более 6,5 м.

Для достижения более низкого расположения центра масс поперечника здания в покрытиях производственных и общественных зданий при пролетах 18 и более метров рекомендуется применять методическими фермы и облегченные ограждающие конструкции покрытий.

Сейсмически активная территория Средней Азии составляет 25, 3% от всей территории СССР, подверженной землетрясениям силой 6-9 баллов.

В Средней Азии происходило много разрушительных землетрясений, которые нанесли огромный ущерб народному хозяйству. В 1946г., в результате землетрясений пострадала столица Туркмении город Ашхабад, а в 1966 г. 26 апреля столица Узбекистана - Ташкент.

Стоимость строительства при устройстве антисейсмических мероприятий возрастает для семи балльной зоны примерно на 4% а для восьми и девяти балльной - соответственно на 8 и 12%. В месте с тем последние подсчеты, в которых учитывается крупнопанельная и каркасно-панельная застройка, указывают на возрастание стоимости за счет осуществления антисейсмических мероприятий при переходе от восьми - к девяти балльной сейсмичности на 7-8%.

Классификация сооружений по их механическим свойствам

Существуют различные классификации сооружений применительно к тем или иным вопросам теории сейсмостойкости. Не вдаваясь в детали этого вопроса, примем следующее подразделение зданий и сооружений на основные типы, удобные с точки зрения анализа форм разрушения при землетрясениях:

- 1) гибкие сооружения;
- 2) жесткие сооружения;
- 3) каркасные здания и сооружения;
- 4) массивные сооружения.

При любом подходе к вопросу о классификации не возможно провести резкие границы между отдельными типами и всегда будут встречаться объекты со смешанными признаками.

Гибкие сооружения характеризуется малыми размерами в плане по сравнению с высотой, независимо от типа несущих конструкций. К разряду гибких относятся сооружения типа башен, труб, мачт, силосов, элеваторов. В зависимости от соотношения размеров, в гибком сооружении могут иметь существенное значение деформации сдвига, но необходимое условие для отнесения сооружения к типу гибких заключается в том, что первая форма колебаний, по частоте и конфигурации кривой изгиба, в большей степени соответствует изгибным деформациям, чем сдвиговым. Именно этот признак является решающим, а не отношение высоты к наименьшему размеру в плане, которое иногда предлагается в качестве критерия для отношения сооружения к типу гибких. Это соотношение само по себе не определяет механических свойств сооружения, а предлагаемая здесь классификация основана на предпосылке о том, что динамические свойства сооружения определяются характером его деформаций.

Применение указанного критерия невозможно на основании только внешнего обмера и требует выполнения определенных расчетов.

К типу жестких относятся здания и сооружения, в которых горизонтальные сейсмические нагрузки воспринимаются стенами или сплошными диафрагмами, расположенными в плоскости действия сейсмических нагрузок. Стены и диафрагмы могут иметь проемы. И при очень большом количестве последних конструкция приближается к типу каркасных. Тем не менее, если каждая диафрагма имеет длину, равную полной ширине или длине здания, в зависимости от ее направления, и не делится вертикальными швами на участки, которые могли бы иметь свободный относительный сдвиг по вертикальным плоскостям, конструкцию следует относить к типу жестких. В жесткие сооружения при действии горизонтальных нагрузок преобладающими являются деформации сдвига как в отдельных конструктивных элементах, так и в сооружении в целом. При расчете таких сооружений не всегда можно пренебрегать деформациями

изгиба, преобладающими являются деформации сдвига.

К каркасным относятся те сооружения, в которых несущими конструкциями при действии горизонтальных нагрузок являются изгибаемые вертикальные элементы. К числу последних относятся не только обычные стойки рамных конструкций, но и вертикальные диафрагмы, если они являются несущими при действии горизонтальных нагрузок перпендикулярно их плоскости. К этому типу относятся здания и сооружения с несущими рамными и каркасными конструкциями, если заполнение каркаса не является несущим или не учитывается в расчете: одноэтажного здания с несущими стойками или стенами, работающими по консольной схеме перпендикулярно их плоскости.

В приведенных определениях основным признаком считается характер деформаций несущих конструкций. В отличие от других систем классификации, здесь не фигурирует величина периода основного тона собственных колебаний. Как правило, жесткие характеризуются малыми периодами первого тона колебаний - обычно $T \leq 0,5$ сек. Гибкие сооружения большинстве случаев имеют период первого тона более 1 сек, а каркасные здания занимают промежуточное положение. Однако нередко встречаются и существенные отклонения от этих пределов. Некоторые виды жесткие сооружений могут иметь периоды колебаний большие, чем сооружения, относимые по принятой здесь классификации к типу гибких.

Массивные сооружения типа плотин, высоких насыпей относятся к специальным видам строительства и в данной работе подробно не рассматриваются. Они упоминаются здесь в связи с вопросом о сейсмических нагрузках в нижних частях сооружений.

Ряд специальных сооружений, применяемых в транспортном строительстве, нельзя отнести ни к одному из указанных типов, и поэтому строительство на транспорте и некоторые другие специальные виды строительства потребуют введения еще нескольких типов сооружений. Такая классификация до настоящего времени не проводилась.

И в гражданском и в промышленном строительстве часто применяются такие конструктивные решения зданий, при которых расчетные схемы в продольном и поперечном направлениях не одинаковы. Чаще всего используется сочетание каркасной схемы в поперечном направлении и жесткой схемы в продольном. К этому типу относятся, в частности, промышленные цеха и большие помещения гражданских зданий с несущими продольными стенами и внутренними стойками, а также некоторые виды панельно - рамных конструкций, применяемых в последнее время в жилищном и гражданском строительстве.

Сейсмостойкость зданий.

Особенности объемно-планировочных и конструктивных решений

Способность здания или сооружения противостоять сейсмическим воздействиям называют сейсмостойкостью. Для достижения необходимой сейсмостойкости зданий, строящихся в сейсмических районах, необходимо учитывать, что на конструкции действуют не только обычные нагрузки, но и горизонтальные пульсирующие, возникающие во время землетрясения. Эти нагрузки носят циклический характер и могут действовать в различных *направлениях*.

Нормы рекомендуют в целях упрощения расчетов рассматривать только действие горизонтальных сейсмических сил, направленных вдоль осей симметрии, соответствующих наибольшей и наименьшей жесткости здания.

Обеспечение сейсмостойкости зданий и сооружений достигается осуществлением градостроительных, объемно-планировочных и конструктивных мероприятий.

При решении вопросов планировки населенных мест в сейсмических районах рекомендуется территорию тонировать с расчленением не застраиваемыми пространствами. Это требование носит в основном противопожарный характер, т. е. ограничивает распространение возможных пожаров. Кроме того, нормы предусматривают возможное увеличение ширины улиц и разрывов между зданиями.

Разрабатывая проект здания или сооружения, необходимо руководствоваться следующими основными положениями.

Объемно-планировочные и конструктивные решения должны удовлетворять условиям симметрии и равномерного распределения масс и жесткостей. Если по функциональным и архитектурно-планировочным соображениям нельзя избежать сложной и асимметричной формы здания в плане, то его следует разделить антисейсмическими швами на отсеки простой формы без входящих углов. Эти швы применяют также при размерах здания в плане, превышающих нормативные.

Антисейсмические швы применяют в зданиях с несущими стенами постановкой двойных стен, а в каркасных зданиях - постановкой двойных рам. Ширина швов должна обеспечивать свободное горизонтальное смещение элементов. В фундаментах, если только они не являются одновременно осадочными, швы можно не делать.

Фундаменты здания или его отсеков, как правило, необходимо закладывать на одном уровне. Под несущие каменные стены надо применять ленточные фундаменты. При устройстве свайных фундаментов следует отдавать предпочтение сваям-стойкам. В зданиях каркасного типа фундаменты под колонных делают железобетонными, монолитными или сборными, связывая их между собой фундаментными балками.

Устойчивость и пространственная жесткость зданий с несущими каменными стенами обеспечиваются их соответствующим расположением и усилением их антисейсмическими поясами, которые устраивают по всей

протяженности наружных и внутренних стен на уровне перекрытий всех этажей, включая перекрытие над подвалом.

Такие пояса выполняют из монолитного или сборного железобетона или металла. Монолитные пояса должны иметь непрерывное армирование, а сборные пояса должны быть соединены в жесткую горизонтальную раму сваркой закладных деталей или замоноличиванием выпусков арматуры.

Антисейсмические пояса должны иметь ширину, как правило, равную толщине стены. При толщине стены более 500 мм пояса могут быть на 120 мм меньше ширины. Высота пояса чаще всего принимается более 150 мм.

В каменных зданиях в пределах отсека конструктивные решения элементов и материалы для них необходимо принимать одинаковыми, а простенки и проемы - одной ширины. В местах примыкания стен укладывают арматурные сетки.

Высота этажей здания с несущими каменными стенами не должна превышать 6, 5 и 4 при сейсмичности соответственно 7, 8 и 9 баллов. Отношение высоты этажа к толщине стены должно быть не более 1:12.

Узлы железобетонных каркасов необходимо усиливать путем установки арматурных сеток или замкнутой поперечной арматуры.

В качестве ограждающих конструкций каркасных зданий рекомендуется применять легкие навесные панели. Если же стены каркасных зданий кирпичные, то их связывают со стойками арматурными выпусками длиной не менее 70 см, располагаемыми через 50 см по высоте.

Для крупнопанельных зданий преимущество имеют схемы с продольными и поперечными несущими стенами. При этом должна быть обеспечена совместная их работа с конструкциями перекрытий.

Расстояния между поперечными стенами не должны превышать 6,5 м.

Для достижения более низкого расположения центра масс поперечника здания в покрытиях производственных и общественных зданий при пролетах 18 м и более рекомендуется применять металлические фермы и облегченные ограждающие конструкции покрытий. В качестве утеплителя используют эффективные материалы.

Перекрытия и покрытия должны представлять собой жесткий горизонтальный диск, который получают путем занкеровки панелей и заливки швов между ними цементным раствором, устройства монолитных обвязок с соединением панелей перекрытия, а также устройств связей в виде шпонок, выпусков петель и анкеров между панелями и элементами каркаса.

Необходимо предусматривать также мероприятия по упрочнению лестниц, перегородок и других конструктивных элементов.

Кладка печей и дымовых труб должна быть укреплена металлическим каркасом и заключаться в кожух из кровельной стали.

Для деревянных зданий жесткость углов обычно обеспечивают постановкой связей или рубкой стен с остатком.

В каркасных деревянных зданиях предусматривают устройство дополнительных элементов жесткости в плоскости стен и перекрытий. Стены должны быть надежно заанкерены с фундаментом.

Осуществление перечисленных и других стойкости зданий и сооружений требует увеличения их сметной стоимости на 4...12%.

Контрольные вопросы.

1. Общая характеристика землетрясений и их оценка.
2. Оценка землетрясений по интенсивности колебаний зданий и сооружений
3. Основные мероприятия по обеспечению сейсмостойкости зданий.
4. Конструкция антисейсмичных швов и поясов.
5. Мероприятия по сейсмозащите зданий и сооружений

ГЛАВА 15. ТЕХНИЧЕСКАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ.

15.1. Основы оценки

Основы оценки формируют и определяют те позиции, с которых анализируется положение недвижимости на рынке. Общепринятой практикой при оценке стоимости является последовательное рассмотрение и анализ объекта оценки с различных позиций:

1. Позиция, отражающая точку зрения пользователя.
2. Позиция, отражающая взаимоотношение компонентов собственности.
3. Позиция, отражающая точку зрения рынка.
4. Позиция, отражающая наилучшее и наиболее эффективное использование собственности.

Недвижимость имеет стоимость только тогда, когда она может быть полезной конкретному пользователю для реализации его потребностей -

экономических, личных и т.д. Например, недвижимость полезна, если кто-то готов платить за нее и тем самым создавать поток дохода владельцу. Либо недвижимость может быть полезна тем, что удовлетворяет чувство гордости владельца, или чувство владения семейной реликвией.

Типичный благоразумный покупатель не заплатит за объект больше, чем стоимость аналогичного объекта одинаковой полезности на местном рынке. Такой покупатель не будет платить за собственность больше, чем стоимость строительства нового объекта одинаковой полезности.

Например, магазин, находящийся на "бойком" месте будет иметь больший товароборот, чем аналогичный магазин, расположенный на окраине города. Наличие оптового склада в географическом центре тяжести потребителей позволяет снизить издержки на транспорт.

Изменение стоимости происходит как в результате изменения самой недвижимости (например, физическое старение строительных конструкций, реконструкция), так и в результате изменения внешних условий. В связи с чем прежде чем приступить к экономической оценке недвижимости проводят техническую экспертизу, т.е. устанавливают степень пригодности объекта, для чего осуществляется оценка технического состояния.

15.2. Оценка технического состояния улучшений

Техническая оценка конструкций зданий и сооружений производится для получения фактических данных о размерах, прочности и повреждениях конструкций, сейсмостойкости, а также общей оценки эксплуатационной пригодности рассматриваемых конструкций.

Для оценки состояния и несущей способности конструкций, а также общей эксплуатационной пригодности рассматриваемых конструкций проводится обследование. По результатам обследования делаются выводы о состоянии конструкций, причинах их деформаций и повреждений, а также даются рекомендации по их усилению или замене и устранению причин повреждений.

Экспертные группы обследования в своей работе должны руководствоваться всеми действующими нормативными и инструктивными документами, государственными стандартами на изыскательские работы, проектирование, строительство, реконструкцию и эксплуатацию строительных объектов.

Оценка технического состояния строительных конструкций объекта, (анализ результатов инструментальных испытаний, окончательное определение согласованных с заказчиком нагрузок и воздействий, проведение поверочных расчетов несущих конструкций) производится после выполнения основных этапов обследования.

В итоге составляется техническое заключение на обследуемое здание или сооружение, в котором в виде выводов дается общая оценка эксплуатационной

пригодности рассматриваемых конструкций.

Заключение должно содержать (в зависимости от цели обследования):

- задание, на основе которого выполнена работа;
- использованные первоисточники (проектно - техническая документация и т.п.);
- список авторов выполненных обследований объекта и поверочных расчетов (с указанием календарного периода выполнения);
- краткое описание архитектурно-планировочного решения, технологического назначения объекта и условий эксплуатации;
- результаты натурного обследования, включая данные о физико-механических характеристиках оснований, фундаментов и наземных несущих конструкций, характерные дефекты, снижающие прочность и жесткость здания (сооружения);
- результаты поверочных расчетов;
- выводы о несущей способности оснований, фундаментов и наземных конструкций;
- результаты показателей качества несущих конструкций и конструктивно-планировочных схем, характеризующих их устойчивость к сейсмическим воздействиям, т.е. оценку фактической сейсмостойкости объекта;
- рекомендации по усилению (в случае необходимости).

Несущая способность конструкций зданий и сооружений определяются поверочным расчетом с использованием результатов обследования. При определении фактической несущей способности конструкций зданий и сооружений, нагрузки и воздействия принимаются, руководствуясь положениями действующих норм, и уточняются на основании проведенных исследований.

В случаях, когда конструкции выполнены в соответствии с проектом и не имеют дефектов и повреждений, при наличии технической документации, включая данные о их несущей способности, поверочные расчеты могут быть выполнены в ограниченном объеме: производят сопоставление внутренних усилий, возникающих от расчетных нагрузок, с несущей способностью конструкций, приведенной в технической документации.

Поверочные расчеты несущей способности эксплуатируемых конструкций должны выполняться по данным проведенных обследований, т.е. учитывать фактические размеры сечений, прочностные и деформационные характеристики материалов, обнаруженные дефекты и повреждения и др.

Заключение о техническом состоянии зданий и сооружений служит основой для решения о целесообразности реконструкции или для проведения ремонтно-восстановительных работ объекта.

Обследуемые конструкции зданий и сооружений классифицируют путем систематизации разнообразных дефектов и повреждений (по виду, характеру, степени влияния на несущую способность и эксплуатационную пригодность). По

систематизированным детальным признакам повреждений устанавливается категория технического состояния строительных конструкций.

При аварийном состоянии конструкций необходимо запретить их эксплуатацию, прекратить технологический процесс и немедленно удалить людей из опасных зон.

15.3. Экономическая оценка улучшений

При оценке недвижимости ключевой является проблема - какую информацию принять за основу: данные о прошлом и настоящем объекта или отдать приоритет прогнозам о будущем? Эти подходы к оценке скорее не исключают, а взаимно дополняют друг друга и каждый из них объединяет несколько методов.

В западной практике существует множество методов оценки объектов, имеющих свои положительные и отрицательные качества. Можно, например, выделить целую группу методов, базирующихся на данных предыстории и текущих данных.

Эти методы можно классифицировать по своим подходам к расчету. Наибольшее признание у специалистов получила классификация, по которой методы и способы оценки недвижимости объединены в три группы: 1) затратный подход; 2) сравнительный подход; 3) доходный подход.

Методы затратного подхода.

Метод балансовой стоимости, метод скорректированной балансовой стоимости. Стоимость недвижимости (предприятия) зависит от того, какой потенциал накоплен им в прошлом. Важнейшей характеристикой этого потенциала является стоимость его активов. На оценке активов базируется метод балансовой (или книжной) стоимости. В соответствии с Международными принципами бухгалтерского учета балансовая стоимость предприятия представляет собой разницу между активами предприятия за минусом износа и его обязательствами.

Метод замещения. На оценке текущей стоимости активов базируются методы стоимости замещения и ликвидационной стоимости. Метод замещения позволяет получить ответ на вопрос: сколько денежных средств потребуется для того, чтобы сейчас начать такой же бизнес и достичь аналогичного положения на рынке. Метод включает в себя определение экономической стоимости имущества предприятия путем установления стоимости замещения оцениваемой собственности с учетом поправок на ее функциональный, экономический и физический износ.

Метод ликвидационной стоимости. Ликвидационная стоимость показывает, сколько останется денежных средств после ликвидации предприятия, продажи активов и выплаты долгов. Как известно,

ликвидационная стоимость меньше скорректированной балансовой стоимости на величину ликвидационных издержек, в включающих комиссионные перепродажи бизнеса, расходы на реализацию товарных запасов, на сбор дебиторской задолженности, на увольнение персонала и др. Кроме того, цена реализации в случае быстрой продажи, как правило, ниже нормальной рыночной.

Метод восстановления. Под восстановительную стоимость понимается стоимость в текущих ценах строительства точной копии здания, с использованием точно таких же материалов, строительных нормативов, с тем же качеством работ, дефектами и отклонениями. Метод восстановления позволяет получить ответ на вопрос: сколько денежных средств потребуется для того, чтобы восстановить сейчас такой же объект, который существует сейчас, и достичь аналогичного результата с существующим объектом. Метод включает в себя определение стоимости объекта путем переумножения сумм в сметах на коэффициент индексации.

Методы доходного подхода.

Метод капитализации дохода Все методы определения стоимости предприятия на основе оценки активов имеют общий недостаток - они не связаны с результатами работы предприятия - настоящими и ожидаемыми в будущем. К методам, использующим информацию прошлого и настоящего, относится также метод капитализации дохода. Однако этот метод базируется не на оценке активов, а на доходах предприятия.

Суть этого метода заключается в определении величины ежегодных чистых доходов предприятия, соответствующей этим доходам нормы капитализации, и на основе этих показателей расчете цены предприятия, приносящего данный объем чистых доходов.

Метод дисконтирования денежных потоков В этом случае в основе оценки предприятия на базе его будущих чистых доходов лежит дисконтирование. Наиболее сложным и ответственным моментом оценки предприятия этим методом является составление прогноза доходов (или денежных потоков) предприятия на ближайшие 5 лет.

Методы сравнительного подхода

Один из основных экономических показателей объекта оценки это стоимость недвижимости на рынке на данном этапе. Это стоимость определяется сбором множества информации о проданных объектах подобных оцениваемым объектам. Для получения истинной стоимости вводятся коэффициенты корреляции по развлечением особенное етям данного объекта.

15.4 Порядок проведения оценки

Составление плана оценки. План оценки составляется с целью определения, сколько какой информации необходимо для решения проблемы, выбора метода оценки, определения трудовых затрат по времени, состояния календарного плана, подготовки договора об оплате.

Для подготовки плана работ необходимо иметь сведения о региональном рынке, местоположении объекта, данные по сравнимым объектам, общие данные об объекте.

Сбор данных является наиболее трудной частью работы оценщика, особенно если район (город) новый, незнакомый. Обычно эти данные накапливаются у оценщиков по каждому району и заносятся в специальную таблицу. Собрав конкретные данные, влияющие на стоимость данного участка и те здания и сооружения, которые подлежат оценке, оценщик анализирует их. Анализируется так же соответствующий рынок и его величина, конкурентные характеристики сопоставляемых объектов, условия финансирования, решается вопрос о применимости трех традиционных подходов стоимости. В завершении составляется план работ с указанием сроков проведения оценки. Работу обычно выполняют 2-3 человека. Как показала практика, оплата труда оценщика зависит от его квалификации и репутации. Основывается цена, как правило, на договоренности между заказчиком и исполнителем.

Сбор и анализ данных

При сборе данных необходимо руководствоваться следующими критериями; уместность, точность, надежность, полнота информации. Причем экономические факторы, государственно-правовые, экологические, которые влияют на стоимость, применяются на основе местных публикаций данного района, города. Сюда относится информация об особенностях населения, уровне цен, занятости, транспортных потоках, взаимосвязи земельного участка с окружающей средой, сведения о его площади, форме, ориентации, расположении коммуникаций, соответствии участка правилам землепользования. Информация о владении или ограничениях имущественных прав на недвижимость, которые влияют на стоимость, получают в бюро технической инвентаризации и государственных учреждениях, ведающих имуществом.

Ниже приводится рекомендуемый вопросник Заказчику о необходимой информации для проведения оценки.

НЕОБХОДИМАЯ ИНФОРМАЦИЯ.

1. Цель и назначение оценки.
2. Название и год постройки объекта.
3. Место нахождения объекта (полный адрес)
4. Статус организации (тип, название), правовой аспект.
5. Налоговый район.
6. Проектно-сметная документация, смета расходов.
7. Этажность, тип здания, общая площадь, полезная площадь.
 - Земли;
 - помещений;
8. Документны последней оценки (балансовая, остаточная стоимость и т.п.)
9. Год реконструкции и затраты на реконструкцию.
10. Документы на землю. (кадастровый номер, право пользования)
11. Кадастровый номер объекта.
12. Сейсмичность площадки.
13. Копии налоговых документов (на землю, страховка, отчисления по соц. страху).
14. Арендная плата за 1м². (из чего она состоит)
15. Эксплуатационные расходы:
 - налог на имущество;
 - страховые взносы;
 - арендная плата за землю;
 - коммунальные платежи;
 - налог на землю;
16. Годовой доход за последние три года, прогноз
17. Стоимость продаж подобного объекта. (наименование объекта, общая площадь, район местоположения, продажная стоимость)

10.5. Механизм оценки недвижимости

Суть методики оценки недвижимости заключается в следующем:

1. Собрать и произвести анализ данных об оцениваемом объекте недвижимости:
 - юридические имущественные права и сервитуты;
 - физические границы;
 - состояние земельного участка;
 - здания, сооружения, передаточные устройства, входящие в состав недвижимости;
 - имущество, не являющегося недвижимым, но подлежащее оценке;
 - окружение и расположение объекта на местности, которые влияют на

стоимость объекта;

- состояние рынка недвижимости применительно к объекту недвижимости.

2. Произвести анализ эффективного использования оцениваемого объекта недвижимости, а также участка земли, занимаемого объектом, как незастроенного.

3. Собрать и проанализировать данные о сделках с подобными объектами недвижимости.

4. Произвести экономический анализ наиболее эффективного использования земельного участка.

5. Выполнить сравнительный анализ по величине возможных текущих затрат на создание такого же здания по функциональному назначению.

6. Оценить степень физического, функционального, внешнего износов объекта недвижимости.

7. Собрать данные относительно экономических показателей объекта недвижимости. Это доходы, расходы, связанные с эксплуатацией объекта, величина арендной платы для аналогичных объектов. Получить прогнозируемые сведения оценщика о возможных будущих доходах и расходах при эксплуатации недвижимости.

8. Установить для расчета нормы капитализации (дисконтирования) применительно к оцениваемой недвижимости.

9. При оценке недвижимости необходимо учесть влияние действующих договоров аренды объекта, договоров на продажу объекта или его части.

10. Провести обоснованное согласование результатов оценки, выполненных различными методами (затратным, сравнимых продаж, доходным).

Идентификация объекта недвижимости. Объект недвижимости идентифицируется с помощью почтового адреса, земельного кадастра и описания его местоположения. Для юридического описания объекта недвижимости можно использовать копии существующих документов, подтверждающих права собственности. Для более точного описания необходимо произвести осмотр объекта.

Идентификация включает в себя полное и скрупулезное описание земельного участка, строений, всех улучшений. Стоимость объекта зависит не только от физического состояния строений, но и от состояния имущественных прав.

Правовая экспертиза при рыночной оценке стоимости недвижимости. Правовая экспертиза является первым этапом в проведении оценки имущества. Прежде чем выполнять экономические расчеты, необходимо установить правовой режим объекта, все его ограничения и принадлежность.

Последовательность в проведении экспертизы может быть принята

следующая;

- определение правового статуса продавца, покупателя, арендатора и самого имущества;
- проверка право устанавливающих документов и их достоверности;
- установление правомерности совершаемой сделки;
- наличие ограничений, запретов, связанных с имуществом

15.6. Принятие окончательного решения при многокритериальной оценке

Стоимость объекта определяется в зависимости от цели и назначения оценки, для которого выбираются соответствующие принципы и методы оценки. Как указывалось выше при определении стоимости недвижимости, применяются все три подхода оценки затратный подход, прямого сравнительного анализа доходный подход.

Каждый подход базируется на одних и тех же исходных данных, но отражает различные стороны рынка. Поэтому и стоимости, полученные каждым из подходов, будут различны. Одинаковыми они могут быть только при совершенном рынке, когда спрос и предложения находятся в равновесии, а покупатели и продавцы хорошо информированы и на рынке достаточное количество необходимых объектов. При использовании только одного из методов должны быть веские обоснования в его применении.

Принятие окончательного решения сводится к согласованию результатов трех подходов. Согласование направлено на оценку точности применения каждого из методов.

При использовании нескольких подходов оценки, итоговая величина стоимости может быть определена по формуле:

$$...C_n = \sum C_{ik}, \quad \sum k_i = 1$$

где: n - количество использованных подходов, т.е. количество видов стоимости.

k - весовой коэффициент.

Определение весового коэффициента является наиболее ответственным этапом, так как на данном этапе выявляется профессионализм оценщика и принимается тщательнейшим образом, зачастую методом экспертной оценки, где за основу принимается цель оценки.

Для примера приводится таблица определения итоговой величины стоимости условного объекта оценки (табл.1),

Таблица 1

<u>N</u> <u>п/п</u>	<u>Метод оценки</u>	<u>Величина</u> <u>стоимости,</u> <u>млн.сум.</u>	<u>Весовой</u> <u>коэффициент</u>
<u>1</u>	<u>Затратный метод</u>	<u>800</u>	<u>0,25</u>

<u>2</u>	<u>Метод сравнимых продаж</u>	<u>850</u>	<u>0,5</u>
<u>3</u>	<u>Доходный метод</u>	<u>836</u>	<u>0,25</u>
	<u>Средневзвешенное значение стоимости</u>	<u>834</u>	

Окончательная рыночная стоимость здания составляет 834 млн. сум.

15.7. Составление технического отчета

По завершении работы оценщик составляет отчет об оценке объекта недвижимости.

На первом этапе проблему по оценке недвижимости можно разделить на четыре отдельных вопроса:

1. Необходимо произвести идентификацию объекта недвижимости.
2. Установить юридически имущественные права.
3. Определить цель оценки.
4. Установить дату оценки.

На втором этапе формируется технический отчет, содержащий:

- описание объекта недвижимости, где указывается состав недвижимости, его отличие и особенности по сравнению с другими объектами;
- описание имущества, не являющегося недвижимым, но включенного в оценку;
- описание имущественных прав на недвижимость;
- цель оценки;
- дату оценки;
- точную развернутую формулировку видов стоимости, подлежащей оценке, и ее понимание оценщиком;
- описание рамок ограничительных условий, с которых произведена оценка;
- данные о характере, объеме собранных и использованных фактов и данных;
- мнение оценщика о наилучшем и наиболее эффективном способе использования недвижимости;
- оценку методов, процедур, аргументов, на основании которых сделаны выводы о стоимости недвижимости; в отчете делается оценка достоверности используемых данных, о факте личного осмотра объекта, соблюдении стандартов оценки недвижимости;
- копию сертификата, лицензии, сведения о квалификации оценщика и оплате его работы;
- сведения об отсутствии личного интереса в оценке недвижимости;
- подписи оценщика или оценщиков; в отчете можно отразить аргументы,

если кто-то из оценщиков не согласен с выводами;

- копии основополагающих документов, которые использовались в работе и были основополагающими для выводов.

Форма отчета обычно согласовывается на стадии заключения договора. Это может быть простым письмом или подробным докладом, куда включаются вышеперечисленные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Основы оценки зданий и сооружений
2. Что такое техническая оценка состояния объекта?
3. Какие подходы используются при экономической оценке?
4. Особенности каждого подхода оценки
8. Что выполняется для определения окончательного решения?
9. Структура отчета об оценке.

Ключевые слова

Гражданское строительство - здания предназначены для социального обслуживания населения, для размещения административных учреждений и общественных организаций. К ним относятся здания школ, колледжей, институтов, магазинов, ресторанов, столовых, кинотеатров, театров, клубов, а также здания лечебно-оздоровительного назначения, административные и т.п.

Промышленное строительство - производственные здания промышленных предприятий, здания, предназначенные для размещения промышленных производств и обеспечивающие необходимые условия для труда людей и эксплуатации технологического оборудования.

Фундамент- Все фундаменты делятся на две группы: фундаменты, возводимые в котлованах, и фундаменты устраиваемые в грунте (свайные, опускные колодцы, оболочки, кессоны и т.п.)

Часто фундаменты первой группы называют фундаментами мелкого заложения, а второй - глубокого заложения. Фундаменты в зависимости от характера их работы делятся на жесткие и гибкие. Жесткие - фундаменты, деформация которых не учитывается при определении реактивного давления на подошве, при расчете же гибки фундаментов это давление находят с учетом деформаций самих фундаментов, испытывающих изгиб.

Перекрытия – горизонтальные элементы конструкции, разделяющие здание (сооружение) по высоте на этажи (ярусы) и воспринимающие нагрузки от собственной массы, массы людей, технологического оборудования и т.д.

Покрытия- крыша - Фундамент – это часть здания (сооружения), расположенная ниже поверхности земли и предназначенная для передачи и распределения нагрузок от здания на его основание, т.е. грунт. Стены служат

для ограждения помещения от внешней атмосферной среды (наружные стены) или для разделения между собой отдельных помещений (внутренние стены). К отдельным опорам относятся столбы или колонны, воспринимающие нагрузку от перекрытий и покрытий или поддерживающие наружные стены.

Лестница – это элемент здания (сооружения), служащий для сообщения между этажами (ярусами). По требованиям противопожарной охраны лестницы обычно размещают в отдельных помещениях – лестничных клетках.

Перегородки - тонкая внутренняя стена, опирающаяся непосредственно на перекрытие и служащая для разделения на отдельные помещения внутреннего пространства здания.

Мости, сооружения - прокладываемое путь над препятствием. Различают мосты: по виду преодолеваемого препятствия - мост через реки и другие водотоки, через дороги, через овраги и ущелья; по роду прокладываемого пути - железнодорожные мосты, автодорожные мосты, городские мосты, пешеходные мосты, мосты для совмещенного движения транспорт, для пропуска водных путей, для целей водоснабжения. Для пропуска газа - и нефтепроводов; по материалу основных частей - деревянные мосты, каменные мосты, железобетонные мосты, стальные мосты.

Прочность - жесткость и устойчивость здания и его отдельных частей должны быть обеспечены в период эксплуатации и в процессе возведения. Сборные элементы, кроме того, должны обладать необходимой прочностью и жесткостью при их изготовлении, транспортировании и монтаже.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Данные о температурах воздуха в крупных городах мира
Приложение 1

наименование городов	Температура воздуха в градусах				влажностно-климатическая характеристика
	Расчетная		среднемесячная		
	наиболее холодных суток	наиболее холодной пятидневки	самого холодного месяца	самого жаркого месяца	
Алма-Ата	-28	-27	-8.0	22.3	С
Астрахань	-26	-22	-6.8	25.3	С
Баку	-6	-4	3.8	25.7	–
Батуми	-2	-1	6.5	22.6	В
Вильнюс	-25	-23	-5.5	18.0	У
Владивосток	-26	-25	-14.4	20.0	В
Воронеж	-30	-25	-9.3	19.9	С
Нижней-новгород	-33	-30	-12	18.1	У
Грозный	-23	-16	-3.6	23.8	С
Ереван	-20	-19	-4.0	25.1	С
Иркутск	-40	-38	-20.8	17.6	С
Казань	-35	-30	-13.5	19	С
Караганда	-35	-32	-15.1	20.3	С
Киев	-26	-21	-5.9	19.8	У
Кишинев	-20	-15	-3.5	21.5	С
Красноярск	-44	-40	-17.1	18.7	С
Санкт-Петербург	-28	-25	-7.7	17.8	В
Минск	-30	-25	-6.9	17.8	У

Москва	-32	-25	-9.4	19.3	У
Одесса	-21	-17	-2.5	22.2	С
Рига	-25	-20	-5.0	17.1	У
Ростов-на-Дону	-27	-22	-5.7	22.9	С
Симферополь	-20	-16	-1.0	21.8	С
Таллин	-25	-21	-4.7	16.6	В
Ташкент	-18	-15	0.9	26.9	С
Тбилиси	-10	-7	0.9	24.4	С
Бишкек	-27	-23	-5.6	24.1	С
Якутск	-58	-55	-43.2	18.7	С

Показатели огнестойкости и расстояния до эвакуационного выхода
Приложение 2

Категория Производства	Степень огнестойкости здания	Расстояние до эвакуационного выхода.м		
		одноэтажное здание	двухэтажное здание	трехэтажное здание
А	I,II	50	40	40
Б	I,II	100	75	75
В	I,II	100	75	75
	III	80	60	60
	IV	50	30	-

	V	50	-	-
Г	I,II	не ограничивается		
	III	100	60	60
	IV	50	40	-
	V	50	-	-
Д	I,II	не ограничивается		
	III	100	75	75
	IV	60	50	-
	V	50	40	-
Е		100	80	75

ЛИТЕРАТУРА

1. Строительные конструкции. Учебник для Вузов. Под ред. А.М. Овечкина и Р. Л. Маиляна. Изд 2 – е перераб. и доп. М., Строй издат, 1975, 487с.
2. Инженерные конструкции. Учеб. для гидроменееор. И 62 спец. вузов, / Р.И. Берген, Ю.М.Дукарский, В, 5. Семенов, Ф.В, Расс; Под. ред. Бергена Р.И.- 9-е изд., перераб, и доп. - М, Высш.шк., 1989.—4150,:
3. Зайцев Ю.В, Промыслов В. Ф. Строительные конструкции: Учеб. для техникумов – М, : Стройиздат. 1985. – 279 с., ил.
4. Маилян Р. Л., Клечановский А.А., Мартемьянов В.И. Строительные конструкции. Учеб. Для вузов/ под ред. 1. Л Моиляна – М.: Высш. школа, 1981 – 344 с., илл.
5. Проектирование металлических конструкций: спец. курс. Учеб. Пособие для вузов / В.В. Бирюлев, И.И. Кошин, И. И. Крылов, А. В Сильвестров. – Л.: строй издат, 1990 – 432
6. Туйчиев Н.Д. Оптимальное проектирование железобетонных конструкций.
« ФАН » ,Ташкент Монография .1998
7. Туйчиев Н.Ж. «Фукоро ва саноат бинолари конструкцияси» ТГАИ , Ташкент , 2004 ,234 в.

. Туйчиев Нодир Жамолович – доктор технический наук, профессор, Академик международной академии наук «Высшая школа» Является опытным специалистом в области оптимального проектирования жилых и промышленных зданий. Долгое время работал в направлении проектирования на основе различных строительных конструкции. С 1971-1979 г. Работал руководителем РКВЦ – Республиканского координационного вычислительного центра при проектном – научном институте Уз НИИП градостроительства. Им разработана теория и практика оптимального проектирования железобетонных рам, металлических ферм. Автор уникальной компьютерной программы КРОУСС – комплексный расчёт и оптимизации конструкции, которая нашла широкое применение в проектных организации. Работают одаренные молодёжи. Подготовил боле 10 докторов и кандидатов наук. Он исследовал задачу оптимальной надежности сложных конструкций. Развил теорию сейсмостойкости конструкции из современных материалов внес большой вклад в направлении автоматизации проектирования различных конструкций.

Является автором ряда проектов администральных зданий мостостроенных в центрах и вилоятных городов, в том числе гостиница Россия, конструкции отелей. Им опубликована более 200 научных статей, монографии и учебников