

Министерство образования и науки Российской Федерации  
*Филиал ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический  
университет» в пос. Яблоновском*

Кафедра инженерных дисциплин и таможенного дела

**В.А. Хрисониди**

# **ЗДАНИЯ, СООРУЖЕНИЯ И ИХ УСТОЙЧИВОСТЬ ПРИ ПОЖАРЕ**

Краткий курс лекций по дисциплине для всех форм обучения для  
специальности 20.05.01 - Пожарная безопасность

пос. Яблоновский  
2016

Составитель: ст. преподав. В.А. Хрисониди

УДК 614.841.3

ББК 38.96

**Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре** : краткий курс лекций по дисциплине для студентов для всех форм обучения для специальности 20.05.01 Пожарная безопасность / Сост.: В.А. Хрисониди; Филиал Майкоп. гос. технол. ун–т в пос. Яблоновском. Кафедра инженерных дисциплин и таможенного дела – Яблоновский: Изд. Филиала МГТУ в пос. Яблоновском, 2016. – 69 с.

В учебном пособии излагаются краткий курс лекций по дисциплине необходимые для подготовки к рубежному контролю. Рассматриваются основные теоретические положения устойчивости строительных конструкций и зданий на их основе в условиях пожара.

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по специальности 20.05.01 - Пожарная безопасность.

Библиография: 18 назв.

Печатается по решению научно-методического совета специальности 20.05.01 - Пожарная безопасность, протокол от 26.08.2016 г. №1.

## Введение

В настоящее время возводится огромное количество различных зданий и сооружений различного назначения. Наряду с типовыми зданиями и сооружениями возводятся и уникальные, не имеющие аналогов в мире.

В строительных конструкциях зданий и сооружений используются различные конструкции, выполненные из материалов, обладающих различной пожарной опасностью. Конструкции, выполненные из железобетона, кирпича, бетона способны в условиях пожара сопротивляться действию огня в течении продолжительного промежутка времени от нескольких десятков минут до нескольких часов. Стальные конструкции, несмотря на то, что не горят и не распространяют пламя по поверхности, через 15-20 минут теряют свою несущую способность. В отличие от них деревянные конструкции гораздо дольше продолжают выполнять свои несущие функции, однако при этом способствуют распространению огня и развитию пожара в здании.

Специалист профиля подготовки «Пожарная безопасность» обязан знать пожарные свойства строительных материалов, оценивать поведение конструкций при пожаре, проводить расчеты по огнестойкости металлических, деревянных и железобетонных конструкций, предлагать эффективные способы повышения их огнестойкости. Оценивать состояние конструкций и зданий в целом после пожара.

Для этого в курсе лекций «Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре» кратко рассмотрены основные сведения о зданиях и сооружениях. Рассмотрены объемно-планировочные решения зданий различного назначения; основные конструктивные системы и схемы зданий; железобетонные, металлические и деревянные каркасы; основные конструктивные элементы здания – фундаменты, отдельные опоры каркаса, стены, перекрытия, покрытия, крыши, лестницы, полы, окна, двери, ворота и их размещение в конструктивной системе здания.

Особое внимание уделено вопросам огнестойкости строительных конструкций. Рассмотрены теоретические основы расчета фактических пределов огнестойкости конструкций. Изложены особенности поведения строительных материалов и конструкций из них в условиях пожара. Описаны расчетные схемы определения пределов огнестойкости строительных конструкций.

## Лекция 1

### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЗДАНИЯХ И СООРУЖЕНИЯХ

В строительной практике различают понятия «здание» и «сооружение».

**Сооружением** принято называть все, что искусственно возведено человеком для удовлетворения материальных и духовных потребностей общества.

**Зданием** называется наземное сооружение, имеющее внутреннее пространство, предназначенное и приспособленное для того или иного вида человеческой деятельности.

Таким образом понятие «сооружение» включает в себя и понятие «здание». В практической деятельности принято все прочие сооружения, не относящиеся к зданиям, относить к так называемым **инженерным сооружениям**, предназначенным для выполнения сугубо технических задач.

#### 1.1 Требования, предъявляемые к зданиям.

1. **Функциональные**, т.е. здание должно полностью отвечать тому процессу, для которого оно предназначено (удобство проживания, труда, отдыха).

2. **Технические**, т.е. здание должно надежно защищать людей от внешних воздействий (низких или высоких температур, осадков, ветра); быть прочным и устойчивым, т.е. выдерживать различные нагрузки; долговечным, т.е. сохранять нормальные эксплуатационные качества во времени. К техническим относятся и противопожарные требования, которые заключаются в соответствии степени огнестойкости здания к классу капитальности.

3. **Архитектурно-художественные**, т.е. здание должно быть привлекательным по своему внешнему (экстерьеру) и внутреннему (интерьеру) виду, благоприятно воздействовать на психологическое состояние и сознание людей.

4. **Экономические**, предусматривающие наиболее оптимальные для данного вида здания затраты труда, средств и времени на его возведение.

#### 1.2 Классификации зданий

##### 1.2.1 Классификация по назначению

Здания в зависимости от назначения подразделяют на:

- гражданские (жилые дома, общественные здания)
- промышленные (заводы, фабрики котельные)
- сельскохозяйственные (птицефермы, свинарники, овощехранилища)

**Промышленные здания** независимо от отрасли промышленности делятся на:

1) производственные здания, здания в которых осуществляется выпуск готовой продукции или полуфабрикатов, они подразделяются в зависимости от отраслей производства: механосборочные, термические, ткацкие, инструментальные, ремонтные и др.;

2) подсобно – производственные, для размещения вспомогательного оборудования необходимого для процесса производства;

- 3) энергетические (здания ТЭЦ, котельные, электрические, трансформаторные подстанции и т.д.);
- 4) транспортные, для размещения и обслуживания транспортных средств, находящихся в распоряжении предприятия;
- 5) складские, предназначенные для хранения сырья, готовой продукции, горюче – смазочных материалов;
- 6) санитарно – технические, для обслуживания сетей водоснабжения, канализации, для защиты окружающей среды;
- 7) административные и бытовые здания (бухгалтерия, столовые и т.д.);
- 8) инженерные сооружения (дымовые трубы, опоры, мачты, резервуары).

### **1.2.2 Классификация по этажности**

Здания делят на одноэтажные и многоэтажные. В гражданском строительстве различают здания малоэтажные (1-3 этажа), многоэтажные (4-9 этажей) и повышенной этажности (10 и более). В зависимости от расположения этажи бывают надземные, цокольные, подвальные и мансардные (чердачные).

### **1.2.3 Классификация по степени распространения**

Различают здания: массового строительства (возводимые как правило по типовым проектам) и уникальные – музеи, театры и т.п. (возводимые по индивидуальным проектам)

### **1.2.4 Классификация по капитальности**

Здания и инженерные сооружения делятся на 4 класса в зависимости от прочности, долговечности, наружной и внутренней отделки, внешнего архитектурно-художественного оформления и внутреннего благоустройства, а также эксплуатационных требований к ним. К I классу относят постройки, к которым предъявляются повышенные требования, а к IV- постройки с минимальными требованиями.

### **1.2.5 Классификация по долговечности**

По долговечности (срок службы конструкций без потери требуемых качеств при заданном режиме эксплуатации и в данных климатических условиях) здания делятся на 3 степени:

- |      |                           |
|------|---------------------------|
| I-   | срок службы более 100 лет |
| II-  | от 50 до 100 лет          |
| III- | от 20 до 50 лет           |

### **1.2.6 Классификация по огнестойкости**

Здания разделяют на 5 степеней, в зависимости от степени возгорания и предела огнестойкости конструкций. Наибольшую огнестойкость имеют здания I степени, а наименьшую – V степени. К зданиям I, II (стены, опоры, перекрытия и перегородки несгораемые), III (стены и опоры несгораемые, а перекрытия и перегородки

трудногораемые) степени огнестойкости относятся каменные здания; к IV – деревянные оштукатуренные, к V – деревянные неоштукатуренные (по противопожарным требованиям должны быть не более двух этажей)

### 1.2.7 Классификация по взрывопожарной и пожарной опасности

В зависимости от веществ находящихся в помещении здания подразделяются на категории А,Б, В1-В4, Г, Д. Категории А и Б относятся к числу взрывоопасных. Категории В1-В4 являются пожароопасными (1,2,3,4 – в зависимости от удельной пожарной нагрузки на участке и способа размещения участка пожара в помещении). Категории Г и Д (наличие не горючих веществ в горячем и холодном состоянии) – невзрывопожароопасные.

### 1.3 Типизация, унификация и стандартизация в строительстве.

**Типизаций** называют отбор лучших с технической и экономической стороны решений отдельных конструкций и целых зданий, предназначенных для многократного применения в массовом строительстве.

Количество типов и размеров сборных деталей и конструкций для здания должно быть ограничено, так как изготавливать большое количество одинаковых изделий и монтаж их вести легче. Это позволяет также снизить стоимость строительства. Поэтому типизация сопровождается **унификацией**, которая предполагает приведение многообразных видов типовых деталей к небольшому числу определенных типов, единообразных по форме и размерам. При этом в массовом строительстве унифицируют не только размеры деталей и конструкций, но и основные их свойства. Унификация деталей должна обеспечивать их взаимозаменяемость и универсальность.

Наиболее совершенные типовые детали и конструкции, предложенные проектными организациями и проверенные в практике строительства – **стандартизируют**, после чего они становятся обязательными для применения в проектировании и для заводского изготовления.

### 1.4 Единая модульная система

Унификация объемно-планировочных параметров зданий и размеров конструкций и строительных изделий осуществляется на основе Единой модульной системы (ЕМС), т.е. совокупности правил координации размеров зданий и их элементов на основе кратности этих размеров установленной единице, т.е. модулю.

В качестве основного модуля (М) принята величина 100 мм. Все размеры здания, имеющие значение для унификации, должны быть кратны модулю. Для повышения степени унификации приняты производные модули: укрупненные (60М, 30М, 15М, 12М) и дробные ( $1/2М = 50$  мм;  $1/5М$ ;  $1/10М$ ;  $1/20М$ ;  $1/50М$ ;  $1/100М$ ).

В настоящее время, исходя из функциональных, экономических и архитектурных требований, размеры модульных пролетов, модульных шагов и модульных высот этажей объемно-планировочных элементов зданий назначают кратными укрупненным модулям.

Для промышленного строительства установлен единый укрупненный модуль 60М (6000 мм) для вертикальных и горизонтальных измерений.

### Вопросы для самоконтроля

1. Классификации зданий по назначению, капитальности, этажности, долговечности
2. Классификации зданий по взрывопожарной и пожарной опасности
3. Требования, предъявляемые к зданиям
4. Единая модульная координация размеров в строительстве
5. Типизация и унификация зданий и их конструкций

### Список литературы

#### а) основная литература (библиотека СГАУ)

1. **Орлова, С. С.** Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре [Текст]: учебное пособие / С. С. Орлова, Т. А. Панкова, С. В. Затицацкий. – Саратов: издательство «Саратовский источник», 2015. – 130 с. – ISBN 978-5-91879-507-1
2. **Орлова, С.С.** Архитектура промышленных зданий [Текст]: учебное пособие / С.С. Орлова, Т.А. Панкова, Т.И. Болуто. – Саратов: изд-во «Саратовский источник», 2011. – 200 с., ил. – ISBN 978-5-91879-119-6.

#### б) дополнительная литература

1. **Дятков, А.П.** Архитектура промышленных зданий [Текст]: учебник / С.В. Дятков, А. П. Михеев. – М.: изд-во АСВ, 2010. 550 с.
2. **Вильчик, Н.Г.** Архитектура зданий [Текст]: учебник / Н.Г. Вильчик. 2-е изд. перер. и доп. – М.: ИНФРА-М, 2012. – 319 с.
3. СНиП 2.09.02-85\*. Производственные здания.- М.,1991.
4. СНиП 2.09.04-87\* Административные и бытовые здания.- М.,1995.
5. СНиП 2.01.02-85\*. Противопожарные нормы.
6. СНиП 21.-01.-97\*. Противопожарная безопасность зданий и сооружений.

## Лекция 2

### ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ ЗДАНИЙ

#### 2.1 Общие принципы объемно-планировочных решений зданий

**Объемно-планировочным решением здания** называется объединение помещений избранных размеров и формы в единую композицию. Основой объемно-планировочного решения является происходящий в здании процесс (производственный, бытовой, процесс обучения и т.п.). Совокупность элементов, составляющих процесс, определяет габариты и форму помещений, способы их взаимосвязи и порядок размещения в объеме здания.

Размещаемые в зданиях помещения делятся на основные, вспомогательные, обслуживающие и коммуникационные (входные узлы, коридоры, галереи, переходы, холлы, лестничные клетки).

Объединение помещений в единую композицию в объеме здания осуществляется по **схеме**, которая называется **планировочной**. Основными планировочными схемами являются: коридорная (галерейная), секционная, анфиладная и зальная.

В **коридорной схеме** помещения относительно небольших размеров объединяют коридором и располагают относительно него с одной – двух сторон или по периметру (при проектировании общежитий, гостиниц, больниц, учебных заведений). В галерейной схеме (вариант коридорной) помещения располагают по одну сторону открытой в окружающую среду галереи (гражданские здания в районах с жарким климатом).

**Секционная схема**, представляет собой сочетание изолированных и, как правило, одинаковых по планировке отсеков-секций (жилые дома).

В **анфиладной схеме** помещения располагаются одно за другим, и соединяются через дверные проемы, размещаемые, как правило, на одной оси (музеи, выставочные залы).

При **зальной схеме** имеется одно помещение больших размеров (зальное), которое располагают обычно в центре здания, и помещения меньших размеров, которые группируют вокруг зального (театры, кинотеатры, рынки).

В большинстве случаев планировочные схемы комбинируются из двух – трех основных и их называют смешанными.

#### 2.2 Особенности объемно-планировочных решений гражданских зданий

К гражданским относятся жилые и общественные здания.

##### 2.2.1 Жилые здания

Жилые здания предназначаются для постоянного или временного проживания людей.

Объемно-планировочные решения квартирных жилых домов определяются характером застройки, этажностью, количеством квартир. Их условно разделяют на дома усадебного и городского типа.

**Дома усадебного типа:** одно-двухэтажные многоквартирные или сблокированные (из двух и более квартир) с непосредственным выходом наружу из каждой квартиры.

В многоэтажных многоквартирных домах **городского типа**, объединение квартир и коммуникационных помещений осуществляется по секционной, коридорной или галерейной планировочным схемам.

Наиболее распространены **секционные жилые дома**, состоящие из одной или нескольких секций, каждая из которых включает группу квартир с поэтажно повторяемой планировкой, объединенных одной вертикальной коммуникацией. Исключения составляют 6-ти, 8-ми и более квартирные секции, в которых большое число квартир вызывает появление коридоров длиной до 10-12 м.

В жилых зданиях **коридорного типа** квартиры имеют выход через общий коридор не менее чем на две лестницы. Особенностью таких зданий является сочетание вертикальных и протяжных горизонтальных коммуникаций. Недостатки: квартиры имеют одностороннюю ориентацию, при большой протяженности коридоров ухудшается звукоизоляция помещений, освещенность коридоров естественным светом, усложняется процесс эвакуации.

В объемно-планировочных решениях **галерейных жилых домов**, функции коридоров выполняют открытые галереи. Вертикальные коммуникации располагают внутри здания или пристраивают к галерее. Особенность – обеспечивается сквозное проветривание квартир.

### 2.2.2 Общественные здания

Общественные здания предназначены для временного пребывания людей. При их проектировании используется прием группировки родственных по назначению помещений в обособленные фрагменты здания – функциональные блоки. Блокирование дает ряд преимуществ: сокращается площадь застройки, протяженность инженерных коммуникаций и дорог, уменьшаются эксплуатационные расходы, использование однотипных конструкций.

В объемно-планировочных решениях универсальных общественных зданий многофункционального использования (киноконцертные комплексы, дворцы спорта и т.п.) специальные конструктивные решения и механизация оборудования позволяют трансформировать в течении нескольких часов спортивную арену в киноконцертный зал и т.д.

К универсальным также относятся здания, предназначенные для одного динамически развивающегося процесса (торговли, бытового обслуживания).

На структуру общественных зданий решающее значение оказывают площади основных помещений. По этому признаку здания могут иметь структуру: мелкоячеистую – площадь 15-30 м<sup>2</sup>; крупноячеистую – 30-80 м<sup>2</sup>; зальную – основное помещение или несколько помещений площадью более 100 м<sup>2</sup>; смешанную – из одного или нескольких залов и мелких помещений.

Размещение основных помещений в объеме здания, их форма и размеры определяются спецификой функционального процесса и требованиями к световому, звуковому и воздушному режиму.

Важную роль в объемно-планировочном решении общественных зданий играют коммуникационные помещения, площадь которых составляет до 30% и более от площади здания. Они предназначены для организации входа и выхода, распределения горизонтального и вертикального перемещений людских потоков внутри здания.

Комплекс помещений и устройств у главного входа в здание называют **входным узлом**. В его состав могут входить: тамбуры, вестибюли, гардеробы, справочные, пропускные бюро, кассы, комнаты администрации.

### **2.3 Особенности объемно-планировочных решений производственных зданий**

При проектировании производственных зданий руководствуются следующими принципами: объемно-планировочные решения должны создавать оптимальные условия для развития технологического процесса и его модернизации в процессе эксплуатации, а также обеспечивать возможность возведения здания индустриальными методами.

По степени зависимости от технологического процесса производственные здания делятся на две группы:

1. Здания, объемно-планировочные решения, которых полностью зависят от особенностей технологического процесса, характера и габаритов производственного оборудования (мартеновские, прокатные и конверторные цеха металлургических заводов, коксохимические заводы, здания цементного производства и т.д.). При их возведении используют специальные конструкции, а объемно-планировочные решения имеют индивидуальный характер.

2. Здания на объемно-планировочные решения, которых технологический процесс практически не оказывает влияния. Их возведение может осуществляться индустриальными методами на основе **унифицированных габаритных схем (УГС)**.

#### **2.3.1 Одноэтажные промышленные здания**

Одноэтажные промышленные здания проектируют пролетными, ячейковыми и зальными.

В зданиях **пролетного типа** величина пролета превышает величину шага колонн. Унифицированные размеры пролетов – 18, 24, 30 м и более, шаг колонн 6 и 12 м. Пролетные здания предназначены для технологических процессов, направленных вдоль пролета.

Здания **ячейкового типа** имеют квадратную или близкую к ней прямоугольную сетку колонн (18x18; 24x24; 30x30 м и более), что позволяет организовать технологический процесс вдоль пролета и в перпендикулярном к нему направлении.

Здания **зального типа** имеют пролеты 36 м и более.

#### **2.3.2 Многоэтажные промышленные здания**

Многоэтажные промышленные здания проектируют каркасными. По объемно-планировочному решению они бывают:

- унифицированного типа, высотой от 2 до 10 этажей с сеткой колонн 6x6 или 6x9 м и высотой этажа 3,6; 4,8 и 6,0 м

- с увеличенным верхним этажом, когда конструкции и подъемно-транспортные средства верхнего этажа отличаются от нижележащих этажей. Пролет верхнего этажа шириной от 12 до 24 м перекрывают с помощью балок и ферм, а высоту этажа принимают равной 7,2; 8,4 и 10,6 м. в пределах этажа вдоль пролета может быть

организовано движение мостового крана грузоподъемностью 10-20 т. остальные этажи здания проектируют с унифицированными параметрами и нагрузками на перекрытия.

- с межферменными этажами, проектируют пролетом 12 и 18 м, перекрывают фермами высотой от 1,2 до 3 м и организуют в межферменном пространстве дополнительные этажи, в которых размещают конструкторские бюро, технические, административно-бытовые и др. помещения.

Вертикальная связь между этажами во всех типах осуществляется с помощью лестниц и лифтов. Для перемещения грузов в пределах этажа используют напольный транспорт, подвесные конвейеры и кран-балки.

## 2.4 Особенности объемно-планировочных решений сельскохозяйственных зданий

Сельскохозяйственные здания проектируют одно- и многоэтажными.

**Одноэтажные** в зависимости от их ширины могут быть узкогабаритными и широкогабаритными.

**Узкогабаритные** шириной до 18 м (чаще однопролетные) наиболее распространены. В них содержат животных и птиц, устраивают теплицы.

**Широкогабаритные** шириной от 18 до 48 м строят на крупных комплексах. Трехпролетные здания шириной до 36 м характерны для животноводческих комплексов откормочного направления, а четырехпролетные 36 м и более – для предприятий по хранению и переработке с/х продукции.

Оптимальная свобода планировочного решения достигается в **моноблоках** – одноэтажных многопролетных зданиях блокированного типа с параметрами: шириной до 120 м и более, пролетами 12 и 18 м (реже 6 и 9 м), с шагом колонн 3; 6; 12 и 18 м.

**Многоэтажное** строительство применяется редко из-за трудности вертикального перемещения животных и их эвакуации при пожаре.

В объемно-планировочных решениях с/х зданий, возводимых по типовым проектам, в единую композицию объединяют основные производственные помещения, подсобные помещения, предназначенные для размещения оборудования и вспомогательные помещения, предназначенные для обслуживающего персонала (включая санитарные узлы, коридоры и тамбуры). Их размещают или в торцах здания или вдоль его поперечной центральной оси.

### Вопросы для самоконтроля

1. Общие принципы объемно-планировочных решений. Схемы.
2. Особенности объемно планировочных решений жилых зданий
3. Особенности объемно планировочных решений общественных зданий
4. Общие принципы объемно-планировочных решений производственных зданий
5. Особенности объемно планировочных решений одноэтажных производственных зданий
6. Особенности объемно планировочных решений многоэтажных производственных зданий
7. Особенности объемно планировочных решений сельскохозяйственных зданий

## Список литературы

### а) основная литература (библиотека СГАУ)

1. **Орлова, С. С.** Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре [Текст]: учебное пособие / С. С. Орлова, Т. А. Панкова, С. В. Затицацкий. – Саратов: издательство «Саратовский источник», 2015. – 130 с. – ISBN 978-5-91879-507-1
2. **Орлова, С.С.** Архитектура промышленных зданий [Текст]: учебное пособие / С.С. Орлова, Т.А. Панкова, Т.И. Болуто. – Саратов: изд-во «Саратовский источник», 2011. – 200 с., ил. – ISBN 978-5-91879-119-6.

### б) дополнительная литература

1. **Дятков, А.П.** Архитектура промышленных зданий [Текст]: учебник / С.В. Дятков, А. П. Михеев. – М.: изд-во АСВ, 2010. 550 с.
2. **Вильчик, Н.Г.** Архитектура зданий [Текст]: учебник / Н.Г. Вильчик. 2-е изд. перер. и доп. – М.: ИНФРА-М, 2012. – 319 с.

## Лекция 3

# КОНСТРУКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ И СХЕМЫ ЗДАНИЙ

### 3.1 Конструктивные системы и их элементы

В процессе строительства и эксплуатации здание испытывает на себе действие многочисленных нагрузок и воздействий, отличающихся по величине, направлению, характеру действия и месту приложения. Конструкции, участвующие в восприятии нагрузок, называют несущими.

К вертикальным несущим конструкциям относятся, фундаменты, стены, отдельные опоры, а к горизонтальным - перекрытия и покрытие.

Размещаясь в объеме здания в определенном сочетании, несущие конструкции образуют пространственную систему, способную воспринимать все действующие на здание силовые нагрузки и воздействия и обеспечивать его прочность, жесткость и устойчивость. Эта система называется **конструктивной системой здания**.

Тип вертикальной несущей конструкции определяет тип конструктивной системы здания. Различают основные, комбинированные и смешанные **конструктивные системы**. Основных систем пять: бескаркасная (стенная), каркасная, объемно-блочная, ствольная и оболочковая.

В пределах одной конструктивной системы пространственное положение вертикальных несущих конструкций может меняться. Вариант конструктивной системы по признаку размещения в пространстве (продольного, поперечного, перекрестного) вертикальных несущих конструкций называется **конструктивной схемой здания**.

### 3.2 Основные конструктивные системы

#### 2.2.1 Бескаркасная (стенная) конструктивная система

Эта система является основной в проектировании зданий мелкоячеистой объемно-планировочной структуры: квартирных жилых домов, общежитий, больниц и др. Стены воспринимают все вертикальные, а через перекрытия и все горизонтальные нагрузки. Система включает три варианта конструктивной схемы:

1. С продольными несущими стенами и поперечными диафрагмами жесткости (жилые дома с кирпичными и крупноблочными стенами). Преимущество – свобода планировочного решения благодаря редко расставленным (через 25 – 40 м) диафрагмам. Недостаток – перерасход стенового материала (увеличение толщины наружных стен, обеспечивающее их теплоизоляцию).

2. С поперечными несущими стенами и продольными диафрагмами жесткости (в основном крупнопанельные здания). Различают два варианта этой схемы: с широким 7,2 м и смещенным 2,4-3,0 и 7,2 м шагом несущих стен. Наружные стены (за исключением торцевых) выполняют ненесущими или самонесущими. Недостаток – большая по сравнению с продольной жесткость планировочного решения.

3. С перекрестно расположенными несущими стенами (жилые и общественные здания мелкоячеистой объемно-пространственной структуры). Часто расположенные несущие стены образуют конструктивно-планировочные ячейки площадью до 20 м<sup>2</sup>.

Недостаток – невозможность трансформации помещений в период эксплуатации. Преимущество – повышенная пространственная жесткость.

Общим для всех вариантов является способ восприятия горизонтальных нагрузок. Нагрузки, действующие вдоль несущих стен воспринимаются этажеркой из взаимосвязанных стен и перекрытий, а перпендикулярно несущим стенам – вертикальными диафрагмами жесткости (стенами лестничных клеток, межсекционными, торцевыми и др. стенами).

### **2.2.2 Каркасная конструктивная система**

Применяется в производственных и сельскохозяйственных зданиях, общественных зданиях повышенной этажности). Преимущество – четкое разграничение функций: каркас воспринимает все нагрузки, стены являются только ограждениями. Вертикальные несущие конструкции в каркасной схеме – стержневые (колонны). Их соединения с горизонтальными несущими элементами (ригелями, балками, фермами) могут быть жесткими и шарнирными. Способ соединения определяет характер работы каркасов под нагрузкой. Исходным для всех типов каркасов является рамный.

В рамном каркасе ригели располагают в продольном и поперечном направлениях, соединяют с колоннами в рамы с помощью жестких узлов. Рамы воспринимают все вертикальные и горизонтальные нагрузки, действующие на здание. Преимущество – большая прочность. Недостаток – большой перерасход металла, слишком массивный каркас.

### **2.2.3 Объемно-блочная конструктивная система**

Применяется в жилых зданиях. Вертикальными несущими элементами служат объемные блоки, включающие в себя комнату или квартиру. Блоки устанавливают друг на друга столбами на всю высоту здания с передачей вертикальной нагрузки от вышележащих блоков нижележащим по контуру, двум противоположным сторонам или углам блоков.

### **2.2.4 Ствольная конструктивная система**

Нетрадиционная система, используется при проектировании высотных жилых и общественных зданий башенного типа. Вертикальным несущим элементом, воспринимающим все вертикальные и горизонтальные нагрузки, является жесткий сердечник – ствол центрального лестнично-лифтового узла, площадь которого составляет 10-25 % площади здания.

### **2.2.5 Оболочковая конструктивная система**

Или система с несущими наружными объемно-пространственными жесткостными конструкциями (в зданиях высотой до 100 и более этажей). Несущая часть здания представляет собой наружную оболочку – вертикальную пространственную замкнутую конструкцию, жестко заделанную в фундамент или в конструкции подземных этажей. Поперечную жесткость оболочки обеспечивают жесткие конструкции перекрытий.

### Вопросы для самоконтроля

1. Конструктивные системы и схемы зданий (понятия и определения).
2. Бескаркасная конструктивная система зданий
3. Каркасная конструктивная система зданий
4. Объемно-блочная конструктивная система зданий
5. Ствольная конструктивная система зданий
6. Оболочковая конструктивная система зданий

### Список литературы

#### а) основная литература (библиотека СГАУ)

1. **Орлова, С. С.** Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре [Текст]: учебное пособие / С. С. Орлова, Т. А. Панкова, С. В. Затинацкий. – Саратов: издательство «Саратовский источник», 2015. – 130 с. – ISBN 978-5-91879-507-1
2. **Орлова, С.С.** Архитектура промышленных зданий [Текст]: учебное пособие / С.С. Орлова, Т.А. Панкова, Т.И. Болуто. – Саратов: изд-во «Саратовский источник», 2011. – 200 с., ил. – ISBN 978-5-91879-119-6.

#### б) дополнительная литература

1. **Дыховичный, Ю.А.** Архитектурные конструкции. Кн.2. Архитектурные конструкции многоэтажных зданий [Текст]: учебное пособие. / Ю. А. Дыховичный, З. А. Казбек-Казиев, Р. И. Даумова и др. – М.: Архитектура-С, 2012. – 247 с.
2. **Дыховичный, Ю.А.** Архитектурные конструкции. Кн.1: Архитектурные конструкции малоэтажных жилых зданий [Текст]: учебное пособие. / Ю. А. Дыховичный, З. А. Казбек-Казиев, А. Б. Марцинчик и др. – М.: Архитектура-С, 2012. – 246 с.
3. СНиП 2.09.02-85\*. Производственные здания.- М.,1991.
4. СНиП 2.09.04-87\* Административные и бытовые здания.- М.,1995.

## Лекция 4

### КОНСТРУКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ И СХЕМЫ ЗДАНИЙ

#### 4.1 Комбинированные и смешанные конструктивные системы

Наряду с основными конструктивными системами широко применяются **комбинированные конструктивные системы**, в которых вертикальные несущие конструкции компонуются из разнотипных элементов – стержневых и плоскостных, стержневых и ствольных и т.д.

##### 4.1.1 Система с неполным каркасом

В этой системе в качестве вертикальных несущих конструкций используются стены и стойки каркаса, между которыми с помощью жестких перекрытий распределяются действующие на здание вертикальные и горизонтальные нагрузки. Система применяется в двух вариантах: с несущими наружными стенами и внутренним каркасом или с наружным каркасом и внутренними несущими стенами.

##### 4.1.2 Каркасно-связевая система

На сочетании стержневых и плоскостных вертикальных несущих конструкций основана **каркасно-связевая система** (каркасно-диафрагмовая, каркасно-дисковая). Вертикальные несущие конструкции – стойки каркаса и специальные вертикальные элементы жесткости, которые выполняют в виде вертикальных металлических конструкций – связей жесткости или в виде железобетонных перегородок – диафрагм жесткости. Стойки каркаса жестко соединяются с ригелями (балками, фермами) и образуют рамы.

##### 4.1.3 Каркасно-ствольная система

Каркасно-ствольная система основана на разделении статических функций между каркасом и стволом или несколькими стволами жесткости. Узлы соединения ригелей и колонн каркаса – шарнирные, поэтому каркас воспринимает только вертикальные нагрузки. Горизонтальными элементами жесткости служат перекрытия. Для восприятия горизонтальных нагрузок вводятся вертикальные элементы жесткости – стволы (ядра) жесткости.

Также применяются смешанные конструктивные системы, основанные на сочетании в здании по его высоте или протяженности двух или нескольких конструктивных систем (переход от бескаркасной системы в типовых этажах к каркасной системе в первых или верхних этажах).

#### 4.2 Нагрузки и воздействия на здание

Конструктивная схема здания подвергается различным воздействиям в неблагоприятных сочетаниях, возникновение которых возможно в строительный и

эксплуатационные периоды. Нагрузки и воздействий, действующие на здание могут быть: постоянные и временные.

К постоянным нагрузкам относят массу всех частей здания, в том числе массу несущих и ограждающих конструкций, массу и давление грунтов.

Временные нагрузки: длительные, кратковременные и особые.

К длительно временным нагрузкам относят: массу стационарного оборудования, нагрузки на перекрытия, от складываемых материалов, снеговые нагрузки, температурные воздействия.

Кратковременными считают нагрузки от массы людей, массы ремонтных материалов в зонах ремонта и обслуживания оборудования, ветровые нагрузки.

К особым нагрузкам относят сейсмические и взрывные воздействия, а также воздействия, обусловленные деформациями основания, сопровождающиеся коренным изменением структуры грунта (например, при замачивании просадочных грунтов) или оседании его.

Несилловые воздействия на здания также разнообразны. К ним относят температуру внутреннюю и наружную и ее колебания, влагу наружного и внутреннего воздуха, осадки, солнечную радиацию, химические агрессивные реагенты среды производства, шум, биологические разрушители.

Некоторые несилловые факторы могут вызвать силовые воздействия. Например, колебания внутренних и наружных температур приводят к знакопеременным деформациям конструкции, и наоборот, ветер являющийся силовым фактором, вызывает несилловые воздействия – переохлаждение помещений и изменение влажности.

Все эти факторы, действуя, на здание в отдельности и в совокупности могут вызывать разрушение конструкций и изменять параметры внутренней среды.

## **НЕСУЩИЕ КАРКАСЫ**

Конструкции каркасов изготовляют из железобетона, металла и дерева.

### **4.3 Металлические каркасы**

Их используют в одноэтажных промышленных зданиях с пролетами 30 м и более, высотой колонн более 18 м, при наличии мостовых кранов грузоподъемностью более 30 т.

Основу каркаса составляют поперечные рамы, состоящие из колонн, жестко заземленных в фундаменте и стропильных ферм.

Колонны могут быть постоянного сечения по высоте и ступенчатые двухветвевые.

Колонны постоянного сечения выполняют из прокатных сварных двутавров с консолями для опирания подкрановых балок. Их устанавливают в бескрановых зданиях, зданиях высотой до 9,6 м с мостовыми кранами грузоподъемностью до 20 т.

Ступенчатые двухветвевые предназначены для зданий высотой до 18 м, с крановым оборудованием до 125 т. Надкрановая часть колонны выполняется из двутавра, подкрановая состоит из двух ветвей, соединенных решеткой.

Нижняя часть колонн завершается «башмаком» - расширением, состоящим из вертикальных ребер и опорной плиты.

Для устройства плоских покрытий используют фермы с параллельными поясами с шагом 6 и 12 м, для устройства скатного покрытия – треугольные фермы с шагом 6 м. элементы ферм изготавливают из уголков или тавров, соединяемых в узлах электросваркой.

Для обеспечения пространственной жесткости и устойчивости устраивают две группы связей:

1- устанавливается по колоннам (при отсутствии подстропильных конструкций в три яруса: от пола до подкрановой балки, от подкрановой балки до низа ферм, в пределах высоты ферм; с подстропильными конструкциями – в два яруса);

2- по покрытию (горизонтальные связи – по верхним и нижним поясам ферм, и вертикальные – между торцами ферм).

#### 4.4 Деревянные каркасы

Их применяют в большепролетных общественных зданиях (спортивные залы, выставочные павильоны), одноэтажных производственных и сельскохозяйственных.

Конструкции каркасов выполняют преимущественно из древесины хвойных пород (сосна, ель). Конструкции могут изготавливаться целиком из деревянных элементов или в сочетании с металлом; быть составными из нескольких соединенных между собой досок, бревен, брусев; могут быть клееными из нескольких досок или листов фанеры. Клееные конструкции заводского изготовления имеют более высокое качество, устойчивы к загниванию.

Конструкции могут быть сплошными – балки, рамы, арки; и сквозными – фермы, а также рамы и арки, образованные из ферм.

В современном строительстве монтируются стоечно-балочные, рамные и арочные деревянные каркасы.

**Стойечно-балочные каркасы** проектируют для производственных зданий. Пролеты от 6 до 18 м перекрываются балками; от 12 до 30 м – фермами.

**Рамные каркасы** проектируют для общественных и производственных однопролетных зданий с пролетами от 12 до 24 м. несущие рамы могут быть образованы из прямолинейных элементов (ригеля и стойки), соединенных нагелями или с использованием зубчатого шипа; могут использоваться гнутоклееные рамы.

**Арочные каркасы** проектируют для общественных и производственных однопролетных зданий с пролетами до 60 м и более. Стрелу подъема арок принимают не менее  $1/6$  пролета, а высоту сечения арки  $1/30$  пролета. Арки выполняют составными из двух полуарок.

Пространственная жесткость покрытия с применением балок или ферм обеспечивается устройством деревянных связей с раскосной решеткой в плоскости верхних поясов ферм или в плоскости скатов крыш, а при необходимости дополняется устройством крестовых связей в плоскости нижних поясов ферм. Образованные таким образом пространственные жесткие блоки размещают в покрытии у торцов здания и по его длине на расстоянии не более 30 м. вертикальные крестовые связи, между стойками каркаса размещают в торцах и через 20-25 м по длине здания, в каждом ряду колонн.

### Вопросы для самоконтроля

1. Комбинированная конструктивная система зданий с неполным каркасом
2. Каркасно-связевая конструктивная система зданий
3. Каркасно-ствольная конструктивная система зданий
4. Металлический каркас
5. Деревянные каркасы

### Список литературы

#### а) основная литература (библиотека СГАУ)

1. **Орлова, С. С.** Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре [Текст]: учебное пособие / С. С. Орлова, Т. А. Панкова, С. В. Затинацкий. – Саратов: издательство «Саратовский источник», 2015. – 130 с. – ISBN 978-5-91879-507-1
2. **Орлова, С.С.** Архитектура промышленных зданий [Текст]: учебное пособие / С.С. Орлова, Т.А. Панкова, Т.И. Болуто. – Саратов: изд-во «Саратовский источник», 2011. – 200 с., ил. – ISBN 978-5-91879-119-6.

#### б) дополнительная литература

1. **Дыховичный, Ю.А.** Архитектурные конструкции. Кн.2. Архитектурные конструкции многоэтажных зданий [Текст]: учебное пособие. / Ю. А. Дыховичный, З. А. Казбек-Казиев, Р. И. Даумова и др. – М.: Архитектура-С, 2012. – 247 с.
2. **Дыховичный, Ю.А.** Архитектурные конструкции. Кн.1: Архитектурные конструкции малоэтажных жилых зданий [Текст]: учебное пособие. / Ю. А. Дыховичный, З. А. Казбек-Казиев, А. Б. Марцинчик и др. – М.: Архитектура-С, 2012. – 246 с.
3. СНиП 2.09.02-85\*. Производственные здания.- М.,1991.
4. СНиП 2.09.04-87\* Административные и бытовые здания.- М.,1995.

## Лекция 5

### НЕСУЩИЕ КАРКАСЫ

#### 5.1 Железобетонные каркасы

Их выполняют в основном сборными из унифицированных типовых конструкций. Основными типами многоэтажных железобетонных каркасов являются стоечно-балочный, безбалочный и с межферменными этажами.

##### 5.1.1 Стоечно-балочный каркас

Основу стоечно-балочного каркаса составляют многоэтажные рамы, образованные колоннами и ригелями.

Колонны имеют высоту в один или два – три этажа и размеры поперечного сечения 300х300, 400х400, 400х600 мм. Стыки колонн обычно устраивают на 0,6-1 м выше отметки перекрытия.

Ригели (балки) применяют двух типов: с полками для опирания плит перекрытий и прямоугольного сечения. Оба типа ригеля имеют высоту 800 мм. Стык колонны и ригеля может быть жестким (выполненным с помощью сварки выпусков арматуры колонны и ригеля) или шарнирным (сварка закладных деталей). Панели перекрытий соединяют с ригелем сваркой закладных деталей. Вертикальные элементы жесткости устраивают между колоннами в плоскости рам и перпендикулярно к ним в виде стальных связей, либо в виде железобетонных стенок-диафрагм.

##### 5.1.2 Безбалочный каркас

Безбалочный каркас применяется в многоэтажных производственных зданиях в тех случаях, когда по санитарно-гигиеническим требованиям в помещениях необходимо наличие гладкого пола (холодильники, мясокомбинаты и т.д.).

По характеру работы под нагрузкой этот каркас является рамным. Его применяют только для сетки колонн бхб при нагрузках на перекрытие от 5 до 30 кПа. Межколонные плиты (плиты-балки) укладывают в двух взаимно-перпендикулярных направлениях на сборные железобетонные капители, опирающиеся на выступы (консоли) одноэтажных колонн квадратного или круглого сечения. Пролеты между плитами-балками перекрывают пролетными плитами, опирающимися по контуру на четверти межколонных плит, и соединяются с ними сваркой закладных деталей и выпусков арматуры. Пространственная жесткость и устойчивость каркаса обеспечивается жесткостью узлов соединений его элементов.

##### 5.1.3 Каркас с межферменными этажами

Каркас с межферменными этажами применяется в крупнопролетных многоэтажных промышленных зданиях. Этот каркас проектируют рамно-связевым. Многоэтажные рамы образованы одноэтажными колоннами сечением 300х600 мм или 300х800 мм безраскосными фермами пролетами 12 и 18 м. продольную устойчивость каркаса обеспечивают стальными связями, а также плитами перекрытий (покрытия). Высота

ферм в зависимости от целей использования межферменного пространства составляет 1,2 м для непроходного (технического) этажа и 2,4 или 3 м – для проходного технического этажа и 3,6 м – для этажа с административно-хозяйственными помещениями.

#### **5.1.4 Одноэтажные железобетонные каркасы**

Одноэтажные железобетонные каркасы применяют в производственных и сельскохозяйственных зданиях, оборудованных подвесными или мостовыми кранами. Каркасы проектируют рамно-связевыми на основе унифицированных габаритных схем, предусматривающих пролеты от 6 до 30 м, шаг колонн 6 и 12 м, высоту от 3 до 18 м.

Основу каркаса составляют поперечные одно- или многопролетные рамы. В продольном направлении рамы для обеспечения пространственной жесткости и устойчивости здания соединяют связями, к которым относятся подкрановые балки, подстропильные конструкции и металлические связи, устраиваемые в покрытии и между колоннами.

Поперечная рама каркаса образуется из колонн, заземленных в фундаментах, и стропильных конструкций в виде балок или ферм.

При наличии мостовых кранов колонны снабжаются консолями.

Пролеты в 6, 9, 12 и иногда 18 м при рулонных кровлях перекрываются двускатными балками и балками с параллельными поясами, таврового или двутаврового сечения. Шаг балок 6 и 12 м.

Пролеты величиной 18, 24, 30 м перекрываются фермами, масса которых значительно меньше массы балок. Шаг ферм 6 и 12 м. Применяются фермы: сегментные, арочные, полигональные и с параллельными поясами. Решетка ферм позволяет использовать плиты шириной 1,5 и 3 м.

В случае устройства каркаса с шагом крайних рядов колонн 6 м, а средних 12 м, необходимо применение подстропильных конструкций (балок, ферм), которые укладывают в продольном направлении на средние ряды колонн. При этом высота средних колонн снижается на высоту опорного столика подстропильной конструкции (700 мм)

#### **Вопросы для самоконтроля**

1. Железобетонный стоечно-балочный каркас
2. Железобетонный безбалочный каркас
3. Железобетонный каркас с межферменными этажами
4. Одноэтажный железобетонный каркас
5. Колонны и ригели многоэтажных железобетонных каркасов
6. Виды железобетонных балок и их применение
7. Виды железобетонных ферм и их применение

## Список литературы

### а) основная литература (библиотека СГАУ)

1. **Орлова, С. С.** Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре [Текст]: учебное пособие / С. С. Орлова, Т. А. Панкова, С. В. Затинацкий. – Саратов: издательство «Саратовский источник», 2015. – 130 с. – ISBN 978-5-91879-507-1
2. **Орлова, С.С.** Архитектура промышленных зданий [Текст]: учебное пособие / С.С. Орлова, Т.А. Панкова, Т.И. Болуто. – Саратов: изд-во «Саратовский источник», 2011. – 200 с., ил. – ISBN 978-5-91879-119-6.

### б) дополнительная литература

1. **Дыховичный, Ю.А.** Архитектурные конструкции. Кн.2. Архитектурные конструкции многоэтажных зданий [Текст]: учебное пособие. / Ю. А. Дыховичный, З. А. Казбек-Казиев, Р. И. Даумова и др. – М.: Архитектура-С, 2012. – 247 с.
2. **Дыховичный, Ю.А.** Архитектурные конструкции. Кн.1: Архитектурные конструкции малоэтажных жилых зданий [Текст]: учебное пособие. / Ю. А. Дыховичный, З. А. Казбек-Казиев, А. Б. Марцинчик и др. – М.: Архитектура-С, 2012. – 246 с.
3. СНиП 2.09.02-85\*. Производственные здания.- М.,1991.
4. СНиП 2.09.04-87\* Административные и бытовые здания.- М.,1995.

## Лекция 6

### ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЗДАНИЙ

#### 6.1 Основания и фундаменты

**Фундаменты** – подземная опорная часть здания или сооружения, через которую нагрузка от наземной части здания или сооружения передается на грунт – основание.

**Основанием** называется массив грунта, расположенный под фундаментом и воспринимающий нагрузку от здания. Основания бывают: естественные и искусственные.

**Естественным основанием** называется грунт, залегающий под фундаментом и способный в своем природном состоянии выдержать нагрузку от возведенного здания.

**Искусственным основанием** называют искусственно уплотненный или упрочненный грунт, который в природном состоянии не обладает достаточной несущей способностью по глубине заложения фундамента (песчаные подушки, сваи, уплотнение грунтов тромбованием, цементацией, силикатизацией и т.д.).

Фундаменты должны удовлетворять требованиям прочности, устойчивости, долговечности, технологичности устройства и экономичности.

Верхняя плоскость фундамента, на которой располагаются надземные части здания, называется **поверхностью фундамента или обрезами**, а нижняя его плоскость, непосредственно соприкасающаяся с основанием, – **подошвой фундамента**. Расстояние от спланированной поверхности грунта до уровня подошвы называется **глубиной заложения фундамента**, которая должна соответствовать глубине залегания слоя основания с учетом глубины промерзания грунта.

По **конструктивной схеме** фундаменты могут быть:

1. Ленточные, располагаемые по всей длине стен или в виде сплошной ленты под рядами колонн. По способу устройства могут быть монолитные (бутовые, бутобетонные, бетонные, железобетонные) и сборные, состоящие из фундаментных блоков-подушек и стеновых фундаментных блоков.

2. Столбчатые, устраиваемые под отдельно стоящие опоры (колонны, столбы), а в ряде случаев и под стены (бутовые, бутобетонные, бетонные, железобетонные).

3. Сплошные, представляющие собой монолитную плиту под всей площадью здания или его частью и применяемые при особо больших нагрузках на стены или отдельные опоры, а также недостаточно прочных грунтах в основании.

4. Свайные в виде отдельных погруженных в грунт стержней с целью передачи через них на основание нагрузок от здания.

По **характеру работы под действием нагрузки** фундаменты различают:

- **жесткие**, материал которых работает преимущественно на сжатие и в которых не возникают деформации изгиба (кладка из природного камня неправильной формы, бутобетон, бетон);

- **гибкие**, работающие преимущественно на изгиб (железобетон).

Для изготовления фундаментов применяют бетон класса 200 и арматуру в виде сеток из стали классов А-1 и А-2.

## 6.2 Отдельные опоры каркаса

Отдельные опоры в зданиях с несущими стенами являются элементами внутреннего каркаса и при небольшой высоте здания решаются в виде отдельных кирпичных столбов.

Недостатком кирпичных столбов является значительная площадь, занимаемая ими в плане и сравнительно малая несущая способность, для ее увеличения повышают марки кирпича и раствора, применяют поперечное или продольное армирование.

В зданиях при значительных нагрузках применяются сборные железобетонные колонны, монолитные или стальные. Колонны представляют собой вертикальные линейные конструкции, размеры которой превышают размеры поперечного сечения, предназначены для восприятия продольных и поперечных нагрузок.

Их применяют в качестве основной несущей конструкции каркасных одно или многоэтажных зданий. Выполняют железобетонные колонны в виде сборных и монолитных конструкций, в основном квадратного или прямоугольного поперечного сечения с развитым размером в направлении действия изгибающих моментов. В отдельном случае применяются колонны круглого, кольцевого, двутаврового сечения. По высоте имеют постоянное сечение (в зданиях без мостовых кранов) или переменное (в зданиях с мостовыми кранами).

Железобетонные колонны в одноэтажных промышленных зданиях могут быть без консолей, если в них нет мостовых кранов, и с консолями для опирания подкрановых балок.

## 6.3 Наружные и внутренние стены

**Стены** – вертикальные наружные и внутренние ограждения здания. Наружные стены ограждают здание от внешней среды и защищают его от атмосферных воздействий, внутренние стены делят здание на отдельные объемы и помещения.

### 6.3.1 Классификация стен:

#### 1. По характеру статической работы:

а) **несущие** – возводят в зданиях бескаркасных и в зданиях с неполным каркасом, выполняя одновременно несущую и ограждающие функции, такие стены воспринимают массу покрытия, перекрытий, ветровую нагрузку. Несущие стены опираются на фундаменты, выполняют из кирпича и блоков.

б) **самонесущие** – несут собственную массу в пределах всей высоты здания и передают ее на фундаментные балки. Ветровые нагрузки, воздействующие на стены воспринимает каркас здания или фахверк (дополнительный каркас).

в) **навесные** – выполняют только ограждающие функции, их масса полностью передается на колонны каркаса и фахверка за исключением нижнего подоконного яруса, опирающегося на фундаментные балки.

#### 2. по тепло-техническим качествам:

- а) утепленные;
- б) холодные.

#### 3. по материалу и способу возведения:

- а) **построечного типа** – каменные, деревянные
- б) **заводского изготовления** – из блоков и панелей.

Среди **каменных стен** наиболее распространены стены из кирпича, выполненные в виде:

- сплошной кладки толщиной до 510 мм и более, применяемые во внутренних стенах и нижних рядах наружных стен зданий повышенной этажности;

- облегченные – из двух кирпичных стенок по 250 мм и утеплителя из керамзита или легкого бетона – наружные стены высотой 3-5 этажей.

**Крупноблочные стены** гражданских и производственных зданий относятся к однослойным бетонным конструкциям. Масса и размеры блоков зависят от местоположения блоков в стене и принятой схемы разрезки стены на элементы (двух- или трехрядной). Наиболее распространены блоки массой от 0,3 до 3 т из легкого бетона для наружных стен и из тяжелого бетона – для внутренних стен. Толщина блочных стен 300, 400, 500 и 600 мм.

**Крупнопанельные бетонные стены** изготавливаются однослойными целиком из бетона, и многослойными (двух- и трехслойные), включающие утеплитель из минеральной ваты, пеностекла, фибролита, полистирольного и фенольного пенопластов.

Для стен жилых зданий используют панели высотой на этаж (2,8 м; 3,0 и 3,3 м) и шириной на одну - две комнаты. Для стен общественных и производственных зданий применяют половые панели высотой 0,9; 1,5; 1,8 м и шириной 6 и 12 м. Толщина панельных стен определяется теплотехническим расчетом, исходя из условий обеспечения прочности, огнестойкости и температурно-влажностного режима внутри здания (для панельных стен 240-350 мм; самонесущих и ненесущих – 180-300 мм).

Для неотапливаемых производственных зданий разработаны конструкции железобетонных плоских и ребристых панелей наружных стен длиной 6 и 12 м.

К экономичным решениям многослойных конструкций панелей наружных стен относят **панели из небетонных материалов** (панели-экраны), преимуществом которых является незначительный вес. Панели состоят из двух листовых обшивок (асбестоцементные, стальные, алюминиевые плоские и профилированные листы) и утеплителя (в каркасных панелях – минераловатные и древесно-волокнистые плиты; в бескаркасных – фибролит, пенополиуретан и др.).

### 6.3.2 Архитектурно-конструктивные элементы стен

Наружная стена это фасад.

1. Нижняя часть наружной стены, несколько отличная от его плоскости - *цоколь*. Верхняя граница цоколя – **кардон**, всегда горизонтальная. Ввиду того, что цоколь в первую очередь подвергается механическим и атмосферным воздействиям его выполняют из морозостойких, влагостойких материалов.

2. **Проем** – крупные отверстия, оставляемые для окон, дверей и ворот.

3. **Простенок** – участок стен между проемами: различают рядовые (между соседним проемами) и угловые (между углом здания и первым проемом).

4. **Перемычки - несущие**, которые кроме собственного веса и вышележащей кладки несут нагрузку от элемента перекрытия или конструкции и **ненесущие** несут собственный вес и вес вышележащей кладки. По материалу могут быть ж/б, стальные и кирпичные.

5. **Карнизы** – горизонтальные выступы стен, служит для отвода снега, стекающей воды с крыши и имеет архитектурное значение, придавая зданию законченный вид.

6. Фасады здания иногда расчленяют небольшими промежуточными карнизами – **пояса**. Небольшие карнизы под окнами и дверьми называют **сандриками**. Выше главного карниза иногда располагают **парапет** (прямоугольная стенка, высотой от 0,7 до 1 м, ограждающих крышу) и **фронтом** (треугольная стенка, закрывающая пространство чердака при двускатной крыше и обрамленная со всех сторон).

7. Несквозные углубления стенок для устройства шкафов, радиаторов – **ниши**.

8. Вертикальное утолщение стен (выступы) прямоугольного сечения, служащие для усиления простенка или для повышения устойчивости стен большой высоты – **пилястры**.

### Вопросы для самоконтроля

1. Естественные основания зданий
2. Искусственные основания зданий
3. Архитектурно-конструктивные элементы стен
4. Фундаменты зданий и их конструктивные решения
5. Отдельные опоры каркаса
6. Стены. Классификация стен.
7. Каменные и крупно-блочные стены
8. Крупнопанельные стены

### Список литературы

а) основная литература (библиотека СГАУ)

1. **Орлова, С. С.** Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре [Текст]: учебное пособие / С. С. Орлова, Т. А. Панкова, С. В. Затинацкий. – Саратов: издательство «Саратовский источник», 2015. – 130 с. – ISBN 978-5-91879-507-1
2. **Орлова, С.С.** Архитектура промышленных зданий [Текст]: учебное пособие / С.С. Орлова, Т.А. Панкова, Т.И. Болуто. – Саратов: изд-во «Саратовский источник», 2011. – 200 с., ил. – ISBN 978-5-91879-119-6.

б) дополнительная литература

1. **Дятков, А.П.** Архитектура промышленных зданий [Текст]: учебник / С.В. Дятков, А. П. Михеев. – М.: изд-во АСВ, 2010. 550 с.
2. **Дыховичный, Ю.А.** Архитектурные конструкции. Кн.2. Архитектурные конструкции многоэтажных зданий [Текст]: учебное пособие. / Ю. А. Дыховичный, З. А. Казбек-Казиев, Р. И. Даумова и др. – М.: Архитектура-С, 2012. – 247 с.
3. **Дыховичный, Ю.А.** Архитектурные конструкции. Кн.1: Архитектурные конструкции малоэтажных жилых зданий [Текст]: учебное пособие. / Ю. А. Дыховичный, З. А. Казбек-Казиев, А. Б. Марцинчик и др. – М.: Архитектура-С, 2012. – 246 с.

## Лекция 7

# ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЗДАНИЙ

### 7.1 Перекрытия

**Перекрытия** - горизонтальные комплексные конструкции, разделяющие здание на этажи.

В состав междуэтажных перекрытий входят несущие элементы, пол и потолок.

В состав чердачных, подвальных и др. типов перекрытий дополнительно включают различные прослойки. По конструктивной схеме различают перекрытия балочные (в состав которых входят балки (ригели) и опирающиеся на них плиты) и безбалочные (где плиты опираются непосредственно на стены или колонны).

Наиболее индустриальными являются сборные перекрытия из элементов заводского изготовления, в состав которых входят железобетонные ригели и панели.

В гражданских зданиях применяют панели (настилы) с круглыми пустотами или сплошные, образующие гладкий потолок, в производственных и сельскохозяйственных – ребристые.

### 7.2 Покрытия и крыши

**Покрытия** – горизонтальные конструкции завершающие здания по высоте. В покрытиях совмещаются такие два основных элемента здания как перекрытие последнего этажа и крыши.

**Крыши** – наружные венчающие здание несущие и ограждающие конструкции, в состав которых входят несущие элементы, паро- и теплоизоляционные слои, кровля.

По структуре крыши разделяют на чердачные и бесчердачные (совмещенные). **Чердачные** – устраивают в основном в жилых домах и некоторых типах сельскохозяйственных зданий. В качестве несущих элементов чердачных крыш зданий со степенью огнестойкости не выше III, могут использоваться стропильные конструкции в виде пространственной системы из деревянных наклонных балок, стоек и прогонов. Индустриальные конструкции чердачных крыш монтируются из сборных железобетонных элементов. В зависимости от места расположения теплоизоляционного слоя различают крыши с холодным и теплым чердаком.

В крышах с **холодным чердаком** утеплитель входит в состав чердачного перекрытия. В крышах с **теплым чердаком** утеплены кровельные панели, изготавливаемые из теплоизоляционного бетона, и стены чердака.

**Бесчердачные крыши** устанавливаются во всех видах зданий. Особенностью таких крыш является совмещение всех слоев в единой конструкции, поэтому их называют **совмещенными покрытиями**. Они могут быть неветилируемые и вентилируемые.

**Совмещенное неветилируемое покрытие** построечного типа устраивают путем последовательной укладки по железобетонному перекрытию верхнего этажа пароизоляции (1-2 слоя рубероида), утеплителя (керамзитовый гравий, минеральная вата, пенобетон и др.), выравнивающей стяжки (цементно-песчаный раствор толщиной 25-30 мм), рулонной гидроизоляции (3-4 слоя рубероида) и защитного слоя (гравий втопленный в мастику).

**Совмещенное неветилируемое покрытие** полносборного типа возводится из утепленных кровельных панелей с определенным уклоном (однослойная конструкция).

Полносорной является также двойная конструкция совмещенной крыши из несущих железобетонных панелей верхнего этажа и уложенных по ним утепляющих панелей из легкого или ячеистого бетона.

**Совмещенное вентилируемое покрытие** отличается от невентилируемого наличием воздушного пространства над утеплителем. Вентиляция этого пространства для удаления из утеплителя излишней влаги, осуществляется воздухом, поступающим через продухи в наружных стенах.

В промышленных и сельскохозяйственных зданиях применяют преимущественно невентилируемые совмещенные покрытия, несущими элементами в которых служат железобетонные или металлические балки или фермы, реже рамы или арки, а ограждающими элементами – панели из бетона или др. материалов.

К традиционным **конструкциям панелей** относятся железобетонные ребристые длиной 6 и 12 м. Для отапливаемых зданий разработаны конструкции панелей длиной 3 м из теплоизоляционных бетонов и комплексные, в состав которых в заводских условиях включают все слои за исключением последнего гидроизоляционного слоя.

В качестве несущих элементов покрытий также используют **настилы**:

- типа «2Т», размером 3x12 (18) м;
- коробчатые, размером 2x18;
- сводчатые типа КЖС, размером 1,5 (3)x18 (24) м.

Настилы опирают на балки (ригели), уложенные по колоннам вдоль пролета.

В отапливаемых производственных зданиях применяются легкие покрытия на основе профилированного металлического листа.

**Монопанели** представляют собой конструкцию длиной 12 м и шириной 1,5 или 3 м из профилированного стального листа с приклеенным к нему слоем пенополиуретана, по которому наклеивается гидроизоляция.

Разработана **трехслойная конструкция панели** длиной 12 м, которая состоит из наружной и внутренней листовых обшивок и утеплителя из вспененного пенополиуретана.

### 7.3 Фонари

**Фонарями называют** остекленные или частично остекленные надстройки на покрытии здания, предназначенные для верхнего освещения производственных площадей, удаленных от оконных световых проемов, а также для необходимого воздухообмена в помещениях.

По назначению фонари подразделяют на световые, аэрационные и комбинированные (светоаэрационные).

По профилю сечения фонари бывают прямоугольные, трапециевидные, треугольные, М-образные, шедовые и зенитные.

Необходимость устройства фонарей должна быть обоснована путем тщательного технико-экономического сравнения и с учетом технологических и санитарно-гигиенических требований, а также природно - климатических условий района строительства.

Несущий каркас фонаря состоит из поперечных конструкций (ферм) и боковых панелей. Для повышения поперечной жесткости в контур фонаря вводят раскосы и устанавливают связи между рамами фонаря.

Фонари (кроме зенитных) изготавливают из стали. Железобетон применяют крайне редко.

В последнее время разработаны эффективные конструкции зенитных фонарей, представляющих собой конструкцию для светопропускания в покрытии. Светопрозрачные конструкции, которые выполняют из пластмасс, индустриальны в изготовлении, имеют незначительную массу, высокую прочность, простоту монтажа и удобство эксплуатации.

## 7.4 Лестницы и лестничные клетки

**Лестницы** – вертикальные коммуникации, предназначенные для связи между этажами и эвакуации людей.

По функциям, выполняемым во время пожара, различают лестницы, предназначенные для эвакуации людей и пожарные лестницы.

### 7.4.1 Лестницы для эвакуации

Лестницы для эвакуации бывают трех типов: внутренние, размещаемые в лестничных клетках; внутренние открытые (без ограждающих конструкций); наружные открытые. Эти лестницы должны обеспечивать удобство и безопасность движения, быть огнестойкими и индустриальными, поэтому наиболее распространенными являются железобетонные.

Они могут быть:

- **крупноэлементными** (полносорными), монтируемые из четырех (двух лестничных маршей и двух лестничных площадок на этаже) или двух элементов (двух лестничных маршей с полуплощадками на этаже);

- **мелкоэлементными**, которые набираются из отдельных ступеней, укладываемых поверх наклонных железобетонных или металлических балок – косоуров. Косоуры опираются на заделываемые в стены подкосоурные балки. Лестничные площадки также набирают из отдельных плит.

Важным конструктивным решением, обеспечивающим безопасность эвакуации людей, является заключение лестниц в лестничную клетку. Тип лестничной клетки зависит от этажности здания. Для эвакуации применяются обычные и незадымляемые лестничные клетки.

### 7.4.2 Пожарные лестницы

Пожарные лестницы используют для подъема бойцов на кровлю горящего здания и выступающие части крыши. Тип пожарной лестницы определяется высотой подъема на кровлю и разницей отметок в местах перепада высот кровель. Различают два типа пожарных лестниц:

- вертикальные, когда высота подъема на кровлю составляет от 10 до 20 м и в местах, где перепад высот кровель не превышает 20 м;

- маршевые с уклоном не более 6:1, когда высота превышает 20 м и в местах где перепада высот кровель более 20 м.

Пожарные лестницы размещают на глухих участках стен, начинаются с высоты 2,5 м от поверхности земли и выполняются из стальных прокатных профилей.

### Вопросы для самоконтроля

1. Перекрытия зданий
2. Покрытия и крыши зданий
3. Фонари на покрытиях зданий
4. Лестницы. Типы лестниц.
5. Лестничные клетки. Типы лестничных клеток.

### Список литературы

#### а) основная литература (библиотека СГАУ)

1. **Орлова, С. С.** Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре [Текст]: учебное пособие / С. С. Орлова, Т. А. Панкова, С. В. Затинацкий. – Саратов: издательство «Саратовский источник», 2015. – 130 с. – ISBN 978-5-91879-507-1
2. **Орлова, С.С.** Архитектура промышленных зданий [Текст]: учебное пособие / С.С. Орлова, Т.А. Панкова, Т.И. Болуто. – Саратов: изд-во «Саратовский источник», 2011. – 200 с., ил. – ISBN 978-5-91879-119-6.

#### б) дополнительная литература

1. **Дятков, А.П.** Архитектура промышленных зданий [Текст]: учебник / С.В. Дятков, А. П. Михеев. – М.: изд-во АСВ, 2010. 550 с.
2. **Дыховичный, Ю.А.** Архитектурные конструкции. Кн.2. Архитектурные конструкции многоэтажных зданий [Текст]: учебное пособие. / Ю. А. Дыховичный, З. А. Казбек-Казиев, Р. И. Даумова и др. – М.: Архитектура-С, 2012. – 247 с.
3. **Дыховичный, Ю.А.** Архитектурные конструкции. Кн.1: Архитектурные конструкции малоэтажных жилых зданий [Текст]: учебное пособие. / Ю. А. Дыховичный, З. А. Казбек-Казиев, А. Б. Марцинчик и др. – М.: Архитектура-С, 2012. – 246 с.

## Лекция 8

### ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЗДАНИЙ

#### 8.1 Полы.

При выборе вида и конструкции пола необходимо, прежде всего, установить характер производственных воздействий на пол, а также требования, обеспечение которых будет способствовать эксплуатационной надежности и долговечности пола.

В одноэтажных зданиях полы устраивают непосредственно на грунте, в многоэтажных – на перекрытиях.

##### 8.1.1 Основные конструктивные элементы полов

Основными конструктивными элементами полов являются:

**Покрытие** – верхний элемент пола, непосредственно воспринимающий эксплуатационные воздействия.

*Покрытия полов подразделяют на* сплошные (бетонные, ксилолитовые, пластмассовые, цементные, асфальтовые, щебенчатые, глинобитные и др.) и из штучных материалов (различных плит, рулонных материалов, брусчатки, торцовых шашек, досок и др.).

**Подстилающий слой (подготовка)** – элемент пола, распределяющий нагрузки по основанию.

*Подстилающие слои могут быть* песчаные, шлаковые, гравийные, щебеночные, глинобетонные, булыжные, бетонные и др.

**Прослойка** – промежуточный слой, связывающий покрытие с нижележащим элементом или же служащий для покрытия упругой постелью.

*Прослойки могут быть* из цементно-песчаного раствора, жидкого стекла, битумной или дегтевой мастики и песчаные.

**Стяжка** – слой, образующий жесткую или плотную корку по нежестким или пористым элементам перекрытия; стяжку устраивают также для выравнивания поверхности элементов пола (или перекрытия) или для придания покрытию заданного уклона.

*Стяжки выполняют* из цементно-песчаного раствора, ксилолита, бетона, легкого бетона.

**Гидроизоляция** – один или несколько слоев, препятствующий проникновению через пол сточных вод и других жидкостей и прониканию в пол грунтовых вод.

*Гидроизоляция в полах предназначена* для защиты их от сточных вод и других жидкостей при средней и большой интенсивности воздействий вод гидроизоляцию размещают под покрытием пола, а для защиты от капиллярного поднятия грунтовых вод – под подстилающим слоем.

**Теплоизоляционный слой** – элемент пола на грунте, уменьшающий общую теплопроводность пола.

*Звуко- и теплоизоляцию в полах устраивают* на минераловатных и стекловолоконистых матов и плит, древесноволокнистых плит, легких бетонов и сыпучих материалов (шлак, песок и др.).

Покрытия выполняют во всех типах полов, а прочие его элементы и детали (плинтусы, сточные лотки, деформационные швы и др.) принимают в зависимости от типа и конструкции пола.

### 8.1.2 Полы со сплошным покрытием

**Глинобитные полы** делают в некоторых отделениях горячих цехов, где на пол воздействуют высокие температуры, возможно падение на пол тяжелых предметов, и в складах. Покрытие этого пола состоит из смеси глины, песка и воды.

**Гравийные и щебенчатые полы** устраивают в местах проезда транспорта на резиновом ходу, в складах, когда нельзя применять глинобитные полы из-за их пыльности. Эти полы выполняют из гравийно-песчаных смесей, иногда улучшенных добавкой суглинки.

**Бетонные и цементно-песчаные полы** предусматривают в цехах с повышенной влажностью, при воздействии на пол минеральных масел, кислот и щелочей, в проездах и складах. К этой группе относят также **мозаичные и металлоцементные полы**.

**Асфальтобетонные полы** устраивают в складах, проездах и проходах (при малоинтенсивном движении), а также в местах воздействия на пол малоконцентрированных кислот и щелочей.

**Ксилолитовые полы** делают в помещениях с длительным пребыванием людей, без интенсивного движения, а также в цехах со специальными требованиями к взрывоопасности.

### 8.1.3 Полы из штучных материалов

**Брусчатые полы** устраивают в помещениях, где воздействуют высокие температуры, химические реагенты и удары, а также на путях движения тяжелого транспорта, в том числе и на гусеничном ходу.

**Полы из клинкера** применяют в тех же случаях, что и брусчатые, они имеют аналогичную с ними конструкцию.

**Торцовые полы** имеют малый коэффициент теплоусвоения, эластичны и бесшумны, применяют в тех помещениях, где людям приходится работать в течение всей смены стоя (механические, сборочные, инструментальные цехи и т.д.).

**Плиточные полы** применяют в зданиях с повышенной чистотой. Плиточные покрытия выполняют из бетонных цементно-песчаных, мозаичных, ксилолитовых, асфальтобетонных плиток.

**Металлические полы** имеют высокую стоимость вследствие большого расхода металла, применяют в исключительных случаях, в частности на отдельных участках мартеновских, литейных, прокатных, кузнечных и термических цехов, в местах возможного падения на пол тяжелых предметов, воздействия высоких температур и там, где требуется гладкая, непылящая поверхность пола.

**Дощатые полы** устраивают из шпунтованных досок.

**Паркетные полы** устраивают из небольших прямоугольных дощечек (клепок), изготовленных на заводах.

**Полы из рулонных материалов** устраивают из синтетических материалов: поливинилхлоридного линолеума (на тканевой основе, безосновный, однослойный и многослойный); полиэфирного (глифталевого) линолеума (на тканевой основе);

коллоксилинового (безосновного); резинового линолеума – релина (двухслойного материала); рулонных материалов на пористой или войлочной основе.

## **8.2 Окна и их конструктивные решения**

Форму, размеры и места расположения окон принимают на основе светотехнического расчета, исходя из условий обеспечения необходимого светового режима для работающих, обслуживающих технологический процесс.

Сплошное остекление целесообразно в основном для зданий с избыточным тепловыделением и взрывоопасными производствами.

Конструкции для заполнения оконных проемов производственных зданий изготовляют из дерева, стали, железобетона, легких металлических сплавов, пластмасс и прессованных материалов. Используют также стеклоблоки и стеклопрофилит. Заполнение оконных проемов обычно состоит из коробок, переплетов с остеклением и подоконной доски.

В зависимости от назначения здания, расчетного перепада температур наружного и внутреннего воздуха и особенностей климата района строительства заполнение оконных проемов может быть одинарным и двойным. В условиях сурового климата Севера возможно и тройное остекление.

Вместо двойных переплетов рекомендуется устраивать более экономичные спаренные или одинарные с двойным остеклением.

По конструктивному решению оконные переплеты бывают глухие и створные. Створные переплеты, открывающиеся внутрь и наружу, устраивают в зданиях, где необходима естественная вентиляция. Проемы, предназначенные только для освещения, заполняют глухими оконными переплетами.

В зданиях с панельными стенами часто применяют ленточное остекление.

Для аэрации помещений и очистки остекления часть переплетов в оконных проемах делают открывающимися. Створные переплеты размещают так, чтобы расстояние от пола до низа открытого проема летом было не более 1,8 м, а зимой – не менее 3,6 – 4,8 м. открывают створки с помощью механических приборов. По способу навески различают горизонтально-подвесные и вертикально-навесные створки.

Выбор типа остекления производят на основе тщательного технико-экономического анализа.

## **8.3 Ворота и двери. Их виды и конструктивные решения.**

Для пропуска средств напольного транспорта в наружных стенах промышленных зданий устраивают ворота. Их расположение и количество определяется с учетом специфики технологического процесса, характера объемно-планировочного решения зданий.

Размеры ворот назначают из условия обеспечения пропуска транспортных средств, обслуживающих технологический процесс. Их величина должна превышать габариты транспорта в груженом состоянии по ширине не менее чем на 600 мм и по высоте на 200 мм.

Размеры проемов ворот принимают кратными модулю 600 мм. Установлены следующие типовые размеры ворот: 2,4x2,5; 3x3; 3,6x3; 3,6x3,6; 3,6x4,2 и 4,8x5,4 м. В отдельных цехах, выпускающих большеразмерные виды продукции, ворота могут

иметь размеры до нескольких десятков метров. Снаружи здания перед воротами предусматривают пандусы с уклоном 1:10.

Во избежание больших тепловпотерь отапливаемых зданий и появления в них сквозняков ворота оборудуют воздушно-тепловыми завесами.

По конструктивному решению ворота могут быть распашные, раздвижные, подъемные, откатные и другие. Полотна распашных и раздвижных ворот могут быть металлическими и металлодеревянными. Обвязку выполняют из металлических профилей. Часто в полотнах ворот устраивают калитки для пропуска людей.

Целесообразно устройство ворот качающегося типа. Полотна таких ворот выполняют из резины или прозрачного упругого пластика, натягиваемых на раму. В этом случае пропуск транспортных средств осуществляется без задержек, а также до минимума сокращаются тепловпотери.

Двери промышленных зданий устраивают одно- и двупольными, распашными и откатными. По материалу дверные полотна бывают металлические, деревянные и стеклянные. Номинальные размеры проемов приняты: ширина 1; 1,5 и 2 м и высота 1,8; 2; 2,3 и 2,4 м. Их ширину и расположение определяют расчетом с учетом обеспечения безопасности эвакуации людей из помещений и здания в целом.

#### **Вопросы для самоконтроля**

1. Окна, оконные проемы, остекление
2. Двери в зданиях
3. Ворота в зданиях
4. Конструкции полов
5. Полы со сплошным покрытием.
6. Полы из штучных материалов

#### **Список литературы**

##### а) основная литература (библиотека СГАУ)

1. **Орлова, С. С.** Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре [Текст]: учебное пособие / С. С. Орлова, Т. А. Панкова, С. В. Затинацкий. – Саратов: издательство «Саратовский источник», 2015. – 130 с. – ISBN 978-5-91879-507-1
2. **Орлова, С.С.** Архитектура промышленных зданий [Текст]: учебное пособие / С.С. Орлова, Т.А. Панкова, Т.И. Болуто. – Саратов: изд-во «Саратовский источник», 2011. – 200 с., ил. – ISBN 978-5-91879-119-6.

##### б) дополнительная литература

1. **Дятков, А.П.** Архитектура промышленных зданий [Текст]: учебник / С.В. Дятков, А. П. Михеев. – М.: изд-во АСВ, 2010. 550 с.
2. **Дыховичный, Ю.А.** Архитектурные конструкции. Кн.2. Архитектурные конструкции многоэтажных зданий [Текст]: учебное пособие. / Ю. А. Дыховичный, З. А. Казбек-Казиев, Р. И. Даумова и др. – М.: Архитектура-С, 2012. – 247 с.
3. **Дыховичный, Ю.А.** Архитектурные конструкции. Кн.1: Архитектурные конструкции малоэтажных жилых зданий [Текст]: учебное пособие. / Ю. А. Дыховичный, З. А. Казбек-Казиев, А. Б. Марцинчик и др. – М.: Архитектура-С, 2012. – 246 с.

## Лекция 9

### ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

#### 9.1 Особенности поведения природных каменных материалов в условиях пожара

**Природными каменными материалами** называют материалы и изделия, получаемые механической обработкой (дроблением, раскалыванием, распиливанием и т.п.) горных пород.

В зависимости от степени обработки: различают: грубообработанные каменные материалы, штучные изделия и профилированные детали.

К **г р у б о о б р а б о т а н н ы м** материалам относят: песок, гравий, щебень, бутовый камень (крупные куски камня неправильной формы, получаемые взрывным методом, или плиты неправильной формы, получаемые выламыванием из слоистых пород).

К **и з д е л и я м** из природного камня относят: колотые и пиленые плиты и камни для облицовки и кладки стен, устройства полов, дорожных покрытий, гидротехнических сооружений и др.

Мономинеральные горные породы (гипс, известняк, мрамор и др.) при нагреве ведут себя более спокойно, чем полиминеральные. Они претерпевают в начале свободное тепловое расширение, освобождаясь от физически связанной влаги в порах материала. Это не приводит, как правило, к снижению прочности и даже может наблюдаться ее рост при спокойном удалении свободной влаги. Затем в результате действия химических процессов дегидратации и диссоциации материал претерпевает постепенное разрушение (снижение прочности).

Полиминеральные горные породы ведут себя в основном аналогично мономинеральным, за исключением того, что при нагреве возникают значительные напряжения, обусловленные различными величинами коэффициентов теплового расширения у компонентов, входящих в состав горной породы. Это приводит к разрушению материала.

В процессе охлаждения большинства материалов после высокотемпературного нагрева продолжается изменение (чаще - снижение) прочности.

#### 9.2 Особенности поведения искусственных каменных материалов при нагревании

Искусственные каменные материалы бывают:

- безобжиговые (асбестоцемент, силикатные материалы, бетоны), изготавливаемые соединением минерального вяжущего вещества с водой и заполнителем из природных каменных материалов в процессе соответствующей технологической обработки (механической, тепловой, влажностной);

- обжиговые получают путем обжига сырья из природных каменных материалов при высоких температурах (керамические) либо нагрева сырья до расплавления (каменное литье, минеральные расплавы) с последующим охлаждением, сопровождающимся их затвердеванием.

Поскольку бетон является композиционным материалом, его поведение при нагреве зависит от поведения цементного камня, заполнителя и их взаимодействия. При нагреве бетона свыше 200°C возникают противоположно направленные

деформации претерпевающего усадку вяжущего и расширяющегося заполнителя, что снижает прочность бетона наряду с деструктивными процессами, происходящими в вяжущем и заполнителе. Расширяющаяся влага при температурах от 20 до 100°C давит на стенки пор и фазовый переход воды в пар также повышает давление в порах бетона, что приводит к возникновению напряженного состояния, снижающего прочность.

При остывании бетонов после нагрева прочность, как правило, практически соответствует прочности при той максимальной температуре, до которой материал был нагрет. У отдельных видов бетона она несколько снижается при остывании за счет более длительного нахождения материала в нагретом состоянии, что способствовало более глубокому протеканию в нем негативных процессов.

Строительные конструкции из тяжелого бетона (железобетона) склонны к взрывообразному разрушению при пожаре. Это явление наблюдается у конструкций, материал которых имеет влагосодержание выше критической величины при интенсивном подъеме температуры при пожаре.

Легкие и ячеистые бетоны с объемной массой ниже 1200 кг/м<sup>3</sup> не склонны к взрывообразному разрушению. Для их прогрева при пожаре в отличие от тяжелого бетона необходимо более длительное время, вследствие их низкой теплопроводности.

Поведение силикатных материалов в условиях пожара зависит от поведения известково-силикатного вяжущего, заполнителей и их взаимодействия при нагреве. В принципе оно аналогично поведению бетона на портландцементе. Конструкции из силикатных материалов, в частности, тяжелого силикатного бетона, более, чем из бетона на портландцементе, склонны к явлению взрывообразной потере целостности в условиях пожара.

Поведение асбестоцемента при нагреве определяется поведением цементного камня и асбеста. Асбест, как и цемент, при нагреве теряет химически связанную воду и постепенно снижает прочность. На характер поведения в условиях пожара, оказывает влияние анизотропность структуры асбестоцементных изделий, т.к. при формовании эти изделия имеют явно выраженную слоистость по толщине. Прочность сцепления между слоями значительно ниже прочности материала в каждом слое, то есть материал при разрушении может расслаиваться как спокойно, так и взрывообразно. Причем склонность к взрывообразной потере целостности асбестоцемента увеличивается с повышением его начального влагосодержания, количества микропор, при снижении паропроницаемости за счет увеличения средней плотности, несмотря на рост прочности, т.е. аналогично тяжелым бетонам.

Прочностные свойства керамических материалов и минеральных расплавов в условиях пожара практически не изменяются. Для керамических материалов нагрев без существенного изменения прочности возможен до температуры обжига – 950...1300°C. При интенсивном нагреве плотные керамические изделия (например, кровельные плитки) могут претерпевать взрывообразную потерю целостности.

Для минеральных расплавов – предельная температура применения близка к их температуре плавления. Эти температуры, как правило, не достигаются при пожарах.

Учитывая, что каменные материалы обладают повышенной стойкостью к воздействию пожара, по сравнению с металлами, органическими материалами, специальные меры по повышению их стойкости, как правило, не предусматривают. Более того, каменные материалы применяют в качестве огнезащиты органических материалов.

### 9.3 Поведение металлов и сплавов в условиях пожара

**Металлы** — кристаллические вещества, характеризующиеся высокими электро- и теплопроводностью, ковкостью, способностью хорошо отражать электромагнитные волны и другими специфическими свойствами. Свойства металлов обусловлены их строением: в их кристаллической решетке есть не связанные с атомами электроны, которые могут свободно перемещаться.

**Сплавы** — это системы, состоящие из нескольких металлов или металлов и неметаллов. Сплавы обладают всеми характерными свойствами металлов. В строительстве применяют сплавы железа и углерода (сталь, чугун), меди и олова (бронза) и меди и цинка (латунь) и др. На практике термин «металлы» распространяют и на сплавы, поэтому далее он относится и к металлическим сплавам.

Повышение температуры приводит к уменьшению прочности, упругости и увеличению пластичности металлов. Чем ниже температура плавления металла или сплава, тем при более низких температурах происходит снижение прочности. При высоких температурах также происходит увеличение деформаций ползучести, которые являются следствием увеличения пластичности металлов.

Наряду с общими закономерностями, характерными для поведения металлов при нагреве, поведение сталей в условиях пожара имеет особенности, которые зависят от: химического состава (углеродистая или низколегированная), способа изготовления или упрочнения арматурных профилей.

При нагревании горячекатаной арматуры из углеродистой стали происходит уменьшение ее прочности и увеличение пластичности, что приводит к снижению пределов прочности, текучести, возрастанию относительного удлинения и сужения. При остывании такой стали ее первоначальные свойства восстанавливаются.

При нагревании низколегированных сталей до 300°C происходит некоторое увеличение прочности, которая сохраняется и после остывания.

Особенностью поведения термически упрочненной арматуры в условиях пожара является необратимая потеря упрочнения, которая вызывается отпуском стали. Арматурная проволока, упрочненная наклепом, при нагреве необратимо теряет упрочнение. Чем выше степень упрочнения (наклепа) тем при более низкой температуре начинается ее потеря.

Главной особенностью алюминиевых сплавов является низкая, по сравнению со сталями, устойчивость к нагреву. Некоторые алюминиевые сплавы способны восстанавливать прочность после нагревания и охлаждения, если температура нагревания не превысила 400°C.

Таким образом, наибольшей устойчивостью к действию высокой температуры обладают низколегированные стали, несколько хуже углеродистые стали без дополнительного упрочнения, еще хуже стали, упрочненные термическим способом, самой низкой стойкостью обладают стали упрочненные наклепом, а еще ниже — алюминиевые сплавы.

#### **Способы повешения стойкости металлов к воздействию пожара**

1. Выбор изделий из металлов, более стойких к воздействию пожара.
2. Специальное изготовление металлических изделий, более стойких к нагреву.
3. огнезащита металлоизделий (конструкций) посредством нанесения внешних теплоизоляционных слоев.

### Вопросы для самоконтроля

1. Поведение природных каменных материалов в условиях пожара
2. Поведение бетонов в условиях пожара
3. Поведение асбестоцемента в условиях пожара.
4. Поведение силикатных материалов в условиях пожара
5. Поведение керамических материалов и силикатных расплавов в условиях пожара
6. Поведение металлов и сплавов в условиях пожара

### Список литературы

#### а) основная литература (библиотека СГАУ)

1. **Барабанщиков, Ю.Г.** Строительные материалы и изделия [Текст]: учебник / Ю. Г. Барабанщиков. – М.: Академия, 2012. – 416 с. – ISBN 978-5-7695-7347-7.
2. **Орлова, С. С.** Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре [Текст]: учебное пособие / С. С. Орлова, Т. А. Панкова, С. В. Затицкий. – Саратов: издательство «Саратовский источник», 2015. – 130 с. – ISBN 978-5-91879-507-1
3. **Попов, К.Н.** Строительные материалы и изделия [Текст]: учебник / К. Н. Попов, М. Б. Каддо. – М.: Студент, 2011. – 440 с. – ISBN 978-5-4363-0003-0.

#### б) дополнительная литература

1. Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре [Текст]: учебник / Под ред. И.Л. Мосалкова. – М.: АГПС МЧС РФ, 2003.—656 с.
2. Межгосударственный стандарт ГОСТ 30244-94 "Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть"
3. Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г. N 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".

## Лекция 10

### ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

#### 10.1 Древесина и ее пожарная опасность

Древесина состоит в основном из органических веществ. Стенки клеток древесины на 99% сложены из органических соединений, представленных у хвойных пород примерно на 70% , а у лиственных – на 80% углеводами.

##### 10.1.1 Поведение древесины и материалов из нее при нагревании и в условиях пожара

Древесина чувствительна к нагреву. Уже при температуре материала 110°C начинается ее терморазложение, которое можно разделить на несколько характерных стадий.

При нагревании до 120 - 180°C происходит удаление свободной влаги и затем начинается выделение химически связанной влаги, разложение наименее термически стойких компонентов древесины.

При температуре 250°C начинается пиролиз древесины (в основном гемицеллюлозы) с выделением газовой смеси, которая уже способна к воспламенению от источника зажигания.

При температуре 280 – 300°C процесс терморазложения интенсифицируется.

При 350 - 400°C продолжается пиролиз древесины, начинает разлагаться лигнин и выделяется основная масса горючих газов (40% от возможного количества). При достижении достаточной концентрации газообразных горючих продуктов терморазложения возможно их самовоспламенение.

Процесс горения древесины протекает в две стадии: пламенное горение продуктов терморазложения и тление образовавшегося угольного остатка. Тление происходит в результате гетерогенной реакции угольного остатка с газообразным кислородом воздуха.

Горение древесины на пожаре сопровождается выделением газообразных продуктов, которые могут оказывать токсическое действие на организм и дыма, который снижает видимость и препятствует дыханию.

Пожарную опасность древесины можно охарактеризовать следующими параметрами:

- температура воспламенения 250°C, а самовоспламенения 350°C;
- линейная скорость распространения пламени по поверхности составляет 1 – 10 мм/с;
- скорость тления значительно ниже скорости распространения пламени и составляет в среднем для различных пород 0,6 – 1 мм/мин.

##### 10.1.2 Защита древесины от возгорания

Для предупреждения возгорания древесины применяют:

- 1) Конструктивные меры – удаление от источников нагревания, сводящие к минимуму вероятность нагрева древесины и ее контакта с огнем;
- 2) Применение теплоизолирующей «одежды», которая защищает поверхность древесины от действия источника тепла и тем самым препятствует протеканию процессов терморазложения древесины и воспламенения ее продуктов разложения.

*Теплоизолирующие одежды:* мокрая и сухая листовая штукатурка, минеральные материалы и вспучивающиеся покрытия.

*Огнезащитные покрытия* могут быть в виде обмазок, красок и лаков, которые выполняют газо-изолирующую функцию.

3) Снижение возгораемости древесины пропиткой древесины антипиренами.

## **10.2 Пластмассы и их пожарная опасность.**

**Пластмассы** – это композиционные материалы, в которых в качестве вяжущего вещества используют полимерные смолы.

Строительные пластмассы представляют собой сложную систему из связующего, наполнителей, красителей и технологических добавок. Связующим служат полимеры.

Наполнители добавляют для удешевления пластмасс, улучшения их физико-механических свойств.

Красители вводят в пластмассы для придания декоративных качеств.

По применению в строительстве различают: материалы для полов, стеновые материалы, кровельные и гидроизоляционные для сантехнических и погонажных изделий, для несущих конструкций.

### **10.2.1 Особенности пожарной опасности строительных пластмасс**

Пластмассы обладают низкой устойчивостью к температурным воздействиям. Хотя пластические массы в меньшей степени, чем полимеры обладают значительным снижением прочности при нагревании.

Наиболее стабильными при повышении температуры являются свойства кремнийорганических стекловолоконитов.

Одним из показателей термической стойкости служит величина потери массы при нагревании. Потеря массы только на 6-8% вызывает большую потерю прочности.

Числовые значения, параметров характеризующих пожарную опасность пластмасс, зависят в первую очередь от входящего в их состав полимерного связующего, затем от вида и количества наполнителей и технологических добавок.

Кроме этого пожарная опасность пластмасс существенно зависит от характера огневого воздействия на материал, от особенностей его применения и условий окружающей среды.

Исследованиями установлено, что способность распространения пламени по поверхности отделочных материалов зависит от вида материала, ориентации в пространстве (пол, стена, потолок), материала основания (подложки).

Наиболее существенное влияние на способность распространения пламени по поверхности материала оказывает величина теплового воздействия. Для каждого материала существует критическая поверхностная плотность теплового потока, ниже которого распространение пламени не происходит.

Анализ гибели людей при пожарах показал, что главной причиной вызывающей смерть, является отравление оксидом углерода. Это связано, прежде всего, с тем, что оксид углерода выделяется в больших количествах при термическом разложении и горении практически всех материалов органического происхождения. Кроме того, оксид углерода приблизительно в 300 раз активнее, чем кислород взаимодействует с гемоглобином крови.

### **10.2.2 Способы снижения пожарной опасности полимерных строительных материалов**

Поскольку горючесть полимерных материалов зависит от соотношения теплоты, выделяемой при сгорании продуктов пиролиза, и теплоты, необходимой для их образования и газификации, то снижение горючести можно обеспечить за счет

уменьшения скорости газификации и снижения количества образующихся горючих продуктов следующими методами: введением инертных наполнителей; введением антипиренов; нанесением огнезащитных покрытий.

**Введение наполнителей.** Минеральные наполнители в составе полимерных материалов снижают содержание горючих компонентов, влияют на процесс пиролиза полимеров и изменяют условия тепло- и массообмена при горении.

**Введение антипиренов.** Антипирены делят на два класса: механически совмещающиеся с полимерами и образующие с ними однородную смесь, и реакционноспособные соединения, включающиеся (в процессе синтеза или переработки полимерных материалов) в молекулярную структуру полимера – это низко- и высокомолекулярные соединения, способные к реакциям полимеризации, поликонденсации и полиприсоединения.

К инертным антипиренам относятся следующие группы:

1. Неорганические вещества – элементарный фосфор, фосфат или полифосфат аммония, гидроксид алюминия, сульфиды фосфора и бура, сульфаты, нитраты и т.п.
2. Низкомолекулярные галоидосодержащие органические соединения ациклического, алициклического или ароматического строения.
3. Низкомолекулярные фосфорорганические соединения – эфиры фосфорной, фосфоновой или фосфиновой кислот.
4. Высокомолекулярные галоид- и фосфоросодержащие соединения.
5. Органические азотосодержащие вещества, соединения бора, сурьмы и олова.

**Огнезащитные покрытия,** наносимые на полимерные материалы в настоящее время, имеют ограниченное применение.

#### Вопросы для самоконтроля

1. Поведение древесины при нагревании
2. Защита древесины от возгорания
3. Особенности пожарной опасности строительных пластмасс
4. Способы снижения пожарной опасности пластмасс

#### Список литературы

а) основная литература (библиотека СГАУ)

1. **Барабанщиков, Ю.Г.** Строительные материалы и изделия [Текст]: учебник / Ю. Г. Барабанщиков. – М.: Академия, 2012. – 416 с. – ISBN 978-5-7695-7347-7.
2. **Орлова, С. С.** Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре [Текст]: учебное пособие / С. С. Орлова, Т. А. Панкова, С. В. Загинацкий. – Саратов: издательство «Саратовский источник», 2015. – 130 с. – ISBN 978-5-91879-507-1
3. **Попов, К.Н.** Строительные материалы и изделия [Текст]: учебник / К. Н. Попов, М. Б. Каддо. – М.: Студент, 2011. – 440 с. – ISBN 978-5-4363-0003-0.

б) дополнительная литература

4. Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре [Текст]: учебник / Под ред. И.Л. Мосалкова. – М.: АГПС МЧС РФ, 2003.—656 с.
5. Межгосударственный стандарт ГОСТ 30244-94 "Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть"
6. Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г. N 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".

## Лекция 11

### ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

В условиях пожара строительные конструкции могут разрушаться в течение нескольких часов или минут. Устойчивость строительных конструкций к воздействию пожара влияет и на процесс тушения пожара. Обрушение конструкций представляет большую опасность персонала объекта и для пожарных. При полном обрушении тушение пожара становится бесполезным.

В настоящее время параллельно действуют старая пожарно-техническая классификация и новая.

По **старой классификации** строительные конструкции характеризовались огнестойкостью – их способностью в условиях пожара сохранять несущие и ограждающие функции и сопротивляться распространению огня. Показателями огнестойкости строительных конструкций являются пределы огнестойкости конструкций и пределы распространения огня по ним.

По **новой классификации** строительные конструкции характеризуются огнестойкостью и пожарной опасностью. Показателями огнестойкости являются пределы огнестойкости строительных конструкций, а пожарную опасность конструкций оценивает класс их пожарной опасности.

#### 11.1 Пределы огнестойкости строительных конструкций

**Предел огнестойкости строительной конструкции** – это время в минутах от начала огневого испытания (начала пожара) до наступления одно из предельных состояний по огнестойкости.

Различают **три предельных состояния по огнестойкости**:

1. Потеря несущей способности ( $R$ ) характеризующаяся обрушением конструкции или возникновением предельных деформаций, недопустимых для дальнейшей эксплуатации конструкции.
2. Потеря теплоизолирующей (ограждающей) способности ( $I$ ), характеризующаяся повышением температуры на необогреваемой поверхности конструкции в среднем более чем на  $140^{\circ}\text{C}$  или в любой точке этой поверхности более чем на  $180^{\circ}\text{C}$  в сравнении с температурой конструкции до испытания или более  $220^{\circ}\text{C}$  в какой либо точке независимо от первоначальной температуры конструкции.
3. Потеря целостности конструкции ( $E$ ), проявляющаяся в возникновении сквозных трещин или отверстий, через которые в смежное помещение проникают продукты горения или пламя.

Пределы огнестойкости запроектированных или реально существующих конструкций принято называть **фактическими  $P_{ф}$** , а нормируемые – **требуемыми  $P_{тр}$** .

Требование безопасности считается выполненным при соблюдении условия

$$P_{ф} \geq P_{тр}$$

## 11.2 Методы определения пределов огнестойкости

Требуемые пределы огнестойкости определяются в зависимости от требуемой степени огнестойкости здания по СНИП. Фактические – определяются двумя способами: огневыми испытаниями *REI* и расчетно *RI*.

Удобным является использование накопленного банка данных по результатам ранее проведенных испытаний.

Наиболее надежными являются **огневые испытания**. Для этого конструкцию, выполненную в натуральную величину, устанавливают, опирают и нагружают в соответствии с положением и нагружением ее в здании. Испытания проводят в огневых печах, в которых поддерживается температурный режим «стандартного» пожара. В ходе испытания фиксируется время с момента начала эксперимента до момента наступления одного из предельных состояний по огнестойкости. Это время считается фактическим пределом огнестойкости.

## 11.3 Пределы распространения огня по строительным конструкциям

Способность строительной конструкции гореть и распространять огонь характеризуется пределом распространения огня. За **предел распространения огня** принимается размер повреждения (в см) образца конструкции вследствие его рения, обугливания или оплавления за пределами зоны нагрева (в контрольной зоне) при 15 минутном испытании в огневой печи.

Допускаемые пределы распространения огня по строительным конструкциям назначаются нормами строительного проектирования, фактические – определяются при огневых испытаниях или по справочной литературе, где приводятся результаты таких испытаний.

**Суть огневых испытаний** заключается в определении повреждения размера конструкции вследствие ее горения за пределами зоны нагрева в контрольной зоне при локальном воздействии огня на часть конструкции в огневых печах.

Образцы ограждающих конструкций подвергаются одностороннему воздействию огня: наружные стены – со стороны помещения; внутренние стены и перегородки с несимметричным сечением отдельно с каждой стороны.

Плиты покрытий, перекрытий и подвесных потолков, лестничные площадки и марши – снизу, при этом образцы ступеней для испытаний собираются в марши.

Стержневые элементы конструкций подвергаются воздействию огня с трех или четырех сторон в зависимости от условий эксплуатации.

Испытания проводят при длительности огневого воздействия 15 мин  $\pm$  5 с. После этого пламя в печи гасится, и не более чем через 3 мин. образец должен быть снят с печи или в зазор между образцом и огневой камерой должен быть возведен теплоизолирующий экран. Обследование состояния образца и измерение его повреждений в контрольной зоне проводится после его остывания.

За предел распространения огня принимается размер поврежденной зоны образца в плоскости конструкции от границы зоны нагрева перпендикулярно к ней до наиболее удаленной точки повреждения (для вертикальных – вверх, для горизонтальных – в каждую сторону).

## 11.4 Класс пожарной опасности конструкций

Пожарная опасность строительных конструкций определяется степенью их участия в развитии пожара, в образовании опасных факторов пожара и зависит от пожарной опасности материалов, из которых выполнена конструкция.

Пожарная опасность конструкций характеризуется классами их пожарной опасности. Различают 4 класса пожарной опасности К0, К1, К2, К3.

При установлении класса учитывают следующие показатели:

- наличие теплового эффекта от горения или термического разложения составляющих конструкцию материалов;
- наличия пламенного горения газов и расплавов, выделяющихся из конструкции в результате термического разложения составляющих ее материалов;
- размеры повреждения конструкции и составляющих ее материалов, возникшего при испытании конструкции вследствие их горения или термического разложения;
- характеристики пожарной опасности материалов, составляющих конструкцию.

Строительные конструкции отвечают требованиям пожарной безопасности, если фактический класс пожарной опасности конструкций  $K_f$  равен или больше допустимого класса пожарной опасности конструкций  $K_{дон}$ .

Допускаемый класс регламентируется нормативными документами, фактический – определяется экспериментально на огневых установках.

**Сущность метода огневого испытания** заключается в тепловом воздействии на конструкцию в течение времени, определяемом требованиями к этой конструкции по огнестойкости, но не более 45 минут.

В процессе испытания регистрируют параметры:

- температура в огневой и тепловой камерах для определения наличия теплового эффекта;
- способность к воспламенению газов, выделяющихся при термическом разложении материалов образца;
- образование горящего расплава.

Осмотр и регистрацию повреждений производят после остывания образца. Размер повреждения измеряется в см; повреждением считается обугливание, оплавление и выгорание материалов конструкции на глубину более 0,2 см. При этом не учитывается повреждение длиной менее 5 см для вертикальных конструкций, длиной менее 3 см - для горизонтальных.

Класс пожарной опасности конструкций определяется таблицей по наименее неблагоприятному показателю.

## 11.5 Методики экспертизы строительных конструкций

Проверка соответствия строительных конструкций требованиям пожарной безопасности осуществляется методом сопоставления. Сравниваются фактические и требуемые пределы огнестойкости конструкций, фактические и допускаемые пределы распространения огня по конструкциям (или фактические и допускаемые классы пожарной опасности строительных конструкций).

### **11.5.1 Методика экспертизы строительных конструкций по старой пожарно-технической классификации**

1. По ведомственным или отраслевым нормам устанавливают требуемую степень огнестойкости здания в зависимости от назначения, площади, этажности, категории по взрывопожарной опасности и др. факторов.

2. На основании требуемой степени огнестойкости здания определяют требуемые пределы огнестойкости основных строительных конструкций и допускаемые пределы распространения огня по этим конструкциям.

3. Исходя из характеристики конструктивных элементов здания (толщина, размеры поперечного сечения, толщина защитного слоя бетона, класс арматуры и т.д.), согласно справочным документам находят фактические пределы огнестойкости конструкций и фактические пределы распространения огня по конструкциям.

4. Фактические пределы огнестойкости строительных конструкций сравнивают с требуемыми пределами огнестойкости, а фактические пределы распространения огня по конструкциям – с допускаемыми пределами распространения огня, после чего делают вывод о соответствии строительных конструкций требованиям пожарной безопасности.

### **11.5.2 Методика экспертизы строительных конструкций по новой пожарно-технической классификации**

1. По соответствующим пунктам и таблицам в настоящее время разрабатываемых нормативных документов определяют требуемую степень огнестойкости здания и требуемый класс конструктивной пожарной опасности здания с учетом назначения, этажности, площади, вместимости здания и т.д.

2. На основании требуемой степени огнестойкости здания и требуемого класса конструктивной пожарной опасности здания находят требуемые пределы огнестойкости строительных конструкций и допускаемые классы пожарной опасности строительных конструкций.

3. Оценивают опасность строительных материалов, используемых в конструкциях (горючесть Г, воспламеняемость В, распространение пламени РП, дымообразующая способность Д, токсичность Т), используя данные справочной литературы определяют область применения этих материалов (в конструкциях какого класса пожарной опасности разрешается использовать материалы).

4. Исходя из характеристики конструктивных элементов здания и пожарной опасности материалов строительных конструкций, по справочной технической литературе определяют фактические пределы огнестойкости конструкций и фактические классы пожарной опасности конструкций.

5. Фактические пределы огнестойкости строительных конструкций сравнивают с требуемыми пределами огнестойкости, а фактические классы пожарной опасности строительных конструкций – с допускаемыми классами опасности конструкций, после чего делают вывод о соответствии строительных конструкций требованиям пожарной безопасности.

### Вопросы для самоконтроля

1. Пожарно-техническая классификация строительных конструкций
2. Пределы огнестойкости строительных конструкций. Предельные состояния.
3. Предельные состояния по огнестойкости для отдельных конструкций. Обозначение предела огнестойкости.
4. Сущность огневых испытаний для определения предела огнестойкости конструкций
5. Пределы распространения огня по строительным конструкциям
6. Суть огневых испытаний для определения пределов распространения огня по строительным конструкциям
7. Класс пожарной опасности конструкций
8. Сущность огневых испытаний по определению класса пожарной опасности конструкций
9. Методика экспертизы строительных конструкций по старой пожарно-технической классификации
10. Методика экспертизы строительных конструкций по новой пожарно-технической классификации

### Список литературы

а) основная литература (библиотека СГАУ)

1. **Орлова, С. С.** Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре [Текст]: учебное пособие / С. С. Орлова, Т. А. Панкова, С. В. Затинацкий. – Саратов: издательство «Саратовский источник», 2015. – 130 с. – ISBN 978-5-91879-507-1

б) дополнительная литература

7. Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре [Текст]: учебник / Под ред. И.Л. Мосалкова. – М.: АГПС МЧС РФ, 2003.—656 с.
8. **Кошмаров, М.Ю.** и др. Критическая продолжительность пожара в помещениях при воспламенении горючей жидкости [Текст]: Монография / М.Ю.Кошмаров, Ю.Г.Абросимов, Е.Н. Иноземцева. – М.: АГПС МЧС РФ, 2007. – 143 с.
9. **Собурь, С.В.** Пожарная безопасность общественных и жилых зданий [Текст]: справочник / С.В. Собурь. – М.: АГПС МЧС РФ, 2003.— 82 с.
10. **Собурь, С.В.** Пожарная безопасность промпредприятий [Текст]: справочник. – М.: АГПС МЧС РФ, 2003.— 224 с.
11. **Собурь, С.В.** Пожарная безопасность складов [Текст]: Справочник / С.В. Собурь. – М.: АГПС МЧС РФ, 2003,—258 с.
12. Межгосударственный стандарт ГОСТ 31251-2003 "Конструкции строительные. Методы определения пожарной опасности. Стены наружные с внешней стороны"
13. СНиП 2.01.02-85\*. Противопожарные нормы.
14. СНиП 21.-01.-97\*. Противопожарная безопасность зданий и сооружений.

## Лекция 12

### ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

По старой пожарно-технической классификации нормативной характеристикой здания или сооружения являлась степень огнестойкости. Согласно новой - здания регламентируются по степеням огнестойкости, классам конструктивной пожарной опасности и классам функциональной пожарной опасности.

#### 12.1 Степени огнестойкости зданий и сооружений

Способность здания или сооружения в целом сопротивляться разрушению в условиях пожара характеризуется **степенью огнестойкости**. Степень огнестойкости это нормативная характеристика здания или сооружения.

По **старой классификации** здания и сооружения по огнестойкости подразделялись на 8 степеней: I, II, III, IIIа, IIIб, IV, IVа и V. К строительным конструкциям зданий I степени предъявлялись самые высокие требования по пределам огнестойкости и пределам распространения огня. Минимальные требования – к зданиям V степени, конструкции которых могли выполняться из горючих материалов.

По **новой классификации** здания и сооружения подразделяются на 5 степеней I, II, III, IV и V.

Различают фактическую и требуемую степени огнестойкости зданий. **Фактическая  $O_f$**  – это действительная степень огнестойкости запроектированного или построенного здания, определяемая по результатам пожарно-технической экспертизы строительных конструкций зданий и нормативным положениям. **Требуемая  $O_{тр}$**  – минимальная степень огнестойкости, которой должно обладать здание для удовлетворения требований пожарной безопасности, определяемая специализированными или отраслевыми нормативными документами с учетом назначения здания, этажности площади, вместимости, категории производства по взрывопожарной опасности, наличия автоматических установок пожаротушения и др.

#### 12.2 Классы конструктивной пожарной опасности

Класс конструктивной пожарной опасности здания (сооружения) определяется степенью участия строительных конструкций в развитии пожара и образовании его опасных факторов.

Имеется 4 класса конструктивной пожарной опасности: C0, C1, C2, C3. Он зависит от классов пожарной опасности основных несущих и ограждающих строительных конструкций: колонн, ригелей, ферм, стен, перегородок, перекрытий, покрытий, стен лестничных клеток, маршей и площадок лестниц, противопожарных преград. При этом пожарная опасность заполнения проемов в ограждающих конструкциях здания не нормируется, за исключением проемов в противопожарных преградах.

Здания и сооружения класса C0 являются лучшими с противопожарной точки зрения, т.к. все конструкции выполнены из негорючих материалов. В зданиях класса C1 допускается применять ряд конструкций из трудногорючих материалов. Большинству конструкций класса C3 (кроме конструктивных элементов лестниц, стен, лестничных клеток и противопожарных преград) вообще не предъявляются противопожарные требования.

### 12.3 Классы функциональной пожарной опасности

Здания и помещения по функциональной пожарной опасности подразделяются на классы в зависимости от способа их использования и от меры безопасности людей в случае возникновения пожара с учетом их возраста, физического состояния, сна или бодрствования, вида основного функционального контингента и его количества, т.е. определяется назначением здания.

Существует 5 классов:

**Класс Ф1** – здания и помещения, связанные с постоянным или временным проживанием людей

**Класс Ф2** – зрелищные и культурно-просветительные учреждения

**Класс Ф3** – предприятия по обслуживанию населения

**Класс Ф4** – учебные заведения, научные и проектные организации, учреждения управления

**Класс Ф5** – производственные и складские здания и помещения

Эта классификация позволяет основные противопожарные требования к различным зданиям и сооружениям сосредоточить в едином нормативном документе.

### ПОЖАРНАЯ НАГРУЗКА ЗДАНИЯ

К факторам, определяющим поведение строительных конструкций здания в условиях пожара относятся:

- степень нагружения конструкций и их элементов;
- вид и количество пожарной нагрузки, определяющий температурный режим, а также теплоту пожара;
- тепловая нагрузка на конструкцию;
- теплофизические и физико-механические характеристики материалов, из которых выполнены конструкции;
- условия нагрева и способы сочленения конструкций.

Пожарная нагрузка – это количество теплоты, выделяющейся при полном сгорании всех веществ и материалов (в том числе входящих в состав строительных конструкций), находящихся в помещении или поступающих в него. Пожарная нагрузка определяется на основе проектно-конструкторской документации, технологических карт, натурного обследования помещений эксплуатируемых зданий, данных по пожароопасным свойствам веществ и материалов, представленных в справочной литературе, специализированных банках данных и по результатам лабораторных и натуральных испытаний.

Для определения пожарной нагрузки в здании создается специальная комиссия, которая разрабатывает карту пожарной нагрузки. В ней должны быть указаны наименование, назначение и принадлежность здания; состав комиссии; перечень помещений и (или) пожароопасного участка с указанием размещения веществ и материалов; спецификация веществ и материалов в каждом помещении.

Для оценки пожарной нагрузки в здании необходимо составить перечень всех помещений, расположенных в здании и описание пожарной нагрузки в каждом из них.

Далее выполняют **расчет пожарной нагрузки** в рассматриваемом (*i*-том) помещении по формуле:

$$Q_i = Q_{\Gamma i} + Q_{B_i},$$

где  $Q_{\Gamma i}$  - **постоянная пожарная нагрузка**, создаваемая веществами и материалами, входящими в состав строительных конструкций, узлов крепления и сопряжений, а также отделочных и облицовочных материалов;

$Q_{Bi}$  - **временная пожарная нагрузка**, создаваемая веществами и материалами, входящими в состав сырья, оборудования, мебели, изделий и т.п., находящихся в помещении или поступающие в него.

Часть пожарной нагрузки, обусловленная веществами и материалами, расположенными на данном пожарном участке называется **локальной пожарной нагрузкой**.

**Расчетной пожарной нагрузкой** называется часть пожарной нагрузки, обусловленной веществами и материалами, сгоревшими в условиях пожара.

Значения постоянной и временной нагрузок определяется по формуле:

$$Q_{Pi} \text{ } Q_{Bi} \text{ } \approx \sum_{i=1}^n H_i M_i ,$$

где  $H_i$  – низшая теплота сгорания  $i$ -того вещества или материала, определяющая постоянную или временную пожарные нагрузки, МДж/кг;

$M_i$  – масса  $i$ -того вещества или материала, создающая постоянную или временную пожарные нагрузки, кг;

$n$  – число горючих веществ или материалов в  $i$ -том помещении, составляющих постоянную или временную пожарные нагрузки.

#### Вопросы для самоконтроля

1. Степени огнестойкости зданий и сооружений
2. Классы конструктивной пожарной опасности зданий
3. Классы функциональной пожарной опасности зданий и помещений
4. Пожарная нагрузка здания
5. Определение пожарной нагрузки здания
6. Карта пожарной нагрузки. Состав и содержание.
7. Расчетная пожарная нагрузка
8. Вид и количество пожарной нагрузки здания. Условия нагрева конструкций

#### Список литературы

а) основная литература (библиотека СГАУ)

1. **Орлова, С. С.** Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре [Текст]: учебное пособие / С. С. Орлова, Т. А. Панкова, С. В. Затицацкий. – Саратов: издательство «Саратовский источник», 2015. – 130 с. – ISBN 978-5-91879-507-1
2. **Орлова С. С.** Архитектурное проектирование зданий из железобетонных элементов с проверкой на огнестойкость. [Текст]: учебно-методическое пособие к курсовому проектированию и лабораторно-практическим занятиям / С.С. Орлова, Т.А. Панкова //, Издательский центр «Наука», Саратов, 2014 - 109 с. ISBN 978-5-9999-1991-5.

б) дополнительная литература

1. Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре [Текст]: учебник / Под ред. И.Л. Мосалкова. – М.: АГПС МЧС РФ, 2003.—656 с.
2. **Кошмаров, М.Ю.** и др. Критическая продолжительность пожара в помещениях при воспламенении горючей жидкости [Текст]: Монография / М.Ю.Кошмаров, Ю.Г.Абросимов, Е.Н. Иноземцева. – М.: АГПС МЧС РФ, 2007. – 143 с.
3. Межгосударственный стандарт ГОСТ 31251-2003 "Конструкции строительные. Методы определения пожарной опасности. Стены наружные с внешней стороны"
4. СНиП 2.01.02-85\*. Противопожарные нормы.
5. СНиП 21.-01.-97\*. Противопожарная безопасность зданий и сооружений.

## Лекция 13

# ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ РАСЧЕТА ОГНЕСТОЙКОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ.

### 13.1 Понятие предельного состояния конструкции.

Основным методом расчета строительных конструкций для условий эксплуатации и монтажа является метод предельных состояний. Суть его заключается в установлении для конструкций предельных состояний и предупреждение этих состояний.

**Предельным** называется такое **состояние** конструкции, при достижении которого она перестает удовлетворять предъявляемым к ней требованиям в процессе эксплуатации или монтажа, т.е. конструкция теряет способность сопротивляться внешним воздействиям или получает недопустимые деформации.

Различают предельные состояния первой и второй групп.

Предельные состояния **первой группы** включают состояния, которые ведут к потере несущей способности или к полной непригодности конструкции к условиям ее эксплуатации:

- общая теория устойчивости формы;
- потеря устойчивости положения;
- разрушения любого характера;
- переход в изменяемую систему;
- качественное изменение конфигурации;
- состояния, при которых возникает необходимость прекращения эксплуатации в результате текучести материала, его ползучести, а также чрезмерных сдвигов в соединениях.

Предельные состояния **второй группы** включают состояние наступление, которых затрудняет нормальную эксплуатацию конструкции или ведут к ее недолговечности:

- недопустимые перемещения;
- образование или раскрытие трещин.

Расчет конструкций по предельным состояниям первой группы выполняется на действие расчетных нагрузок, второй группы – на действие нормативных нагрузок.

### 13.2 Несущая способность конструкции в условиях пожара.

Несущая способность конструкции в условиях пожара – это свойство конструкции сохранять свои функции, воспринимая собственный вес, приложенные нормативные нагрузки, а также температурные усилия, возникающие в условиях огневого воздействия.

Для несущих конструкций (колонны, балки, фермы, арки, рамы) предельным состоянием по огнестойкости является только потеря их несущей способности. В зависимости от вида материала и характера работы конструкции предельное состояние по огнестойкости может наступить в результате хрупкого разрушения материала или за счет развития больших необратимых деформаций.

### 13.3 Сущность теплотехнической и статической частей расчета огнестойкости.

Суть расчета предела огнестойкости конструкций заключается в определении времени, по истечении которого в условиях высокотемпературного воздействия при пожаре наступает одно из предельных состояний.

Для конструкций, выполняющих одновременно несущие и ограждающие функции, необходимо определить время от начала пожара до наступления предельного состояния по несущей и теплоизолирующей способностям, а за предел огнестойкости принять минимальное из полученных значений.

Предел огнестойкости ограждающей конструкции в результате потерь ее целостности определяется только экспериментальным путем.

Расчет предела огнестойкости строительных конструкций состоит из двух частей: теплотехнической и статической (прочностной).

Решение **теплотехнической части** позволяет определить предел огнестойкости из условия наступления предельного состояния по теплоизолирующей способности, что характерно для ограждающих конструкций.

В **статической части** вычисляют несущую способность конструкций, нагреваемых при пожаре, с учетом изменения прочностных свойств материалов при высоких температурах.

**Схема расчета** предела огнестойкости конструкции по потере ее несущей способности:

1. задаются отдельными периодами времени нагрева конструкции  $\tau_1 \dots \tau_i$ ;
2. для заданных периодов времени теплотехническим расчетом определяют температуру в сечении конструкции;
3. статическим расчетом для этих же промежутков времени определяют несущую способность  $\Phi_{tem1} \dots \Phi_{temi}$  конструкции с учетом изменения прочностных характеристик материала;
4. строится график снижения несущей способности конструкции во времени,  $\Phi_{tem} - \tau$ ;
5. по графику определяется значение предела огнестойкости  $P_\phi$ , т.е. времени, при достижении которого несущая способность конструкции снизится до величины внутренних силовых факторов  $N_n$  ( $M_n$ )- усилие и изгибающий момент – от нормативной нагрузки.

### 13.4 Расчетные схемы определения предела огнестойкости строительных конструкций.

Возможность расчетной оценки времени наступления предельных состояний по огнестойкости можно представить в виде трех основных схем.

**Расчетная схема 1** используется для оценки предела огнестойкости по потере теплоизолирующей способности вертикальных и горизонтальных ограждающих конструкций (перегородки, плиты перекрытий, внутренние стены).

По этой схеме предел огнестойкости наступит в момент времени  $\tau = P_\phi$ , когда при заданных условиях высокотемпературного воздействия и теплофизических характеристиках материала температура на необогреваемой поверхности  $t_{nn}$ , изменяясь от начального значения  $t_n$  станет равной допустимому значению.

**Расчетная схема 2** используется для расчета предела огнестойкости незащищенных и защищенных металлических конструкций, а также железобетонных изгибаемых элементов. При этом решается задача по определению времени по истечению, которого на поверхности металлических конструкций или рабочей арматуры железобетонных конструкций установится критическая температура  $t_{cr}$ .

**Расчетная схема 3** используется для определения предела огнестойкости строительной конструкции по критической площади ее сечений, т.е. по потере несущей способности из-за уменьшения размеров расчетного сечения.

Она применяется для деревянных конструкций, размеры сечения которых уменьшаются в результате обугливания древесины и центрально-сжатых каменных и железобетонных конструкций.

**Сечение** при достижении которого, в результате действия температурного режима пожара наступает предельное состояние, называется **критическим**, а размеры этих сечений – критическими.

## **ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЯ И ЕГО КОНСТРУКЦИЙ ПОСЛЕ ПОЖАРА**

После пожара в здании проводится предварительное и детальное обследования.

Конструкции, получившие дефекты и повреждения по несущей способности и эксплуатационным свойствам могут быть отнесены к одному из следующих состояний:

**Состояние 1** – нормальное. Усилия в элементах и сечениях не превышают допустимых по расчету. Дефекты и повреждения, препятствующие нормальной эксплуатации или снижающие несущую способность или долговечность, отсутствуют.

**Состояние 2** – удовлетворительное. Конструкция по несущей способности и условиям эксплуатации соответствует состоянию 1, но имеются дефекты и повреждения, которые могут снизить долговечность конструкции. Необходимы мероприятия по защите конструкции.

**Состояние 3** – непригодное к нормальной эксплуатации. Конструкция перегружена или имеются дефекты и повреждения, свидетельствующие о снижении ее несущей способности. Однако на основании поверочных расчетов и анализа повреждения можно гарантировать ее сохранность на период усиления (в необходимых случаях с разгрузкой, установкой страховочных опор или принятием других мер безопасности).

**Состояние 4** – аварийное. То же, что и при состоянии 3, однако на основании поверочных расчетов и анализа дефектов и повреждений нельзя гарантировать сохранность конструкций на период усиления, особенно если возможен хрупкий характер разрушения. Необходимо не допускать людей в зоны возможного обрушения, провести немедленную разгрузку, устройство страховочных опор, ограждений и других мер безопасности.

Окончательные выводы о состоянии конструкции делают после анализа совокупности всех факторов.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Оценка состояния здания и его конструкций после пожара
2. Понятие предельного состояния конструкции
3. Общие принципы расчета огнестойкости строительных конструкций. Схема расчета.
4. Расчетные схемы определения предела огнестойкости строительной конструкции.

5. Сущность теплотехнической части расчета огнестойкости
6. Сущность статической части расчета огнестойкости

### Список литературы

#### а) основная литература (библиотека СГАУ)

1. **Орлова, С. С.** Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре [Текст]: учебное пособие / С. С. Орлова, Т. А. Панкова, С. В. Затицацкий. – Саратов: издательство «Саратовский источник», 2015. – 130 с. – ISBN 978-5-91879-507-1
2. **Орлова С. С.** Архитектурное проектирование зданий из железобетонных элементов с проверкой на огнестойкость. [Текст]: учебно-методическое пособие к курсовому проектированию и лабораторно-практическим занятиям / С.С. Орлова, Т.А. Панкова //, Издательский центр «Наука», Саратов, 2014 - 109 с. ISBN 978-5-9999-1991-5.

#### б) дополнительная литература

1. Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре [Текст]: учебник / Под ред. И.Л. Мосалкова. – М.: АГПС МЧС РФ, 2003.—656 с.
2. **Кошмаров, М.Ю.** и др. Критическая продолжительность пожара в помещениях при воспламенении горючей жидкости [Текст]: Монография / М.Ю.Кошмаров, Ю.Г.Абросимов, Е.Н. Иноземцева. – М.: АГПС МЧС РФ, 2007. – 143 с.
3. **Собурь, С.В.** Пожарная безопасность общественных и жилых зданий [Текст]: справочник / С.В. Собурь. – М.: АГПС МЧС РФ, 2003.— 82 с.
4. **Собурь, С.В.** Пожарная безопасность промпредприятий [Текст]: справочник. – М.: АГПС МЧС РФ, 2003.— 224 с.
5. **Собурь, С.В.** Пожарная безопасность складов [Текст]: Справочник / С.В. Собурь. – М.: АГПС МЧС РФ, 2003,—258 с.
6. Межгосударственный стандарт ГОСТ 31251-2003 "Конструкции строительные. Методы определения пожарной опасности. Стены наружные с внешней стороны"
7. СНиП 2.01.02-85\*. Противопожарные нормы.
8. СНиП 21.-01.-97\*. Противопожарная безопасность зданий и сооружений.

## Лекция 14

### ОГНЕСТОЙКОСТЬ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ.

#### 14.1 Поведение изгибаемых элементов в условиях пожара.

Наиболее распространенными изгибаемыми элементами являются плиты и балки, которые могут быть самостоятельными конструкциями или входить в состав сложных конструкций.

##### 14.1.1 Особенности поведения плит в условиях пожара

Плиты в зданиях выполняют одновременно ограждающие и несущие функции. В зависимости от места расположения плит для них будут различные предельные состояния по огнестойкости. Для плит покрытий предельным состоянием по огнестойкости является только потеря несущей способности ( $R$ ). Для плит перекрытий предельными состояниями могут быть  $R$  – по потере несущей способности,  $E$  – теплоизолирующей,  $I$  – по потере целостности.

Многочисленные испытания показали, что предельным состоянием огнестойкости для большинства плит перекрытий является предельное состояние по потере несущей способности, а другие предельные состояния не успевают полностью проявиться за кратковременный период действия пожара.

Поскольку в условиях пожара плиты подвергаются воздействию высокой температуры снизу, уменьшение их несущей способности происходит в основном за счет снижения прочности нагреваемой растянутой арматуры. Сжатые бетон и арматура нагреваются слабо.

##### 14.1.2 Особенности поведения балок в условиях пожара

Балочные конструкции в условиях пожара обогреваются с трех сторон. Кроме того отличительной особенностью балок по сравнению с плоскими конструкциями является наличие арматуры в сжатой зоне. При двух- и трехмерном потоке тепла сечения элементов прогреваются интенсивнее, чем при одномерном, особенно углы балок.

В статически определимых балках прогрев продольных арматурных стержней до критической температуры приводит к образованию пластического шарнира в сечении, где действует максимальный изгибающий момент, что и является причиной разрушения балки, т.е. наступления ее предела огнестойкости.

Статически неопределимые изгибаемые конструкции при нагреве снижают свою прочность за счет уменьшения прочности опорных и пролетных сечений. Прочность пролетных сечений уменьшается в результате нагревания растянутой арматуры. Снижение прочности опорных сечений происходит вследствие прогрева бетона и арматуры сжатой зоны до высоких температур.

## **14.2 Особенности поведения колонн в условиях пожара**

Поведение колонн в условиях пожара зависит от схемы обогрева, размеров поперечного сечения, величины эксцентриситета приложения нагрузки, вида армирования, защитного слоя бетона.

В процессе пожара по сечению колонн наблюдается перепад температур порядка 800-1000°C с наименьшей температурой в центре сечения. Неравномерность прогрева вызывает перераспределение напряжений по сечению колонны. Температурные напряжения возрастают при увеличении температурного перепада между средней частью сечения колонны и поверхностью ее обогрева (20-30 мин). В начальный период обогрева наблюдается удлинение колонн. Дальнейшее развитие пожара приводит к прогреву защитного слоя бетона до 600-800°C. После 1-1,5 часа огневого воздействия колонны начинают укорачиваться. Спустя 2-3 часа высота нагретых колонн примерно равна их высоте в нагруженном состоянии до пожара. Нагруженные слои бетона и рабочая арматура, нагретые до температуры выше 600°C, теряют прочность и в дальнейшей работе практически участия не принимают. Колонна ведет себя аналогично бетонной, т.е. укорачивается с возрастающей скоростью до момента обрушения.

## **14.3 Предварительно напряженные ж/б конструкции и их поведение в условиях пожара**

Предварительно напряженными называют ж/б конструкции, в которых до приложения эксплуатационных нагрузок, в процессе изготовления искусственно создаются значительные сжимающие напряжения в бетоне и растягивающие в арматуре.

Предварительно напряженные элементы имеют меньшие поперечные сечения, чем элементы из обычного бетона, вследствие чего они нагреваются быстрее.

Напрягаемая арматура работает при значительно больших усилиях, чем арматура обычного ж/б, поэтому критическая температура для нее меньше (хотя защитный слой бетона больше).

При огневом воздействии происходят дополнительные потери предварительного напряжения арматуры; бетон на уровне продольной арматуры интенсивно прогревается и происходит температурная усадка бетона.

Потери предварительного напряжения в арматуре от разности температурных деформаций бетона и арматуры учитываются только при нагреве, т.к. при остывании эти деформации обратимы.

## **14.4 Поведение в условиях пожара несущих и самонесущих стен**

Несущая способность подобных конструкций в условиях пожара определяется не столько прочностными характеристиками бетона и стали, сколько деформацией элемента. Конструкция из центрально-сжатой превращается во внецентренно-сжатую с увеличивающимся во времени эксцентриситетом. Значение и направление прогиба зависят от гибкости элемента, способа опирания его концов, нагрузки перепада температуры по сечению стены и упруго-пластических свойств материалов.

При одностороннем огневом воздействии разрушение стен происходит по одной из трех основных схем.

1. С необратимым развитием прогиба в сторону обогреваемой поверхности стены и ее разрушением в середине высоты по нагретой арматуре или «холодному» бетону. Эта схема характерна для гибких стен, у которых гибкость

$$\lambda = \frac{l_0}{h} > 16,$$

где  $l_0$  – расчетная высота стены;  
 $h$  – толщина стены.

2. С прогибом элемента вначале в сторону обогрева, а на конечной стадии – в противоположную, с разрушением в середине высоты сечения по нагретому бетону или «холодной» растянутой арматуре.

3. С переменной направления прогиба, как во второй схеме, но разрушение стены происходит в приопорных зонах по бетону «холодной» поверхности или наклонным сечениям.

2 и 3 схемы характерны для стен с гибкостью  $\lambda < 16$  и платформенным опиранием.

При двустороннем нагревании стен (межкомнатные стены) конструкция работает на «центральное» сжатие и поэтому предел ее огнестойкости не ниже, чем в случае одностороннего обогрева.

Огнестойкость несущих и самонесущих панелей нормируется в зависимости от конструктивного исполнения, толщины или наименьшего размера сечения и степени нагруженности.

#### **14.5 Конструктивные способы повышения огнестойкости ж/б конструкций**

Способы:

- увеличение толщины защитного слоя бетона;
- применение теплоизолирующих покрытий и специальных бетонов;
- применение арматурной стали с более высокой критической температурой;
- обоснованное увеличение в процессе проектирования сечений элементов конструкций;
- изменение статической схемы элемента;
- изменение условий обогрева и т.д.

#### **Вопросы для самоконтроля**

1. Особенности поведения железобетонных плит в условиях пожара
2. Поведение сплошных и многопустотных железобетонных плит в условиях пожара
3. Поведение тонкостенных элементов железобетонных плит в условиях пожара
4. Особенности поведения железобетонных балок в условиях пожара
5. Особенности поведения железобетонных колонн в условиях пожара
6. Особенности поведения предварительно напряженных железобетонных конструкций в условиях пожара
7. Поведение несущих и самонесущих стен в условиях пожара
8. Конструктивные способы повышения огнестойкости железобетонных конструкций

## Список литературы

### а) основная литература (библиотека СГАУ)

1. **Орлова, С. С.** Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре [Текст]: учебное пособие / С. С. Орлова, Т. А. Панкова, С. В. Затицацкий. – Саратов: издательство «Саратовский источник», 2015. – 130 с. – ISBN 978-5-91879-507-1
2. **Орлова С. С.** Архитектурное проектирование зданий из железобетонных элементов с проверкой на огнестойкость. [Текст]: учебно-методическое пособие к курсовому проектированию и лабораторно-практическим занятиям / С.С. Орлова, Т.А. Панкова //, Издательский центр «Наука», Саратов, 2014 - 109 с. ISBN 978-5-9999-1991-5.

### б) дополнительная литература

1. Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре [Текст]: учебник / Под ред. И.Л. Мосалкова. – М.: АГПС МЧС РФ, 2003.—656 с.
2. **Кошмаров, М.Ю.** и др. Критическая продолжительность пожара в помещениях при воспламенении горючей жидкости [Текст]: Монография / М.Ю.Кошмаров, Ю.Г.Абросимов, Е.Н. Иноземцева. – М.: АГПС МЧС РФ, 2007. – 143 с.
3. **Собурь, С.В.** Пожарная безопасность общественных и жилых зданий [Текст]: справочник / С.В. Собурь. – М.: АГПС МЧС РФ, 2003.— 82 с.
4. **Собурь, С.В.** Пожарная безопасность промпредприятий [Текст]: справочник. – М.: АГПС МЧС РФ, 2003.— 224 с.
5. **Собурь, С.В.** Пожарная безопасность складов [Текст]: Справочник / С.В. Собурь. – М.: АГПС МЧС РФ, 2003,—258 с.
6. Межгосударственный стандарт ГОСТ 31251-2003 "Конструкции строительные. Методы определения пожарной опасности. Стены наружные с внешней стороны"
7. СНиП 2.01.02-85\*. Противопожарные нормы.
8. СНиП 21.-01.-97\*. Противопожарная безопасность зданий и сооружений.

## Лекция 15

### ОГНЕСТОЙКОСТЬ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

Хотя металлические конструкции выполнены из негоряемого материала, фактический предел их огнестойкости в среднем составляет 15 мин. Это объясняется достаточно быстрым снижением прочностных и деформационных характеристик металла при повышенных температурах в условиях пожара. Обрушившиеся или получившие большой прогиб металлические конструкции вызывают порчу оборудования, сырья, готовой продукции и затрудняют решение вопросов эвакуации и тушения пожара.

Степень нагрева металлической конструкции при пожаре зависит от размеров ее элементов и величины поверхности их обогрева. При увеличении объема металла и уменьшении поверхности его обогрева температура элемента снижается.

#### 15.1 Поведение металлических конструкций в условиях пожара.

##### 15.1.1 Ограждающие конструкции

Наибольшую опасность при пожаре представляют собой утепленные ограждающие конструкции.

Анализ пожаров в производственных зданиях с применением таких ограждающих конструкций показал, что покрытия выгорали на значительных площадях (десятки тысяч м<sup>2</sup>) за 20-25 мин. Особенно интенсивно развивался пожар на кровле при возникновении очага пожара внутри здания. Распространению огня по кровельным ограждающим конструкциям способствует применение рулонных гидроизоляционных материалов на битумной основе. При среднеобъемной температуре 280°С температура под профилированным настилом достигает 380°С. При такой температуре наблюдается плавление и воспламенение полимерного утеплителя, его интенсивное горение с выделением токсичных продуктов. Быстрый рост температуры приводит к обрушению покрытия уже через 7 мин после загорания кровли. Наиболее быстро воспламеняются участки кровли, примыкающие к стенам здания, что способствует быстрому распространению пламени (до 20 м/мин) по всему покрытию.

Обрушение ограждающих конструкций при пожаре происходит за счет исчерпания несущей способности ее несущих элементов, а также соединений элементов конструкций между собой и с несущими конструкциями покрытия или каркаса здания.

##### 15.1.2 Балки

При действии на балку высоких температур при пожаре даже на ограниченную часть ее поверхности, сечение конструкции быстро прогревается до одинаковой температуры. При этом снижается предел текучести и модуль упругости стали. Обрушение прокатных балок наблюдается в сечении, где действует максимальный изгибающий момент. Разрушение конструкции может наблюдаться в сварных, болтовых или заклепочных соединениях элементов составного сечения от действия сдвигающих усилий.

Условия опирания балки также влияет на значение ее предела огнестойкости. Заделка стальной балки в железобетонные или каменные стены стесняет температурные деформации вдоль ее длины.

### **15.1.3 Фермы**

Воздействие температуры пожара на ферму приводит к потере несущей способности ее элементов и соединений этих элементов. При расчете фермы соединения ее элементов между собой рассматриваются как шарнирные, поэтому ферма считается статически определимой конструкцией. Поэтому потеря несущей способности хотя бы одним элементом приводит к отказу при пожаре всей конструкции.

### **15.1.4 Колонны**

Исчерпание несущей способности стальных колонн, находящихся в условиях пожара, может наступить в результате потери: прочности стержнем конструкции; прочности или устойчивости элементами соединительной решетки, а также узлов креплений этих элементов к ветвям колонны; устойчивости отдельными ветвями на участках между узлами соединительной решетки в колоннах сквозных сечений; местной устойчивости стенки и свесов сжатых полок колонны составного двутаврового сечения; общей устойчивости колонны.

Колонны являются элементами плоских рам или пространственного каркаса, шарнирно или жестко соединенных с опирающимися на них конструкциями. В случае жестких соединений колонны с ригелем, ее работа зависит от поведения конструкции ригеля при пожаре.

### **15.1.5 Арки и рамы**

Поведение в условиях пожара арок и рам зависит от статической схемы работы конструкции, а также конструкции сечения их элементов. Работа в условиях высоких температур сплошных составных сечений аналогична работе таких же сечений стальных балок и колонн, а сквозных сечений – работе ферм и сквозных колонн. Разрушение арок и рам может наступить из-за потери несущей способности опорных и конькового узлов, а потеря устойчивости элементов из плоскости конструкции – из-за обрушения связей.

### **15.1.6 Структурные конструкции**

Элементы структурных конструкций, работающие на растяжение или сжатие, имеют небольшие сечения и поэтому быстро нагреваются в условиях пожара. Однако эти конструкции менее чувствительны к повреждениям, т.е. выход одного или нескольких элементов не приводит к обрушению всей конструкции.

### **15.1.7 Мембранные покрытия**

Мембраны, относятся к конструкциям, у которых при нагреве происходит уменьшение усилий до  $1/10 - 1/15$  ее пролета в результате температурного расширения

и температурной деформации ползучести стали. Поэтому огнестойкость стальной мембраны составляет 0,75-1 ч. Наиболее уязвимым элементом мембранного покрытия является его опорный контур. Прогиб мембраны, образовавшийся во время нагрева, является в большей части необратимым, т.е. после охлаждения конструкции он практически не исчезает.

## 15.2 Огнезащита металлических конструкций

Наиболее надежными способами огнезащиты в настоящее время являются: облицовки из негорючих материалов; огнезащитные покрытия; подвесные потолки.

В качестве облицовочных материалов используются бетон, кирпич, гипсокартонные листы, другие плитные и листовые изделия, а также различные типы штукатурки.

Применение **бетонной защиты** наиболее рационально в том случае, когда одновременно производится усиление ригелей, колонн и стоек. Обетонирование производят после прикрепления к колонне армирующей сетки.

**Кирпичную облицовку** наиболее часто применяют для повышения предела огнестойкости колонн и стоек. Кладку выполняют из глиняного обыкновенного или силикатного кирпича на цементно-песчанном растворе марки не ниже 50.

Наиболее перспективные **облицовки из теплоизоляционных плит** на основе перлита, вермикулита и цемента, асбестоperlитоцементных и полужестких минераловатных плит.

В настоящее время разработана огнезащитная **облицовка из гипсокартонных листов** (ГКЛ). Их применяют для многоэтажных зданий и сооружений со стальным несущим каркасом, с междуэтажными перекрытиями из сборных железобетонных плит или монолита.

Традиционным видом огнезащитного покрытия является **цементно-песчаная штукатурка**. Она рекомендуется для защиты колонн, ригелей, элементов связей, узлов сопряжения между элементами.

Стремление снизить массу огнезащитной облицовки привело к разработке **легких штукатурок и покрытий** на основе асбеста, перлита, вермикулита, фосфатных соединений и др. материалов. Эти материалы имеют малую плотность (200-6000 кг/м<sup>3</sup>) и поэтому низкую теплопроводность. В случае пожара они не выделяют дыма и токсичных продуктов.

Одним из перспективных способов огнезащиты являются **высокоэффективные покрытия**, которые наносят на поверхность конструкции сравнительно тонким слоем. Эти покрытия могут быть невспучивающимися и вспучивающимися. Невспучивающиеся: состав ОФП-МВ (ГОСТ 25665-83), в состав которого входит гранулированная минеральная вата; облегченное покрытие марки ОПВ-180 (ВСН 113-84), в состав которого входят гипсоцементное пуццолановое вяжущее.

Вспучивающиеся покрытия ОЗС-МВ (ГОСТ 9980.1-86Е), ОВПФ-Л, «Экран-М», представляют собой композиционные материалы, включающие полимерное вяжущее и наполнители.

**Огнестойкие подвесные потолки** целесообразны для огнезащиты ферм и структур. Устройство подвесного потолка более надежно, так как между потолком и конструкцией создается воздушный зазор, который дополнительно повышает ее предел огнестойкости.

В качестве огнезащиты металлических конструкций можно применять водяное охлаждение этих конструкций: вода может подаваться непосредственно на поверхность конструкции, или заполняться водой (если конструкция выполнена из элементов полого сечения – трубы), для охлаждения при пожаре.

### Вопросы для самоконтроля

1. Поведение металлических конструкций в условиях пожара
2. Поведение утепленных ограждающих конструкций в условиях пожара
3. Поведение металлических балок и ферм в условиях пожара
4. Поведение металлических колонн, арок и рам в условиях пожара
5. Огнезащита металлических конструкций
6. Поведение структурных конструкций в условиях пожара
7. Поведение мембранных покрытий в условиях пожара

### Список литературы

а) основная литература (библиотека СГАУ)

1. **Орлова, С. С.** Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре [Текст]: учебное пособие / С. С. Орлова, Т. А. Панкова, С. В. Загинацкий. – Саратов: издательство «Саратовский источник», 2015. – 130 с. – ISBN 978-5-91879-507-1

б) дополнительная литература

9. Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре [Текст]: учебник / Под ред. И.Л. Мосалкова. – М.: АГПС МЧС РФ, 2003.—656 с.
10. **Кошмаров, М.Ю.** и др. Критическая продолжительность пожара в помещениях при воспламенении горючей жидкости [Текст]: Монография / М.Ю.Кошмаров, Ю.Г.Абросимов, Е.Н. Иноземцева. – М.: АГПС МЧС РФ, 2007. – 143 с.
11. **Собурь, С.В.** Пожарная безопасность общественных и жилых зданий [Текст]: справочник / С.В. Собурь. – М.: АГПС МЧС РФ, 2003.— 82 с.
12. **Собурь, С.В.** Пожарная безопасность промпредприятий [Текст]: справочник. – М.: АГПС МЧС РФ, 2003.— 224 с.
13. **Собурь, С.В.** Пожарная безопасность складов [Текст]: Справочник / С.В. Собурь. – М.: АГПС МЧС РФ, 2003,—258 с.
14. Межгосударственный стандарт ГОСТ 31251-2003 "Конструкции строительные. Методы определения пожарной опасности. Стены наружные с внешней стороны"
15. СНиП 2.01.02-85\*. Противопожарные нормы.
16. СНиП 21.-01.-97\*. Противопожарная безопасность зданий и сооружений.

## Лекция 16

### ОГНЕСТОЙКОСТЬ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ.

Для производства деревянных конструкций используется в основном древесина сосны или ели, а клефанерные конструкции изготавливаются с применением водостойкой фанеры, выполненной из березового шпона. К ограждающим деревянным конструкциям относятся плиты покрытий и панели стен. К несущим конструкциям относятся: клееные и клефанерные балки с постоянной или переменной высотой сечения, металлодеревянные фермы, распорные плоскостные конструкции - арки и рамы, пространственные конструкции – сводчатые и купольные покрытия.

Т.к. древесина является горючим материалом, то применение деревянных конструкций увеличивает пожарную нагрузку в здании, а распространение огня по конструкциям способствует увеличению очага пожара, что затрудняет организацию его тушения и эвакуацию людей.

В условиях пожара снижение несущей способности деревянных конструкций определяется снижением несущей способности их деревянных элементов и узловых соединений этих элементов. Снижение несущей способности элементов происходит из-за обугливания древесины, что приводит к уменьшению рабочего сечения их элементов, способного воспринимать нагрузки, а также из-за изменения прочности древесины в необугливающейся части сечения.

#### 16.1 Поведение деревянных конструкций в условиях пожара.

##### 16.1.1 Ограждающие конструкции

Одной из причин обрушения ограждающих конструкций при огневом воздействии является быстрый прогрев несущих ребер деревянного каркаса. В утепленных панелях несущие ребра частично закрываются утеплителем, защищающим их от непосредственного воздействия температуры при пожаре. В клефанерных утепленных конструкциях нижняя фанерная обшивка толщиной 8 мм прогорает через 7-8 минут, что способствует выпадению утеплителя, защищающего несущие ребра этих конструкций. То же самое наблюдается в плитах покрытия с асбестоцементными обшивками: асбестоцемент – негорючий материал, но при пожаре может взрывообразно терять целостность (особенно в зданиях с повышенной влажностью).

Наличие продухов в утепленных ограждающих конструкциях способствует распространению огня в здании и увеличению размеров очага пожара, что затрудняет его тушение.

##### 16.1.2 Балки

Причиной обрушения деревянных элементов конструкций во время пожара является обугливание части сечения. Огневые испытания показали, что балки могут разрушаться не только в сечении, где действуют максимальные напряжения от изгиба, но и в опорных зонах, где наблюдается действие максимальных касательных напряжений.

При соотношении размеров поперечного сечения  $h/b > 6$  в условиях пожара может наблюдаться потеря плоской формы устойчивости балки, опасность которой

возрастает с обрушением стальных или деревянных элементов связей, а также из-за обрушения ограждающих конструкций. Несущая способность армированных балок при пожаре меньше, чем у неармированных. Это объясняется низкой термостойкостью эпоксидных клеев при прогреве их до температуры 80-100°C. С учетом защитного слоя древесины толщиной 20-40 мм прогрев клеевого шва в армированных балках до критической температуры происходит через 20-25 мин после начала действия «стандартного» пожара.

Обрушение балок может произойти за счет исчерпания несущей способности растянутого нижнего пояса, разрушения клеевого шва, крепящего деревянный пояс к фанерной стенке, а также выхода из строя самой фанерной стенки.

Наличие пустот в балках коробчатого сечения способствуют распространению огня по конструкциям.

### **16.1.3 Фермы**

Достоинством ферм, по сравнению с балками, является более рациональное распределение материала в виде поясов и элементов решетки, что способствует снижению материалоемкости этих конструкций, но увеличивает трудоемкость производства.

Из-за небольших размеров сечений деревянных и стальных элементов, а также большого количества узлов с применением стальных нагелей и стальных соединительных элементов, металлодеревянные фермы имеют низкий предел огнестойкости. При этом в первую очередь, во время пожара разрушаются стальные элементы, а деревянные – способствуют распространению огня по конструкции.

### **16.1.4 Арки и рамы**

Предел огнестойкости арок и рам выше, чем у ферм, что объясняется более мощными размерами сечения их элементов. Исчерпание несущей способности этих конструкций при огневом воздействии может наступить из-за потери прочности клееных элементов в сечениях, где действует максимальный изгибающий момент, а также за счет потери устойчивости плоской формы сечений в результате обрушения связей или элементов ограждения, выполняющих роль связей. Также отказ арок и рам может произойти из-за потери несущей способности узлов.

В условиях пожара более опасными являются арки, в которых распор воспринимается стальной затяжкой обладающей низким пределом огнестойкости.

## **16.2 Огнезащита элементов деревянных конструкций и их узлов**

Пожарная опасность деревянных конструкций может быть снижена в результате их огнезащитной обработки пропиточными и окрасочными составами, а также использования защитных конструктивных мероприятий.

Для глубокой пропитки древесины в автоклавах применяются водорастворимые составы.

В качестве окрасочных составов применяют покрытия на основе эмали и органосиликатных композиций.

Глубокая пропитка применяется только для элементов конструкций из цельной древесины. Клееные элементы обрабатываются окрасочными составами и составами для поверхностной пропитки.

Для уменьшения возможных размеров пожара в зданиях в вентилируемых ограждающих конструкциях должно быть предусмотрено устройство противопожарных диафрагм из негоряемых или трудногоряемых материалов.

Если позволяют условия эксплуатации внутренних помещений здания, более эффективной защитой клееных, клеефанерных балок и металлодеревянных ферм служит подвесной потолок, выполненный из негорючих или трудногорючих материалов.

Огнезащита поверхностей арок и рам выполняется аналогично балкам.

Наиболее опасными в пожарном отношении являются узлы соединения элементов, поэтому они должны быть обработаны огнезащитными составами. Несущая способность узлов может быть увеличена за счет применения защитных накладок из горючих (Г1 и Г2) или негорючих материалов

Термостойкость клеев, применяемых при изготовлении клееных конструкций, может быть повышена за счет введения в их состав различных добавок типа асбеста, тикола, вибромолотого песка.

### Вопросы для самоконтроля

1. Огнестойкость деревянных конструкций
2. Поведение деревянных ограждающих конструкций
3. Поведение деревянных балок
4. Поведение деревянных ферм
5. Поведение деревянных арок и рам
6. Огнезащита деревянных конструкций
7. Соединения деревянных конструкций и их надежность при нагреве

### Список литературы

а) основная литература (библиотека СГАУ)

1. **Орлова, С. С.** Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре [Текст]: учебное пособие / С. С. Орлова, Т. А. Панкова, С. В. Затинацкий. – Саратов: издательство «Саратовский источник», 2015. – 130 с. – ISBN 978-5-91879-507-1

б) дополнительная литература

1. Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре [Текст]: учебник / Под ред. И.Л. Мосалкова. – М.: АГПС МЧС РФ, 2003.—656 с.
2. **Кошмаров, М.Ю.** и др. Критическая продолжительность пожара в помещениях при воспламенении горючей жидкости [Текст]: Монография / М.Ю.Кошмаров, Ю.Г.Абросимов, Е.Н. Иноземцева. – М.: АГПС МЧС РФ, 2007. – 143 с.
3. **Собурь, С.В.** Пожарная безопасность общественных и жилых зданий [Текст]: справочник / С.В. Собурь. – М.: АГПС МЧС РФ, 2003.— 82 с.
4. **Собурь, С.В.** Пожарная безопасность промпредприятий [Текст]: справочник. – М.: АГПС МЧС РФ, 2003.— 224 с.
5. **Собурь, С.В.** Пожарная безопасность складов [Текст]: Справочник / С.В. Собурь. – М.: АГПС МЧС РФ, 2003,—258 с.
6. Межгосударственный стандарт ГОСТ 31251-2003 "Конструкции строительные. Методы определения пожарной опасности. Стены наружные с внешней стороны"
7. СНиП 2.01.02-85\*. Противопожарные нормы.
8. СНиП 21.-01.-97\*. Противопожарная безопасность зданий и сооружений.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Дятков, А.П.** Архитектура промышленных зданий [Текст]: учебник / С.В. Дятков, А. П. Михеев. – М.: изд-во АСВ, 2010. 550 с.
2. **Дыховичный, Ю.А.** Архитектурные конструкции. Кн.2. Архитектурные конструкции многоэтажных зданий [Текст]: учебное пособие. / Ю. А. Дыховичный, З. А. Казбек-Казиев, Р. И. Даумова и др. – М.: Архитектура-С, 2012. – 247 с.
3. **Дыховичный, Ю.А.** Архитектурные конструкции. Кн.1: Архитектурные конструкции малоэтажных жилых зданий [Текст]: учебное пособие. / Ю. А. Дыховичный, З. А. Казбек-Казиев, А. Б. Марцинчик и др. – М.: Архитектура-С, 2012. – 246 с.
4. **Вильчик, Н.Г.** Архитектура зданий [Текст]: учебник / Н.Г. Вильчик. 2-е изд. перер. и доп. – М.: ИНФРА-М, 2012. – 319 с.
5. Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре [Текст]: учебник / Под ред. И.Л. Мосалкова. – М.: АГПС МЧС РФ, 2003.—656 с.
6. **Кошмаров, М.Ю.** и др. Критическая продолжительность пожара в помещениях при воспламенении горючей жидкости [Текст]: Монография / М.Ю.Кошмаров, Ю.Г.Абросимов, Е.Н. Иноземцева. – М.: АГПС МЧС РФ, 2007. – 143 с.
7. **Орлова, С.С.** Архитектура промышленных зданий [Текст]: учебное пособие / С.С. Орлова, Т.А. Панкова, Т.И. Болуто. – Саратов: изд-во «Саратовский источник», 2011. – 200 с., ил. – ISBN 978-5-91879-119-6.
8. **Орлова, С. С.** Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре [Текст]: учебное пособие / С. С. Орлова, Т. А. Панкова, С. В. Затинаяцкий. – Саратов: издательство «Саратовский источник», 2015. – 130 с. – ISBN 978-5-91879-507-1
9. **Орлова, С. С.** Архитектурное проектирование зданий из железобетонных элементов с проверкой на огнестойкость. [Текст]: учебно-методическое пособие к курсовому проектированию и лабораторно-практическим занятиям / С.С. Орлова, Т.А. Панкова //, Издательский центр «Наука», Саратов, 2014 - 109 с. ISBN 978-5-9999-1991-5.
10. **Собурь, С.В.** Пожарная безопасность общественных и жилых зданий [Текст]: справочник / С.В. Собурь. – М.: АГПС МЧС РФ, 2003.— 82 с.
11. **Собурь, С.В.** Пожарная безопасность промпредприятий [Текст]: справочник. – М.: АГПС МЧС РФ, 2003.— 224 с.
12. **Собурь, С.В.** Пожарная безопасность складов [Текст]: Справочник / С.В. Собурь. – М.: АГПС МЧС РФ, 2003,—258 с.
13. Межгосударственный стандарт ГОСТ 30244-94 "Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть"
14. Межгосударственный стандарт ГОСТ 31251-2003 "Конструкции строительные. Методы определения пожарной опасности. Стены наружные с внешней стороны"
15. Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г. N 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".
16. СНиП 2.09.02-85\*. Производственные здания.- М.,1991.
17. СНиП 2.09.04-87\* Административные и бытовые здания.- М.,1995.
18. СНиП 21.-01.-97\*. Противопожарная безопасность зданий и сооружений.

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Введение</b> .....                                                          | 3  |
| <b>Лекция 1 Общие сведения о зданиях и сооружениях</b> .....                   | 4  |
| 1.1 Требования, предъявляемые к зданиям.....                                   | 4  |
| 1.2 Классификации зданий.....                                                  | 4  |
| 1.2.1 Классификация по назначению.....                                         | 4  |
| 1.2.2 Классификация по этажности.....                                          | 5  |
| 1.2.3 Классификация по степени распространения.....                            | 5  |
| 1.2.4 Классификация по капитальности.....                                      | 5  |
| 1.2.5 Классификация по долговечности.....                                      | 5  |
| 1.2.6 Классификация по огнестойкости.....                                      | 5  |
| 1.2.7 Классификация по взрывопожарной и пожарной опасности.....                | 6  |
| 1.3 Типизация, унификация и стандартизация в строительстве.....                | 6  |
| 1.4 Единая модульная система.....                                              | 6  |
| Вопросы для самоконтроля.....                                                  | 7  |
| Список литературы.....                                                         | 7  |
| <b>Лекция 2 Объемно-планировочные решения зданий</b> .....                     | 8  |
| 2.1 Общие принципы объемно-планировочных решений зданий.....                   | 8  |
| 2.2 Особенности объемно-планировочных решений гражданских зданий.....          | 8  |
| 2.2.1 Жилые здания.....                                                        | 8  |
| 2.2.2 Общественные здания.....                                                 | 9  |
| 2.3 Особенности объемно-планировочных решений производственных зданий.....     | 10 |
| 2.3.1 Одноэтажные промышленные здания.....                                     | 10 |
| 2.3.2 Многоэтажные промышленные здания.....                                    | 10 |
| 2.4 Особенности объемно-планировочных решений сельскохозяйственных зданий..... | 11 |
| Вопросы для самоконтроля.....                                                  | 11 |
| Список литературы.....                                                         | 12 |
| <b>Лекция 3 Конструктивные системы и схемы зданий</b> .....                    | 13 |
| 3.1 Конструктивные системы и их элементы.....                                  | 13 |
| 3.2 Основные конструктивные системы.....                                       | 13 |
| 3.2.1 Бескаркасная (стенная) конструктивная система.....                       | 13 |
| 3.2.2 Каркасная конструктивная система.....                                    | 14 |
| 3.2.3 Объемно-блочная конструктивная система.....                              | 14 |
| 3.2.4 Ствольная конструктивная система.....                                    | 14 |
| 3.2.5 Оболочковая конструктивная система.....                                  | 14 |
| Вопросы для самоконтроля.....                                                  | 15 |
| Список литературы.....                                                         | 15 |
| <b>Лекция 4 Конструктивные системы и схемы зданий</b> .....                    | 16 |
| 4.1 Комбинированные и смешанные конструктивные системы.....                    | 16 |
| 4.1.1 Система с неполным каркасом.....                                         | 16 |
| 4.1.2 Каркасно-связевая система.....                                           | 16 |
| 4.1.3 Каркасно-ствольная система.....                                          | 16 |
| 4.2 Нагрузки и воздействия на здание.....                                      | 16 |
| <b>Несущие каркасы</b> .....                                                   | 17 |
| 4.3 Металлические каркасы.....                                                 | 17 |

|                                                                                        |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.4 Деревянные каркасы.....                                                            | 18        |
| Вопросы для самоконтроля.....                                                          | 19        |
| Список литературы.....                                                                 | 19        |
| <b>Лекция 5 Несущие каркасы.....</b>                                                   | <b>20</b> |
| 5.1 Железобетонные каркасы.....                                                        | 20        |
| 5.1.1 Стоечно-балочный каркас.....                                                     | 20        |
| 5.1.2 Безбалочный каркас.....                                                          | 20        |
| 5.1.3 Каркас с межферменными этажами.....                                              | 20        |
| 5.1.4 Одноэтажные железобетонные каркасы .....                                         | 21        |
| Вопросы для самоконтроля.....                                                          | 21        |
| Список литературы.....                                                                 | 22        |
| <b>Лекция 6 Основные элементы зданий.....</b>                                          | <b>23</b> |
| 6.1 Основания и фундаменты.....                                                        | 23        |
| 6.2 Отдельные опоры каркаса.....                                                       | 24        |
| 6.3 Наружные и внутренние стены.....                                                   | 24        |
| 6.3.1 Классификация стен.....                                                          | 24        |
| 6.3.2 Архитектурно-конструктивные элементы стен.....                                   | 25        |
| Вопросы для самоконтроля.....                                                          | 26        |
| Список литературы.....                                                                 | 26        |
| <b>Лекция 7 Основные элементы зданий.....</b>                                          | <b>27</b> |
| 7.1 Перекрытия.....                                                                    | 27        |
| 7.2 Покрытия и крыши.....                                                              | 27        |
| 7.3 Фонари.....                                                                        | 28        |
| 7.4 Лестницы и лестничные клетки.....                                                  | 29        |
| 7.4.1 Лестницы для эвакуации.....                                                      | 29        |
| 7.4.2 Пожарные лестницы.....                                                           | 29        |
| Вопросы для самоконтроля.....                                                          | 30        |
| Список литературы.....                                                                 | 30        |
| <b>Лекция 8 Основные элементы зданий.....</b>                                          | <b>31</b> |
| 8.1 Полы.....                                                                          | 31        |
| 8.1.1 Основные конструктивные элементы полов.....                                      | 31        |
| 8.1.2 Полы со сплошным покрытием.....                                                  | 32        |
| 8.1.3 Полы из штучных материалов.....                                                  | 32        |
| 8.2 Окна и их конструктивные решения.....                                              | 33        |
| 8.3 Ворота и двери. Их виды и конструктивные решения.....                              | 33        |
| Вопросы для самоконтроля.....                                                          | 34        |
| Список литературы.....                                                                 | 34        |
| <b>Лекция 9 Пожарная опасность строительных материалов.....</b>                        | <b>35</b> |
| 9.1 Особенности поведения природных каменных материалов в условиях пожара.....         | 35        |
| 9.2 Особенности поведения искусственных каменных материалов при нагревании.....        | 35        |
| 9.3 Поведение металлов и сплавов в условиях пожара.....                                | 37        |
| Вопросы для самоконтроля.....                                                          | 38        |
| Список литературы.....                                                                 | 38        |
| <b>Лекция 10 Пожарная опасность строительных материалов.....</b>                       | <b>39</b> |
| 10.1 Древесина и ее пожарная опасность.....                                            | 39        |
| 10.1.1 Поведение древесины и материалов из нее при нагревании и в условиях пожара..... | 39        |

|                                                                                                         |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 10.1.2 Защита древесины от возгорания.....                                                              | 39        |
| 10.2 Пластмассы и их пожарная опасность.....                                                            | 40        |
| 10.2.1 Особенности пожарной опасности строительных пластмасс.....                                       | 40        |
| 10.2.2 Способы снижения пожарной опасности полимерных<br>строительных материалов.....                   | 41        |
| Вопросы для самоконтроля.....                                                                           | 41        |
| Список литературы.....                                                                                  | 41        |
| <b>Лекция 11 Пожарно-техническая классификация строительных материалов...</b>                           | <b>42</b> |
| 11.1 Пределы огнестойкости строительных конструкций.....                                                | 42        |
| 11.2 Методы определения пределов огнестойкости.....                                                     | 43        |
| 11.3 Пределы распространения огня по строительным конструкциям.....                                     | 43        |
| 11.4 Класс пожарной опасности конструкций.....                                                          | 44        |
| 11.5 Методики экспертизы строительных конструкций.....                                                  | 44        |
| 11.5.1 Методика экспертизы строительных конструкций по старой<br>пожарно-технической классификации..... | 45        |
| 11.5.2 Методика экспертизы строительных конструкций по новой<br>пожарно-технической классификации.....  | 45        |
| Вопросы для самоконтроля.....                                                                           | 46        |
| Список литературы.....                                                                                  | 46        |
| <b>Лекция 12 Пожарно-техническая классификация зданий и сооружений.....</b>                             | <b>47</b> |
| 12.1 Степени огнестойкости зданий и сооружений.....                                                     | 47        |
| 12.2 Классы конструктивной пожарной опасности.....                                                      | 47        |
| 12.3 Классы функциональной пожарной опасности.....                                                      | 47        |
| <b>Пожарная нагрузка здания.....</b>                                                                    | <b>48</b> |
| Вопросы для самоконтроля.....                                                                           | 49        |
| Список литературы.....                                                                                  | 49        |
| <b>Лекция 13 Общие принципы расчета огнестойкости строительных<br/>конструкций.....</b>                 | <b>50</b> |
| 13.1 Понятие предельного состояния конструкции.....                                                     | 50        |
| 13.2 Несущая способность конструкции в условиях пожара.....                                             | 50        |
| 13.3 Сущность теплотехнической и статической частей расчета<br>огнестойкости.....                       | 51        |
| 13.4 Расчетные схемы определения предела огнестойкости<br>строительных конструкций.....                 | 51        |
| <b>Оценка состояния здания и его конструкций после пожара.....</b>                                      | <b>52</b> |
| Вопросы для самоконтроля.....                                                                           | 52        |
| Список литературы.....                                                                                  | 53        |
| <b>Лекция 14 Огнестойкость железобетонных конструкций.....</b>                                          | <b>54</b> |
| 14.1 Поведение изгибаемых элементов в условиях пожара.....                                              | 54        |
| 14.1.1 Особенности поведения плит в условиях пожара.....                                                | 54        |
| 14.1.2 Особенности поведения балок в условиях пожара.....                                               | 54        |
| 14.2 Особенности поведения колонн в условиях пожара.....                                                | 55        |
| 14.3 Предварительно напряженные ж//б конструкции и их поведение<br>в условиях пожара.....               | 55        |
| 14.4 Поведение в условиях пожара несущих и самонесущих стен.....                                        | 55        |
| 14.5 Конструктивные способы повышения огнестойкости<br>ж/б конструкций.....                             | 56        |
| Вопросы для самоконтроля.....                                                                           | 56        |

|                                                                  |           |
|------------------------------------------------------------------|-----------|
| Список литературы.....                                           | 57        |
| <b>Лекция 15 Огнестойкость металлических конструкций.....</b>    | <b>58</b> |
| 15.1 Поведение металлических конструкций в условиях пожара.....  | 58        |
| 15.1.1 Ограждающие конструкции.....                              | 58        |
| 15.1.2 Балки.....                                                | 58        |
| 15.1.3 Фермы.....                                                | 59        |
| 15.1.4 Колонны.....                                              | 59        |
| 15.1.5 Арки и рамы.....                                          | 59        |
| 15.1.6 Структурные конструкции.....                              | 59        |
| 15.1.7 Мембранные покрытия.....                                  | 59        |
| 15.2 Огнезащита металлических конструкций.....                   | 60        |
| Вопросы для самоконтроля.....                                    | 61        |
| Список литературы.....                                           | 61        |
| <b>Лекция 16 Огнестойкость деревянных конструкций.....</b>       | <b>62</b> |
| 16.1 Поведение деревянных конструкций в условиях пожара.....     | 62        |
| 16.1.1 Ограждающие конструкции.....                              | 62        |
| 16.1.2 Балки.....                                                | 62        |
| 16.1.3 Фермы.....                                                | 63        |
| 16.1.4 Арки и рамы.....                                          | 63        |
| 16.2 Огнезащита элементов деревянных конструкций и их узлов..... | 63        |
| Вопросы для самоконтроля.....                                    | 64        |
| Список литературы.....                                           | 64        |
| <b>Библиографический список.....</b>                             | <b>65</b> |
| <b>Содержание.....</b>                                           | <b>66</b> |