

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Майкопский государственный технологический университет»
Технологический факультет
Кафедра строительных и общепрофессиональных дисциплин

Учебное пособие
по дисциплине

«ПРИМЕНЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ
В ОСОБЫХ УСЛОВИЯХ СТРОИТЕЛЬСТВА»

для подготовки магистров
по направлению подготовки 08.04.01 Строительство
всех форм обучения

Майкоп
2019

УДК 691(03)
ББК 38.3
У- 91

Печатается по решению научно-технического совета ФГБОУ ВО Майкопского государственного технологического университета

Рецензенты:

главный специалист отдела реформирования ЖКХ Министерства строительства, транспорта, жилищно-коммунального и дорожного строительства Республики Адыгея Карева А.В.

доктор техн. наук, профессор кафедры строительных и общепрофессиональных дисциплин ФГБОУ ВО «МГТУ», Меретуков З.А.

Составители:

доцент кафедры строительных и общепрофессиональных дисциплин ФГБОУ ВО «МГТУ», к.т.н. Хадыкина Е.А.,

доцент кафедры строительных и общепрофессиональных дисциплин ФГБОУ ВО «МГТУ», к.б.н. Борсук О.Ю.

У91 Учебное пособие по дисциплине «Применение строительных материалов в особых условиях строительства» для подготовки магистров по направлению подготовки 08.04.01 Строительство всех форм обучения /Сост. Е.А. Хадыкина, О.Ю. Борсук. - Майкоп: изд-во Магарин О.Г., 2019. – 144 с.
ISBN 978-5-91692-715-3

Учебное пособие по дисциплине «Применение строительных материалов в особых условиях строительства» содержит основные сведения по особым условиям строительства, влиянию негативных факторов на свойства строительных материалов, информацию о выборе материалов под конкретные условия эксплуатации и защите строительных материалов от негативных воздействий. Пособие содержит контрольные вопросы по каждой теме, справочные материалы, список нормативных документов и список рекомендуемой литературы. Предназначено для подготовки магистров по направлению подготовки 08.04.01 Строительство всех форм обучения.

ISBN 978-5-91692-715-3



УДК 691(03)
ББК 38.3

© Е.А. Хадыкина, О.Ю. Борсук, составление
© Майкоп, МГТУ, 2019.

Содержание

	Стр.
Предисловие	6
Введение	7
Тема 1. Особые условия строительства	8
Тема 2. Строительные материалы при воздействии избыточного увлажнения	10
2.1. Источники увлажнения конструкций	10
2.2. Защита стен от увлажнения	14
2.2.1. Электроосмотическое осушение стен.	14
2.2.2. Дренаж	16
2.3. Восстановление или устройство новой гидроизоляции стен здания	17
2.3.1. Обработка поверхностей защитными составами.	19
2.3.2. Устройство защитных покрытий.	20
2.4. Гидроизоляция подземных частей сооружений	24
Тема 3. Разрушение материалов при переменном воздействии воды и отрицательных температур.	29
3.1. Морозостойкость плотных и пористых материалов	29
3.2. Механизм разрушения структуры пористых тел при замораживании	30
3.3. Факторы, влияющие на морозостойкость	31
3.4. Бетонирование при отрицательных температурах	33
3.5. Контроль качества зимнего бетона.	40
3.6. Особенности бетонирования в вечномерзлых грунтах	42
Тема 4. Строительные материалы в условиях повышенного коррозионного воздействия	44
4.1. Виды коррозии строительных материалов	44
4.2. Факторы, влияющие на коррозионную стойкость строительных материалов	47
4.3. Методики оценки коррозионной стойкости строительных материалов.	48
4.4. Общие принципы повышения коррозионной стойкости	51
4.5. Защита металлов	52
4.6. Защита бетонных и каменных конструкций от коррозии.	54
4.7. Устройство защитных покрытий.	56
4.8. Защита деревянных конструкций.	58

Тема 5. Строительные материалы при воздействии высоких температур и высокой пожароопасности	63
5.1. Классификация строительных материалов по пожарной опасности	64
5.2. Классификация строительных конструкций по огнестойкости	65
5.3. Воздействие высокой температуры на материалы.	66
5.4. Огнезащитные составы.	71
Тема 6. Строительные материалы в условиях жаркого климата	76
6.1. Особенности градостроительных решений в условиях сухого жаркого климата.	76
6.2. Особенности объемно – планировочных решений	80
6.3. Инсоляция зданий.	82
6.4. Влияние температуры на материалы и конструкции	85
6.5. Снижение уровня инсоляции с помощью солнцезащитных устройств	91
6.6. Снижение нагрева конструкций при помощи термоизоляции стен дома	92
6.7. Особенности бетонных работ в сухом и жарком климате.	95
Тема 7. Строительство в сейсмоопасных районах	101
7.1. Особенности конструирования каркасных зданий	101
7.2. Особенности конструирования крупнопанельных и объемно-блочных зданий	102
7.3. Особенности конструирования каменных зданий	103
7.4. Принципы проектирования сейсмостойких зданий и сооружений.	105
7.5. Особенности выбора материалов.	106
7.6. Особый подход к коммуникациям.	112
Тема 8. Строительство в условиях плотной застройки	114
8.1. Особенности строительства в условиях плотной застройки.	114
8.2. Поддержание эксплуатационных свойств существующей застройки	116
8.3. Защита существующей застройки.	118
8.3.1. Снижения уровня шума	119
8.3.2. Снижение динамического воздействия работающих машин и механизмов.	120
8.3.3. Снижение выброса в атмосферу пылевых частиц	121

8.3.4. Сбор и вывоз строительного и бытового мусора	121
8.3.5. Сброс стоков воды, ливневой и фекальной канализации	122
8.3.6. Нарушение привычных транспортных схем	122
8.3.7. Влияния на экологическую среду будущего объекта	123
8.4. Применение укрупненных конструкций.	128
8.5. Встроенные системы из сборных железобетонных конструкций.	133
8.6. Сборно-монолитные встроенные системы.	134
8.7. Монолитные встроенные системы.	134
Приложения	136
Литература	141

Предисловие

Структура предлагаемой книги соответствует требованиям ГОС ВО к содержанию дисциплины «Применение строительных материалов в особых условиях строительства» и предназначено для подготовки магистров по направлению подготовки 08.04.01 Строительство.

Учебный материал традиционно располагается по темам, поэтому может быть использован и студентами других специальностей. Необходимо выбрать к изучению темы, входящие в рабочую программу соответствующей специальности.

Пособие содержит 8 разделов: Особые условия строительства; Строительные материалы при воздействии избыточного увлажнения; Разрушение материалов при переменном воздействии воды и отрицательных температур; Строительные материалы в условиях повышенного коррозионного воздействия; Строительные материалы при воздействии высоких температур и высокой пожароопасности; Строительные материалы в условиях сухого и жаркого климата; Строительные материалы в условиях повышенной сейсмоопасности; Применение строительных материалов в условиях плотной застройки.

Приведены контрольные вопросы для самостоятельной работы. Самостоятельная работа студентов должна обеспечить выработку навыков самостоятельного творческого подхода к решению научно - исследовательских и технологических задач, дополнительную проработку основных положений дисциплины, приобретение навыков работы с научно-технической литературой. После каждой темы приводятся контрольные вопросы, помогающие лучшим образом осмыслить полученную информацию и закрепить ее. В приложениях представлен достаточный справочный материал.

При изучении новой темы, прежде всего, необходимо изучить теоретические основы, далее для более полного осмысления материала, следует ответить на контрольные вопросы и ознакомиться с нормативными документами по темам, которые приведены в приложении.

Введение

Целью изучения магистрантами дисциплины «Применение строительных материалов в особых условиях строительства» является создание необходимой базы для понимания физико-химической сущности процессов и принципа работы строительных материалов, изделий и конструкций, находящихся во влажных условиях, при воздействии высоких и низких температур, повышенной пожаро- и коррозионной опасности, в зонах повышенной сейсмоопасности и плотной застройки, а также процессов поведения строительных материалов в условиях знакопеременных температур.

Дисциплина направлена на формирование представлений о современных направлениях развития строительного материаловедения с точки зрения возможного применения материалов в экстремальных условиях. При изучении дисциплины происходит ознакомление с физическими и химическими законами, характеризующими свойства материала, с расчетами оценки пригодности строительного материала, изделия и конструкции в условиях повышенной влажности и (или) воздействия низких и высоких температур.

Тема 1. Особые условия строительства

В традиционных курсах по архитектуре рассматривают, как правило, "обычные" условия строительства и эксплуатации. При этом понятие "обычные условия строительства и эксплуатации" не расшифровывается. В действительности, на конструкции зданий и сооружений действует комплекс неблагоприятных факторов, которые можно разделить на две группы: природные и техногенные. Воздействие природных факторов учитывается действующими нормами и правилами, и должно быть учтено при проектировании объектов. Воздействие техногенных факторов является результатом деятельности человека и, в большинстве случаев, нормами не учитывается, но в некоторых случаях может быть учтено при проектировании.

При строительстве часто сталкиваются со сложными инженерно-геологическими условиями (просадочные, насыпные, слабые водонасыщенные грунты, подрабатываемые и подтапливаемые территории, оползни, неравномерные деформации оснований), с воздействием агрессивной среды, с природными явлениями (землетрясения, ураганы).

Следующая группа связана с особыми климатическими условиями строительства - жаркий климат в сочетании с повышенной и пониженной влажности, вечная мерзлота, попеременное воздействие увлажнения и отрицательных температур, повышенная инсоляция, повышенное коррозионное воздействие окружающей среды,

Далее, особые условия строительства могут быть вызваны деятельностью человека: взрывы газа, пожары, теракты, наезды транспорта, дефекты строительства и эксплуатации, некачественная реконструкция зданий и сооружений с надстройкой, пристройкой, перепланировкой, сопровождающаяся ослаблением или перегрузкой несущих элементов.

К таким случаям относятся работа конструкций при воздействии высоких температур и высокой пожароопасности. Также в настоящее время большая часть строительных работ проводится в условиях плотной городской застройки, что так же вызывает особые требования к технологии строительных работ и сортаменту применяемых материалов.

Отдельные неблагоприятные факторы оказывают решающее влияние на несущую способность и долговечность зданий и сооружений. Они вызывают преждевременное истощение эксплуатационных качеств зданий и сооружений (т. е. физический износ происходит быстрее, чем амортизация). В свою очередь это приводит к значительным материальным затратам на восстановление эксплуатационных свойств и повышение эксплуатационной надежности зданий и сооружений. Затраты на восстановительные работы часто соизмеримы со стоимостью нового строительства.

Особые условия строительства и эксплуатации значительно ускоряют процесс разрушения и развития дефектов. Повысить срок службы зданий и сооружений и предотвратить аварийные ситуации является важнейшей задачей проектировщиков и строителей.

Контрольные вопросы:

1. Какие условия строительства относятся к особым случаям?
2. Расшифруйте понятие «сложные инженерно-геологические условия».
3. Расшифруйте понятие «особые климатические условия строительства».
4. Какие особые условия строительства могут быть вызваны деятельностью человека?
5. На какие свойства материалов и конструкций оказывают влияние особые условия строительства?

Тема 2. Строительные материалы при воздействии избыточного увлажнения

2.1. Источники увлажнения конструкций

Повышенное влагосодержание характерно для многих конструкций, контактирующих с водой в процессе изготовления и эксплуатации, при этом различается пять видов увлажнения:

- при изготовлении конструкций (строительная влага);
- атмосферными осадками;
- утечками из водопроводно-канализационной сети;
- конденсатом водяных паров воздуха;
- капиллярным и электроосмотическим подсосом грунтовой воды.

Практика показывает, что повышенное влагосодержание отрицательно сказывается на эксплуатационных показателях несущих и ограждающих конструкций (рис. 2.1.). С увеличением влажности возрастает коэффициент теплопроводности материала, ухудшаются его теплотехнические свойства. Кроме того, при изменении влажности изменяется объём материала, а при многократном увлажнении расшатывается его структура и снижается долговечность. Неблагоприятно сказывается переувлажнение и на состоянии воздушной среды помещений, ухудшая её с гигиенической точки зрения.



Рис. 2.1. Виды и формы увлажнения конструкций.

Содержание *строительной влаги* в конструкциях обусловлено спецификой их изготовления и в начальный период не превышает следующих величин: для бетонных и железобетонных конструкций - $6...9\%$, для каменных и армокаменных конструкций - $8...12\%$. В дальнейшем при неблагоприятных условиях эксплуатации

влажность материала конструкции может существенно увеличиваться.

Увлажнение *атмосферными осадками* происходит при повреждениях кровли, неудовлетворительном состоянии водоотводящего оборудования здания (водосточных труб, желобов, водосливов), коротких карнизах и носит преимущественно сезонный характер. Для защиты стен от увлажнения атмосферными осадками проводятся конструктивные мероприятия, направленные на удлинение коротких карнизов, ремонт и восстановление желобов, водосточных труб и водосливов. Кроме того, поверхность стен оштукатуривается или облицовывается водостойкими материалами. Применяется также покраска стен эмалевыми и лакокрасочными составами.

Увлажнение *утечками из водопроводно-канализационной сети* обычно встречаются в зданиях с изношенным санитарно-техническим оборудованием при нарушении сроков проведения планово-предупредительных ремонтов. Утечки приводят к переувлажнению и быстрому разрушению кладки стен, особенно из силикатного кирпича. Места увлажнения утечками легко обнаруживаются при обследовании стен по характерным пятнам. Увлажнение утечками устраняется путём ремонта санитарно-технического оборудования с последующим просушиванием конструкций тёплым воздухом.

Увлажнение ограждающих конструкций *конденсатом водяных паров воздуха* происходит при температуре точки росы, когда влажность воздуха у поверхности конструкции или в порах её материала оказывается выше максимальной упругости пара при данной температуре и избыток влаги переходит в жидкую фазу. Механизм образования конденсата внутри ограждающей конструкции достаточно сложен и зависит от многих параметров: разности парциального давления паров воздуха у противоположных поверхностей конструкций, относительной влажности и температуры воздуха внутри и снаружи помещения, а также плотности материала.

Существенная величина парциального давления позволяет воздушному потоку достаточно свободно проникать сквозь толщу наружной стены. Замечено, что чем ниже теплоизоляция наружной стены и больше относительная влажность воздуха в помещении за этой стеной, тем выше опасность ее переувлажнения водяными

парами из помещения. Если же наружная поверхность стены покрыта плотным паронепроницаемым материалом, то проникающий через стену водяной пар имеет возможность конденсировать внутри стены, переувлажняя её и увеличивая теплопроводность.

Конденсационное увлажнение предотвращается путем рационального конструирования стен, основанного на выполнении требований норм и расчёте температурно-влажностного режима. Так, например, в зданиях, эксплуатируемых в условиях умеренно-влажностного и сухого климата, сопротивление наружных стен уменьшается от внутренней поверхности к наружной, при этом пароизоляция располагается на внутренней поверхности стены. Особенно это важно при защите от переувлажнения наружных стен влажных и мокрых помещений (бань, саун, прачечных и др.). При выборе наружной отделки стен следует помнить, что опасны как ее паронепроницаемость, так и чрезмерная пористость. Если в первом случае возможно переувлажнение стены конденсатом, то во втором – атмосферной влагой.

Увлажнение *капиллярным и электроосмотическим подсосом* грунтовой влаги характерно для стен, у которых отсутствует горизонтальная гидроизоляция или когда гидроизоляция расположена ниже отмостки. Механизм капиллярного увлажнения основан на действии сил притяжения между молекулами твердого тела и жидкости (явление смачивания). При отсутствии в материале стены гидрофобных (водоотталкивающих) веществ вода смачивает стенки капилляров и поднимается по ним.

При обследовании зданий подъём грунтовой влаги в стенах наблюдался на высоту до 5м, что существенно превышает высоту капиллярного подсоса. По-видимому, решающую роль в этом играет действие электроосмотических сил.

Под электроосмосом понимается направленное движение жидкости, от анода к катоду, через капилляры или пористые диафрагмы при наложении электрического поля. Следует отметить, что слабые электрические поля всегда присутствуют в стенах, испытывающих перепады температуры по длине или на противоположных поверхностях (термоэлектрический эффект Зеебека). При этом положительные заряды (аноды) группируются главным образом у основания стены в зоне контакта с грунтом, а отрицательные (катоде) – вверху. Рассматривая стены из

капиллярно-пористого материала как своеобразную диафрагму, следует полагать, что грунтовая вода за счёт электроосмотических сил поднимается вверх по стене в сторону катода. Так как потенциал электрического поля стены изменяется под воздействием внешних факторов (перепада температуры, интенсивной солнечной инсоляции, влажности воздуха), то и величина электроосмотического увлажнения – переменная.

2.2. Защита стен от увлажнения

Методы защиты стен от увлажнения можно объединить в четыре группы:

Первая группа - создание препятствий на пути влаги к конструкциям: водонепроницаемая преграда в грунте на пути воды к конструкции, выполняемая набивкой глины, нагнетанием битума, петролатума, посредством электросиликатизации и т. п.; дренаж вокруг здания или со стороны притока воды: водонепроницаемый экран (гидроизоляция) на поверхности конструкции, из битума, химических пленок, рулонных материалов на битуме и т. п.

Вторая группа - восстановление или устройство новой гидроизоляции путем пробивки в цокольной части паза с закладкой в него слоя гидроизоляции, путем плавления кладки током и перемещения нагретого до 1900 °С электрода в стене.

Третья группа - электроосмотическая защита: пассивная и активная, в том числе гальваноосмос.

Четвертая группа - устройство водонепроницаемой преграды путем тампонажа

Осушают конструкции только после выполнения мер по прекращению увлажнения.

2.2.1. Электроосмотическое осушение стен.

Данный метод основан на движении жидкости через поры, капилляры и другие пустоты при наложении электрического поля;

Если нейтрализовать разность потенциалов в мокрой стене коротким замыканием, то электроосмотическое воздействие на конструкции прекратится и влага перестанет

перемещаться; если изменить естественную полярность между стеной и фундаментом, подав в верхнюю часть стены ток, то влага пойдет в обратном направлении, будет отжиматься вниз, в результате чего конструкция начнет осушаться. Электрический ток здесь выполняет роль своеобразного всасывающе-нагнетающего насоса: анод как бы нагнетает воду, а катод всасывает ее.

Электроосмотическое осушение может быть пассивным и активным. Активное осуществляется посредством короткого замыкания проводом двух участков влажной стены, пассивное - с помощью наложенного тока или гальванических элементов .

Электроосмотическое осушение стен производится тремя способами:

- коротким (посредством стальных полос) замыканием противоположных полюсов электрического поля стены, включая фундамент (пассивное осушение). Для этого стальные полосы на наружной поверхности стены располагаются с шагом 0,3-0,5м. Длина полос принимается не менее высоты увлажнения стены;
- наложенным током с напряжением 40-60В и силой тока 3-5А. При этом электрический ток подаётся от генератора постоянного тока. Положительный полюс генератора подключается к стальной полосе, расположенной в верхней части стены, а отрицательный – к полосе, закреплённой на фундаменте. Продолжительность сушки наложенным током обычно не превышает двух-трёх недель.
- гальваническими элементами (медно-цинковыми, угольно-цинковыми и пр.). Активный элемент (протектор) устанавливается в грунте на уровне подошвы фундамента, а пассивный – на внутренней поверхности осушаемой стены. Расстояние между электродами гальванических пар определяется расчётным путём на основании данных о гальванической активности элементов, пористости стены, радиусе капилляров, коэффициенте электроосмоса и удельной электропроводности воды. Электроосмотическое осушение стен гальваническими элементами пока не нашло широкого применения и находится в стадии дальнейшей разработки и совершенствования.

Осушение наложенным током длится не более двух-трех недель, после чего источник отключается и установка превращается в пассивную. Опыт применения электроосмотического метода в нашей стране и за рубежом показывает, что он весьма эффективен для осушения стен зданий и сооружений. Преимущества его заключаются в следующем:

- при небольших затратах на монтаж установки он почти не требует расходов на эксплуатацию; продолжительность работы генератора постоянного тока
- при активном методе осушения не превышает двух-трех недель. Осушение осуществляется быстро, в среднем за три-четыре месяца, что в три-четыре раза быстрее, чем естественное. Система электроосмотического осушения может использоваться длительное время, даже на протяжении десятков лет для предупреждения увлажнения в дальнейшем.

2.2.2. Дренаж

При реконструкции зданий, рассчитанных на длительную эксплуатацию (50 и более лет), радикальными методами защиты стен от увлажнения грунтовыми водами считаются водоотведения, а также восстановление или устройство новой гидроизоляции стен. Одним из эффективных способов отведения грунтовых вод от стен подвальных помещений и заглублённых сооружений является дренаж.

При проектировании дренажа необходимо учитывать, что водопонижение, особенно в глинистых и пылеватых песчаных грунтах, влечёт за собой уплотнение и осадку осушаемой толщи грунта, что может привести к значительным деформациям фундаментов. Дополнительная осадка зданий на осушаемой территории определяется из расчёта, что каждый метр понижения уровня подземных вод соответствует увеличению нагрузки на грунт 9,8 кН/м. Для защиты подземных сооружений от грунтовых вод в комбинации с дренажом эффективно устройство противofiltrационных завес, выполняемых набивкой глины или нагнетанием битума.

2.3. Восстановление или устройство новой гидроизоляции стен здания

К наиболее сложным и трудоёмким процессам или в ремонтных работах относятся восстановление или устройство новой гидроизоляции стен здания. Значения гидроизоляции трудно переоценить, поскольку она является единственным надёжным способом защиты стен от воздействия и проникновения капиллярной грунтовой влаги, безнапорных и напорных грунтовых вод. При этом горизонтальная гидроизоляция препятствует капиллярному и электроосмотическому подсосу влаги вверх по стене, а вертикальная – поверхностному увлажнению и проникновению влаги в подвальные помещения.

Проведению ремонтно-восстановительных работ по гидроизоляции здания предшествует тщательное обследование его подземной части, особенно стен подвальных помещений, выполненных из бетонных блоков, бутовой или кирпичной кладки и имеющих большое количество швов. Обследование проводится при временном понижении уровня грунтовых вод путём их откачивания из шурфов или иглофильтрами. Для предотвращения вымывания грунта из подошвы фундаментов шурфы и иглофильтры размещаются вне подвальных помещений.

Выявленные участки повреждений гидроизоляции удаляются вручную с помощью металлических щёток и скребков или с использованием механических способов. При незначительных повреждениях гидроизоляция ремонтируется с применением, по возможности, тех же гидроизоляционных материалов. Если повреждения превышают 40%, то целесообразна замена гидроизоляции на более эффективную. При выборе типа гидроизоляции учитываются гидрогеологические условия эксплуатации здания, категория сухости помещений и трещиностойкость ограждающей конструкции.

Ремонт и восстановление горизонтальной гидроизоляции стен может производиться двумя методами:

- инъектированием в кладку стен гидрофобных веществ, препятствующих капиллярному подсосу влаги
- закладкой нового гидроизоляционного слоя из рулонных материалов.

Инъецирование производится растворами кремнийорганических соединений ГКЖ-10 и ГКЖ-11 через отверстия в стенах, располагаемые в один или два ряда. Расстояние между рядами принимается 25см, а между отверстиями в ряду - 35...40см. Отверстия диаметром 30...40мм сверлятся на глубину, примерно равную 0,9 толщины стены. Подача раствора производится одновременно через 10-12 инъекторов (стальные трубки диаметром 25мм), вставленных в отверстия в стене, и зачеканенных паклей.

Гидроизоляцию нежилых помещений можно производить с помощью электросиликатизации по методу проф. Л.А. Цебертовича. В этом случае через инъекторы подаются последовательно растворы жидкого стекла и хлористого кальция. В результате химического взаимодействия образуется гель кремниевой кислоты, заполняемый поры в материале кладки и препятствующий капиллярному подосу влаги. Обработка кирпичной кладки стен производится в поле постоянного тока с градиентом потенциала 0,7-1 В/см.

Восстановление горизонтальной гидроизоляции стен рулонными материалами (рубероидом, гидроизол-пергамином и пр.) производится участками длиной 1-1,5м. Для этого с помощью отбойного молотка или других механизмов пробиваются сквозные отверстия в стене на высоту двух рядов кладки, в которые укладываются два слоя рулонного материала на битумной мастике. Затем отверстия заделываются кирпичом на обычном цементно-песчаном растворе М75-100. Для включения в работу восстановленного участка стены зазор между новой и старой кладкой тщательно зачеканивается раствором, приготовленным на расширяющемся цементе.

Горизонтальная гидроизоляция рулонными материалами устраивается примерно на 30 см выше планировочной отметки (отмостки здания) и на расстоянии не менее 5 см от нижней плоскости перекрытия подполья. В зданиях с полами по грунту, расположенными в уровне отмостки, горизонтальную гидроизоляцию стен целесообразно восстанавливать методом инъецирования гидрофобных составов, размещая инъекторы на 5 см выше уровня отмостки.

2.3.1. Обработка поверхностей защитными составами.

Гидрофобизация (придание способности не смачиваться водой) поверхностей кирпичных, бетонных и других конструкции имеет целью защиту их от атмосферных осадков в условиях повышенной влажности. Для гидрофобизации строительных конструкций используются следующие кремнийорганические полимерные материалы: водная эмульсия ГКЖ-94, представляющая собой 50 % раствор кремнийорганической жидкости ГКЖ-94, содержащий в качестве эмульгатора желатин; раствор ГКЖ-94 в уайтспирите или керосине; водный раствор ГКЖ-94, являющийся смесью кремнийорганических соединений. Кремнийорганические материалы поступают готовыми к употреблению ГКЖ-94 (100%), водной эмульсии ГКЖ-94 (50%) и водного раствора ГКЖ-10 (20%). Гидрофобный материал требуемой концентрации необходимо приготовить из исходной водной эмульсии на рабочем месте.

Для гидрофобизации конструкций указанные материалы наносят кистью или пульверизатором на сухую, предварительно очищенную поверхность из расчета на 1 м² поверхности 250- 300 г 20 %-ной эмульсии, нанесенной в один слой.

Силикатизация поверхностного слоя состоит в нанесении на конструкцию (главным образом из естественных каменных материалов) жидкого стекла, а после его высыхания -раствора хлористого кальция; при этом происходит реакция $Na_2OSiO_2 + CaCl_2 = CaOSiO_2 + 2NaCl$, в результате которой образуются силикат кальция, заполняющий поры и повышающий стойкость конструкции, и соль, смываемая водой.

Флюатирование поверхности конструкций основано на взаимодействии свободной извести и растворов кремнефтористых солей легких металлов (магния, алюминия, цинка), которые, вступая в реакцию с углекислым кальцием, образуют, нерастворимые продукты, оседающие в порах и уплотняющие конструкции.

Флюатирование бетонов начинается с нанесения на сухую очищенную поверхность раствора хлористого кальция,

а затем флюатов. Флюаты наносятся кистью или распылителем в три слоя с повышением их концентрации: для первого - 2-3 % по массе, для третьего - уже 12%. Каждый слой наносится после прекращения впитывания флюата с перерывами до 4 ч на его высыхание. После нанесения очередного слоя поверхность обрабатывается насыщенным раствором гидрата окиси кальция Ca(OH)_2 , приготавливаемым путем растворения извести в воде.

Поверхность бетона" может обрабатываться также 3 - 7 %-ным раствором кремнефтористоводородной кислоты H_2SiF_6 ; при этом на поверхности образуется пленка фтористого кальция и кремнезема. Такая обработка повторяется несколько раз после высыхания каждого предыдущего слоя.

Расход флюата зависит от плотности и структуры обрабатываемого материала и составляет 150-300 г. кристаллической соли на 1 м^2 поверхности.

Карбонизация поверхностного слоя свежеприготовленного бетона состоит в превращении гидрата, окиси кальция Ca(OH)_2 под воздействием углекислого газа в карбонат кальция CaCO_3 , который более стоек к внешним воздействиям.

2.3.2. Устройство защитных покрытий.

Одним из методов защиты конструкций является устройство или восстановление защитных покрытий: глиняной набивки, слоев обмазки, покраски, штукатурки КЦР, рулонного покрытия или слоя облицовки. Защита конструкций в этом случае основана на изоляции их от агрессивной среды, а потому покрытия должны быть водостойкими и водонепроницаемыми, а в особых случаях -и механически прочными. Чем агрессивнее среда, тем надежнее должна быть защита.

Особенность осуществления изоляции в агрессивной грунтовой среде, в отличие от обычной гидроизоляции, состоит в том, что она должна быть химически стойкой и наноситься обязательно с наружной стороны конструкции. Защита от воздействия внутренней агрессивной среды

производится изнутри сооружения, при этом защищается вся толща конструкции. В условиях эксплуатации необходимо зачастую восстанавливать защитные покрытия, предусмотренные проектом, в отдельных же случаях их устраивают вновь по специально разработанному проекту.

Штукатурная гидроизоляция коллоидным цементным раствором (КЦР) используется для противодиффузионной защиты подземных и подводных сооружений без ограничения величины действующего напора при работе гидроизоляции «на прижим» и напорах $P = 0,1$ Па, при работе ее «на отрыв», а также при повышенной и постоянной влажности воздуха. Запрещается применение КЦР, если среда химически агрессивна по отношению к обычному портландцементу, а также при электрохимической агрессивности окружающей среды с блуждающими токами.

Коллоидный цементный раствор представляет собой высокодисперсную смесь вибромолотых цемента и песка, молотого песка и поверхностно-активных веществ. Он приготавливается в вибросмесителе, где производится двухчастотная обработка массы и одновременное перемешивание раствора в течение 5-6 мин.

Для гидроизоляции горизонтальных поверхностей рекомендуется КЦР, а для вертикальных - активированный торкрет (АТ). Это такой же КЦР, но смешение и нанесение его производится цемент-пушкой, как обычного торкрета. В составе АТ увеличено содержание сульфитно-дрожжевой бражки до 2,5%

Для устройства защитных покрытий пригодны и такие материалы, как эпоксидные смолы, цементно- и битумно-латексные композиции и др. Битум, являющийся отходом нефтепереработки и относительно дешевым материалом, широко используется для защитных покрытий. Соединяя битумы с каучуком, резиной, зеленым маслом и синтетическими смолами, можно повысить стойкость битумных покрытий в агрессивной среде.

Битумы применяются в разогретом (до 150-200 °С) виде смешанными с наполнителями, растворенными в маслах или углеводородах, а также в виде водорастворимых эмульсий или паст. Приготовление битумных растворов и эмульсий

труднее, чем расплавов, но зато наносить их легче и безопаснее.

Наиболее высокое качество таких покрытий достигается при правильном нанесении расплавленного битума, самое низкое - при нанесении битумных эмульсий.

Битумные покрытия в виде шпаклевок, плотных штукатурок и облицовок предназначены для защиты конструкций в сильноагрессивных атмосферных и агрессивных жидких средах без механических воздействий.

По мере повышения напора воды переходят к рулонной оклеечной изоляции и защите ее кирпичной стенкой. Так, при напоре до 800 мм устраивается двухслойный ковер, при 800-1200 мм - трехслойный и защитная стенка в четверть или полкирпича, а при напоре более 1200 мм - четырехслойное покрытие. В ответственных сооружениях требуется листовая металлическая изоляция, которая, в свою очередь, защищается от воздействия агрессивной среды обмазками или электрохимическими методами.

Внутри зданий и сооружений для защиты конструкций от разрушения промышленными стоками и предотвращения проникновения их в грунт устраиваются кислотостойкие поддоны, отличающиеся тем, что собственно изоляция из битумной мастики или рулонного материала защищена от механических повреждений кислотостойкими плитками либо кирпичом.

Для защиты стен и покрытий от разрушения парообразной агрессивной средой применяются лаки и эмали, наиболее часто - битумно-смоляные эпоксидные эмали, ПХВ эмали и лаки, кремнийорганические эмали. Лакокрасочные покрытия легко наносятся и восстанавливаются, они экономичны. Из-за их высокой проницаемости они выполняются многослойными - от трех до восьми слоев, в зависимости от степени агрессивности среды.

При восстановлении или устройстве любого защитного покрытия особое внимание уделяется подготовке поверхности: она должна быть чистой, ровной (гладкой) и сухой; это в значительной мере предопределяет надежность и долговечность покрытия.

Повышение плотности и прочности конструкций нагнетанием в них растворов. Инъекция растворов в конструкции с целью повышения их плотности и прочности может быть осуществлена цементацией (нагнетание цементного молока), силикатизацией (нагнетание жидкого стекла) и смолизацией (нагнетание синтетических смол).

Цементация заключается в нагнетании цементного раствора через пробуренные в конструкции отверстия, что увеличивает ее плотность и водонепроницаемость, а тем самым и коррозионную стойкость. Для цементации применяется раствор цемента и воды в пропорции 1: 10. Чтобы ускорить его схватывание, в него вводят хлористый кальций – не более 7% от массы цемента.

Повышение плотности и водонепроницаемости бетонных и железобетонных конструкций путем цементации, как показал опыт, недостаточно эффективно: фильтрация воды начинается очень быстро вновь; это объясняется грубодисперсным составом цементов, которые проникают в поры и трещины с раскрытием 0,2-0,1 мм, в то время как напорная вода фильтрует по каналам сечением $2 \cdot 10^4$ мм. Эффективность цементации может быть существенно повышена введением в раствор высокодисперсного магнитного вещества.

Силикатизация состоит в нагнетании через пробуренные в конструкциях отверстия (или иным способом) жидкого стекла, которое, проникая в пустоты и поры, заполняет их. Вводимый вслед за этим раствор хлористого кальция, реагируя с жидким стеклом, образует уплотняющий осадок из плохо растворимого гидросиликата кальция и нерастворимого геля кремнезема. Твердение гидросиликата и кремнезема завершается быстро - за четверо суток.

Смолизация мелкотрещиноватого, пористого бетона осуществляется путем нагнетания водного раствора карбамидной смолы, которая затвердевает при добавлении специально подобранного отвердителя, не агрессивного к бетону (например, щавелевой или кремнефтористоводородной кислоты). Смолизация предусматривает предварительное нагнетание в бетон 4%-ного раствора щавелевой или кремнефтористоводородной кислоты (для локализации

поверхностного слоя карбонатов кальция и гидрата окиси кальция созданием защитной пленки нерастворимого щавелевокислого кальция, препятствующего нейтрализации кислоты из раствора) и последующее введение раствора карбамидной смолы с отверждающей добавкой.

Смолизация - это тампонаж химических растворов - смолы и отвердителя; она рекомендуется для повышения плотности и водонепроницаемости конструкций с мелкими порами при отсутствии фильтрации воды.

2.4. Гидроизоляция подземных частей сооружений

Для предотвращения подтопления грунтовыми водами подземных частей сооружений и предупреждения проникновения сырости в подвалы, тоннели и т.д. применяют *защитные гидроизолирующие покрытия в виде сплошных замкнутых оболочек* вокруг подземных частей сооружений чаще всего по их внешней поверхности. В зависимости от вида используемого материала различают гидроизоляции асфальтовые, пластмассовые, минеральные и металлические, по способу выполнения - окрасочные, штукатурные, литые, оклеечные, монтируемые, пропиточные, инъекционные и засыпные.

Окрасочная гидроизоляция (рис. 2.1. а) применяется, в основном, для предотвращения воздействия на сооружения капиллярной влаги и выполняется в виде нескольких слоев пленкообразующих жидких или пластичных гидроизоляционных материалов, наносимых на защищаемую поверхность напылением, набрызгом под давлением, окраской кистями и т.п. При этом используются битумно-полимерные и полимерные краски при толщине слоя от 0,05 до 1мм. Общая толщина окрасочной гидроизоляции может достигать 4 мм.

Штукатурная гидроизоляция (рис. 2.1. б) рекомендуется для защиты заглубленных частей сооружений от проникновения грунтовых вод. Она представляет собой водонепроницаемые покрытия толщиной 10 - 25 мм, наносимые на защищаемую поверхность штукатурным способом. В качестве материала покрытия применяются холодная асфальтовая штукатурка и штукатурка из коллоидно-цементных растворов. Холодная асфальтовая штукатурка представляет собой мастику из смеси

битумных эмульсионных паст с различными минеральными порошкообразными наполнителями; их следует применять как для поверхностной гидроизоляции (в том числе при температуре поверхности до 80 °С), так и для заполнения деформационных швов при защите подземных помещений и галерей от затопления грунтовыми водами при напорах до 15 м. Мастика наносится в два слоя общей толщиной до 10 - 15 мм на предварительно подготовленную изолируемую поверхность (очищенную и грунтованную разжиженной битумной пастой). В отдельных случаях мастика наносится в три слоя общей толщиной до 20 мм. Нанесение мастики осуществляется путем набрызгивания специальными аппаратами или вручную с помощью штукатурного инструмента (мастерок, шпатель и т.п.). Каждый последующий слой мастики наносится после высыхания и затвердения предыдущего. Коллоидно-цементный раствор (КЦР) представляет собой высокодисперсную смесь песка и вибромолотого портландцемента. КЦР готовится по правилам обычного торкрета и применяется для защиты подземных помещений и галерей от проникновения грунтовых вод, обладающих большими напорными, а также при гидроизоляции внешних поверхностей от температурных воздействий до 200 °С. При этом рекомендуется нанесение раствора в два слоя: первый - КЦР повышенной прочности, а второй слой - через час - из КЦР нормальной прочности.

Литые гидроизоляции (рис. 2.1. в) выполняются из твердеющих органоминеральных растворов, в основном асфальтовых, в виде смеси битумов с порошкообразными наполнителями. В качестве наполнителя применяются молотые известняки и доломиты, карбонатные лессы, каолины, серпентинит, андезитовый и диабазовый порошки, портландцемент, мел и др. Литые органоминеральные покрытия устраиваются путем розлива горячего асфальтового раствора на горизонтальную поверхность слоем толщиной 10 см или заливки раствора в полость между опалубкой и вертикальной защищаемой поверхностью.

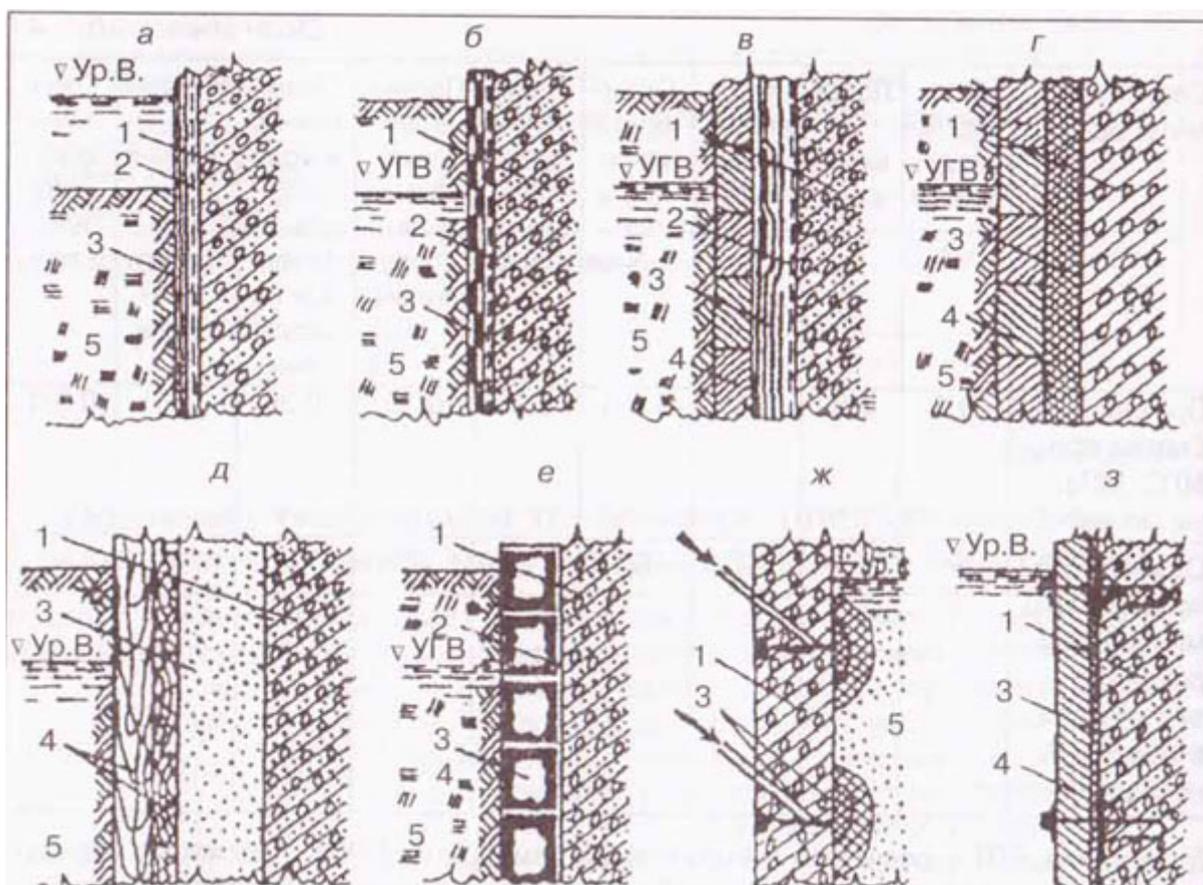


Рис. 2.1. Типы поверхностной гидроизоляции:

а - окрасочная; *б* - штукатурная; *в* - литая; *г* - клеечная; *д* - монтируемая; *е* - пропиточная; *ж* - инъекционная; *з* - засыпная; 1 - изолируемая конструкция; 2 - грунтовка основания; 3 - гидроизоляционное покрытие; 4 - защитное ограждение; 5 - присыпка грунтом.

Оклеечная гидроизоляция (рис. 2.1. *г*) применяется преимущественно для защиты подземных помещений от проникновения капиллярной влаги. В качестве клеечных материалов используются гидроизол, стеклоизол, полиэтиленовая пленка и др. Гидроизол представляет собой асбестоцеллюлозный картон, пропитанный битумом. Картон наклеивается на изолируемую поверхность горячими асфальтовыми или битумными мастиками марок МБК-Г-55, МБК-Г-75, МБК-Г-85 и МБК-Г-100 (цифра означает температуру размягчения мастики). После оклейки двумя-тремя слоями гидроизола его поверхность защищается устройством прижимных стенок или иным способом. Стеклоизол представляет собой стеклохолст ВВ-К, покрытый резинобитумной мастикой. Стеклоизол наклеивают на защищаемую поверхность в

два-три слоя, применяя при этом битумно-резиновые и битумные мастики, а для горизонтальных поверхностей - битум. Полиэтиленовая пленка толщиной 0,2 мм применяется для гидроизоляции горизонтальных и наклонных плоскостей. Вертикальные плоскости должны, кроме того, защищаться окрасочной гидроизоляцией из этиленовой краски ЭКЖС-40. Возможно также сочетание гидроизоляции из пленки на горизонтальных плоскостях и штукатурных или литых гидроизоляций - на вертикальных. Для защиты полиэтиленовой пленки от механических повреждений под нее и сверху укладывают пергамин или битумизированную бумагу. Рулонные материалы (стеклоизол, гидроизол) стыкуются внахлестку по ширине не менее 10 см в продольных стыках и не менее 20 см - в поперечных. Полиэтиленовая пленка сваривается при помощи термоимпульсного полоза или электроутюга.

Монтируемая гидроизоляция (рис. 2.1. д) представляет собой прикрепленные к защищаемой поверхности механическим способом листы из синтетических, полимерных или металлических материалов.

Пропиточная и инъекционная (рис. 2.1. е, ж) гидроизоляции устраиваются в тех случаях, когда отсутствует или затруднена возможность доступа к защищаемой поверхности. Эти виды гидроизоляции осуществляются путем пропитки всего слоя грунта (или его части), прилегающего к защищаемой поверхности, гидроизолирующими растворами и композициями, например жидким стеклом и др.

Засыпная гидроизоляция (рис. 2.1. з) выполняется в виде засыпки толщиной 10 - 50 см в пространство между опалубкой или шпунтом и защищаемой поверхностью гидрофобных порошков. После устройства такой засыпки пазухи котлованов заполняются глинистым грунтом или глинобентонитовыми суспензиями.

Контрольные вопросы:

1. Перечислите основные источники увлажнения конструкций.
2. Каким образом можно защитить стены от увлажнения?
3. Каким образом производят дренаж при осушении конструкций?
4. Особенности работ по восстановлению гидроизоляции.
5. Какие защитные составы при проведении гидроизоляции вы знаете? В чем их особенности?
6. Какие защитные покрытия используют при устройстве гидроизоляции?
7. Каким образом проводят гидроизоляцию подземных частей сооружения?

Тема 3. Разрушение материалов при переменном воздействии воды и отрицательных температур.

3.1. Морозостойкость плотных и пористых материалов

В строительном материаловедении понятие «морозостойкость» связывают с воздействием на материал двух основных факторов:

- влияние низких температур - для абсолютно плотных материалов (стекло, металлы, полимерные изделия и др.);
- совокупное влияние низких температур и воды - для материалов мелкопористой структуры (природные и искусственные каменные материалы, в том числе строительная керамика, бетоны, растворы и др.).

Таким образом, для плотных материалов морозостойкость - способность материала сохранять эксплуатационные свойства при низких температурах. К таким материалам предъявляются требования в зависимости от их назначения с учетом условий эксплуатации. В большинстве случаев основным требованием является сохранение целостности структуры.

Механизм разрушения структуры материала при перепадах температуры связан с явлением расширения - сжатия и изменением упругих свойств материала. При низких температурах материал становится более хрупким, ломким; резко снижается его ударная прочность. Это в большей степени относится к полимерным материалам и металлам.

Морозостойкость природных и искусственных каменных материалов - способность материала выдерживать многократное попеременное замораживание и оттаивание в насыщенном водой состоянии (без видимых признаков разрушения и допустимого понижения прочности).

Разрушительное воздействие мороза на ограждающую конструкцию можно условно разделить на три основных периода: водонасыщение, промерзание и, собственно, разрушение.

В наиболее влажный период года происходит водонасыщение поверхностного слоя ограждающей конструкции

При понижении температуры окружающей среды наружные слои конструкции постепенно охлаждаются, фронт низких температур распространяется внутрь конструкции. Водяной пар,

находящийся в противоположной зоне конструкции, перемещается от тепла к холоду, поскольку давление влажного воздуха при отрицательной температуре ниже, чем при положительной. Попадая в зону низких температур, водяной пар конденсируется в порах, вблизи наружной поверхности ограждающей конструкции (рис.3.1.).

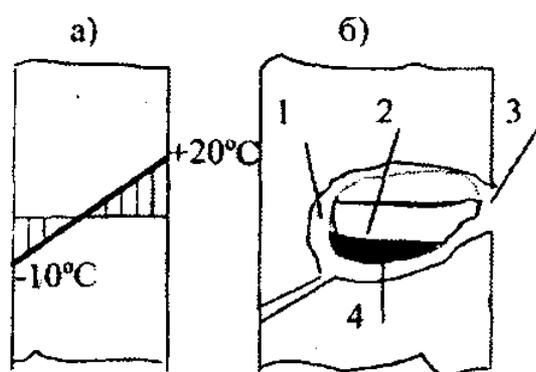


Рис.3.1. Распределение температуры в наружной стене здания и заполнение пор водой (б) вблизи наружной поверхности:

1 - адсорбированная вода; 2 - конденсат; 3 - устье; 4 - дождевая вода

При наступлении даже небольших морозов ($-5..-8^{\circ}\text{C}$) вода, находящаяся в крупных порах, замерзая и превращаясь в лед, создает напряженное состояние в материале.

3.2. Механизм разрушения структуры пористых тел при замораживании

Существует несколько гипотез, объясняющих причины разрушения структуры материала при замораживании:

- вода, находящаяся в крупных порах материала при температуре ниже $0,01^{\circ}\text{C}$, превращается в лед с увеличением в объеме около 9%. Если при этом коэффициент насыщения приближается к 1, то в стенках пор могут возникнуть растягивающие напряжения, являющиеся основной причиной разрушения структуры;

- давление расширения воды при замерзании заставляет мигрировать еще не замерзшую воду, создавая большое гидростатическое давление, которое усиливает напряжения на стенки сообщающихся пор;
- перемещение незамерзшей воды в направлении поверхности из тонких пор в крупные в момент образования в них льда и понижение при этом давления пара (эффект вспучивания грунта при замерзании).

3.3. Факторы, влияющие на морозостойкость

Морозостойкость пористых строительных материалов связана в основном с двумя характеристиками структуры: водопоглощением и способностью сопротивляться растягивающим напряжениям.

Водопоглощение - косвенная характеристика пористости, которая показывает способность материалов впитывать и удерживать влагу в период эксплуатации. Водопоглощение характеризуется коэффициентом насыщения пор водой, который определяется по формуле:

$$K_n = W / П,$$

где: K_n - коэффициент насыщения, ед.;

W - водопоглощение по объему, %;

$П$ - общая пористость материала, %.

Коэффициент насыщения может изменяться от 0 (все поры в материале замкнутые) до 1 (все поры открытые), и тогда $W = П$. Уменьшение коэффициента насыщения при неизменной пористости свидетельствует о сокращении открытой пористости, что значительно повышает морозостойкость структуры.

Предел прочности при растяжении зависит от природы химических связей и наступает при нарушении равновесия между силами притяжения и отталкивания с последующим нарушением связности структуры. Эта характеристика является константой для каждого материала.

Однако следует заметить, что в условиях замораживания в локальных участках пористой структуры имеет место не классическое осевое растяжение, а гидростатическое давление расширения, которое меняет характер и механизм разрушения структуры.

Главной проблемой повышения морозостойкости пористых материалов является снижение растягивающих напряжений при замораживании, которое может быть достигнуто:

- при уменьшении водопоглощения за счет создания микропористой структуры с преимущественно замкнутыми порами;

- путем воздухововлечения, когда в материале образуются воздушные резервуары, гасящие избыточное давление мигрирующей воды;
- посредством введения в структуру материала высокодисперсного армирующего компонента, увеличивающего пластическую составляющую в целом упругой деформации.

Количественно морозостойкость материала оценивается циклами замораживания и оттаивания. Количество циклов определяется по потере прочности материала, которая не должна превышать 25%, или по потере массы, которая не должна превышать 5%.

Показатель морозостойкости (марка) обозначается символами: F15; F25; F50... F500, где цифры показывают количество циклов замораживания и оттаивания материала при испытании.

Условия испытания, установленные российскими и международными стандартами, являются значительно более суровыми, чем реальные условия эксплуатации материала, особенно в части интенсивности замораживания и оттаивания, что в значительной мере связано со сроками проведения этих испытаний. В табл. 3.1 представлены показатели морозостойкости некоторых строительных материалов.

Таблица 3.1.

Морозостойкость строительных материалов в зависимости от водопоглощения и предела прочности при разрыве

Материал	Водопоглощение, %	Плотность, г/см ³	R _{разр} , МПа	Морозостойкость, циклы
Керамический кирпич	8-15	1,6-1,9	0,9-3,5	15-50
Керамическая фасадная плита	1-5	1,9-2,2	4-6	35-50
Клинкерный кирпич	< 1	2,3-2,5	6-10	50-100
Ячеистый бетон	40-60	0,5-1,2	0,078- 1	15-75
Легкий бетон	-	0,8-1,8	0,8-3,2	25-400
Тяжелый бетон	3-10	2,2-2,5	0,8-3,2	50-500
Асбестоцемент	20-25	1,6-1,8	10-15	50-100

Анализ таблицы позволяет сделать следующие выводы:

- водопоглощение и сопротивление растяжению являются основными факторами, влияющими на морозостойкость любого вида пористых каменных материалов;
- с увеличением водопоглощения и уменьшением сопротивления растяжению морозостойкость материалов уменьшается;
- мера влияния водопоглощения и сопротивления растяжению на морозостойкость зависит от вида материала и особенностей его структуры:

керамические материалы: оба фактора имеют примерно равное значение;

тяжелые бетоны: главным является водопоглощение;

легкие бетоны: главный фактор - особенность структуры, связанная с наличием резервной пористости заполнителя; водопоглощение и сопротивление растяжению, практически, влияния не оказывают;

ячеистые бетоны: наличие преимущественно крупных (10.. .200 мк), неопасных пор; водопоглощение и сопротивление растяжению второстепенны;

асбестоцементные материалы: высокое сопротивление растяжению и снижение напряжения расширения благодаря увеличению доли пластических деформаций при разрушении; водопоглощение - второстепенный фактор.

3.4. Бетонирование при отрицательных температурах

Понятие «зимние условия» при производстве бетонных работ отличается от календарного. «Зимние условия» для конкретной стройки начинаются, когда среднесуточная температура наружного воздуха снижается до $+ 5^{\circ}\text{C}$, а в течение суток наблюдается ее падение ниже нуля.

При температуре ниже 0°C в бетоне прекращаются процессы гидратации, т.е. взаимодействие минералов цемента с водой. Твердение бетона приостанавливается, так как бетон замерзает, превращаясь в монолит, прочность которого обуславливается силами смерзания. В бетоне появляются внутренние напряжения, вызываемые увеличением объема свободной воды примерно на 9% при замерзании. Эти напряжения разрывают неокрепшие адгезионные связи между отдельными компонентами бетона, снижая его прочность. Свободная вода, замерзая на поверхности зерен заполнителей в виде тонкой пленки, препятствует сцеплению

цементного теста с заполнителем. Это также ухудшает прочностные свойства бетона.

После оттаивания бетона твердение при положительной температуре возобновляется, но прочность оказывается ниже проектной, т.е. той, которая была бы достигнута при твердении в нормальных условиях. Снижаются и другие свойства бетона: плотность, долговечность, сцепление с арматурой и т. д. Свойства бетона ухудшаются тем значительнее, чем раньше после укладки произошло его замерзание. Если бетон к моменту замерзания наберет определенную прочность, то отрицательное влияние замораживания на его свойства невелико: после оттаивания прочность бетона может достигнуть проектной величины. В этом случае адгезионное сцепление между цементным тестом и заполнителем значительно больше внутренних напряжений. Поэтому вероятность деформаций в контактной зоне меньшая.

Минимальную прочность бетона к моменту его замерзания, достаточную для достижения им после оттаивания проектной прочности, называют критической. Эта прочность для бетонов в конструкциях с ненапрягаемой арматурой должна быть не менее 30-50% от проектной в зависимости от класса бетона и не ниже 50 кг/см². В предварительно напряженных конструкциях она должна быть не ниже 70% от проектной. Если конструкции предполагается нагружать в зимний период, то к моменту замораживания прочность бетона в них должна достигнуть 100% от проектной величины.

Для получения в зимних условиях бетона проектного качества необходимо обеспечить для него температурно-влажностный режим, при котором физико-химические процессы твердения не нарушаются и не замедляются. Продолжительность поддержания такого режима должна обеспечивать достижение критической или проектной прочности.

Задача «зимнего» бетонирования: получить бетон заданной прочности. Для этого выполняются общие мероприятия и различные технологии обеспечения нормального режима твердения бетона.

Общие мероприятия:

а) Работы ведутся на подогретой бетонной смеси. Эта смесь в момент укладки в конструкцию должна иметь положительную температуру, по величине обратную температуре окружающего

воздуха. Это достигается подогревом воды, щебня и песка (паром) при приготовлении бетонной смеси на заводе.

б) Для исключения охлаждения в пути кузов самосвала закрывается сверху щитами, а снизу подогревается выхлопными газами от двигателя автомобиля через устроенное двойное дно кузова.

в) Бадьи и бункера накрываются деревянными утепленными крышками, а снаружи обшиваются. При сильных морозах их периодически прогревают паром. Бетононасосы устанавливают в отапливаемых помещениях. Перед началом работы через бетоновод прокачивается горячая вода. Звенья труб магистрального бетоновода при температуре ниже минус 10°C заключают в теплоизоляцию вместе с обогревающей грубой трубопровода.

г) Перед укладкой бетонной смеси опалубка и арматура очищаются от мусора, снега, наледи. Для этого при необходимости используется продувка горячим воздухом от калориферов или паром, а также промыв горячим паром с последующей продувкой горячим воздухом.

д) При морозах ниже минус 15°C арматуру из стержней диаметром более 25 мм и прокатных профилей отогревается до плюс 5°C , чтобы обеспечить хорошее сцепление бетона с арматурой. С этой же целью выступающие за пределы утепленной опалубки металлические элементы после отогрева утепляются на длине не менее 1,5 м от блока.

е) На качество бетона сильно влияет состояние основания, на которое его укладывают. Важно исключить раннее замораживание бетона в стыке с основанием и последующее деформации пучинистых грунтов основания.

До начала бетонирования фундаментов пучинистые грунты отогреваются паром, огневым способом или с помощью электричества. Не пучинистые грунты не прогревают. Температура укладываемой смеси должна быть как минимум на 10°C выше, чем температура грунта основания. Не допускается укладка бетонной смеси на замерзший грунт («промороженное» основание).

При необходимости укладки бетонной смеси на ранее уложенный и замерзший бетон он отогревается на глубину не менее 400 мм и предохраняется от промерзания до приобретения свежим бетоном критической прочности.

ж) При бетонировании, для уменьшения тепловых потерь, бетонная смесь укладывается небольшими участками по длине и ширине, чтобы ранее уложенные слои быстрее перекрывались новыми, и температура бетона не успевала опускаться ниже расчетной.

з) Бетонирование ведется круглосуточно без перерывов, так как подготовка замерзших рабочих швов весьма трудоемка и не всегда обеспечивается необходимое качество.

Технологии, обеспечивающие нормальный режим твердения бетона:

1. Применение химических добавок.

Химические добавки понижают температуру замерзания жидкой части бетонной смеси, обеспечивая твердение бетона при температуре ниже 0°C, что увеличивает время набора прочности.

Этот метод относительно недорогой (дополнительные затраты по сравнению с обычными условиями (удорожание) около 16%) и широко применяется в строительстве. В качестве добавок используются: хлористый натрий, хлористый кальций, углекислый калий (поташ), нитрит натрия и др.

Добавки вводятся в бетонную смесь при ее приготовлении. В зависимости от их количества получают заданный эффект:

- при 1–2% от веса цемента – ускорение твердения бетона;
- при 3–5% от веса цемента – понижение температуры замерзания на 5–10°C;
- при 10–15% от веса цемента – полное исключение замерзания «холодный бетон», но при этом набор прочности продолжается 40–90 суток.

Прогрев бетона.

а) **Метод «термоса».** Используется тепло, выделяющееся при химических реакциях твердения бетона. Для этого конструкцию дополнительно утепляют.

Метод эффективен для массивных конструкций простой формы, особенно для заглубленных сооружений и конструкций на грунте и в грунте (фундаменты, стены подвалов, фундаменты под оборудование, полы на грунте и т. п.). Для усиления эффекта при приготовлении смеси используются цементы с повышенным тепловыделением.

б) **Прогрев паром.** Вокруг забетонированной конструкции устраивается «рубашка» из рубероида, деревянных или стальных щитов, под которую подается пар (рис. 3.1). «Рубашка» обеспечивает необходимый прогрев конструкции и влажность (не высушивает бетон).

Используется пар низкого давления 0,5 – 0,7 атм. с температурой 80–90⁰С. Примерный режим паропрогрева: скорость подъема (градиент) температуры не более 5–10 град/ч; изотермический прогрев при температуре 80⁰С для бетонов на обычном портландцементе и 95⁰С – на шлакопортландцементе и пуццолановом цементе. Скорость остывания (градиент) бетона должна быть 10 град/ч. Паропрогрев бетона возможно вести до набора им проектной прочности, что особенно актуально для наших восточных и северных регионов, где «зимний период» составляет 8- 10 месяцев.

Метод применяется для прогрева различных бетонных конструкций, но лишь там, где имеется пар в необходимом количестве.

в) **Электропрогрев.** Внутренний – с помощью электродов. Тепло выделяется при прохождении электрического тока через сырую бетонную смесь. Электроды могут внедряться в свежееуложенный бетон или до бетонирования в конструкцию закладываются греющие провода. Количество электродов, греющих проводов в каждом случае определяется расчетом.

Достоинство способа – простота. Недостатки – сложность контроля (круглосуточное наблюдение) и высокая стоимость.

Наружный – тепло выделяется «греющей» опалубкой или греющими гибкими электрошнурами.

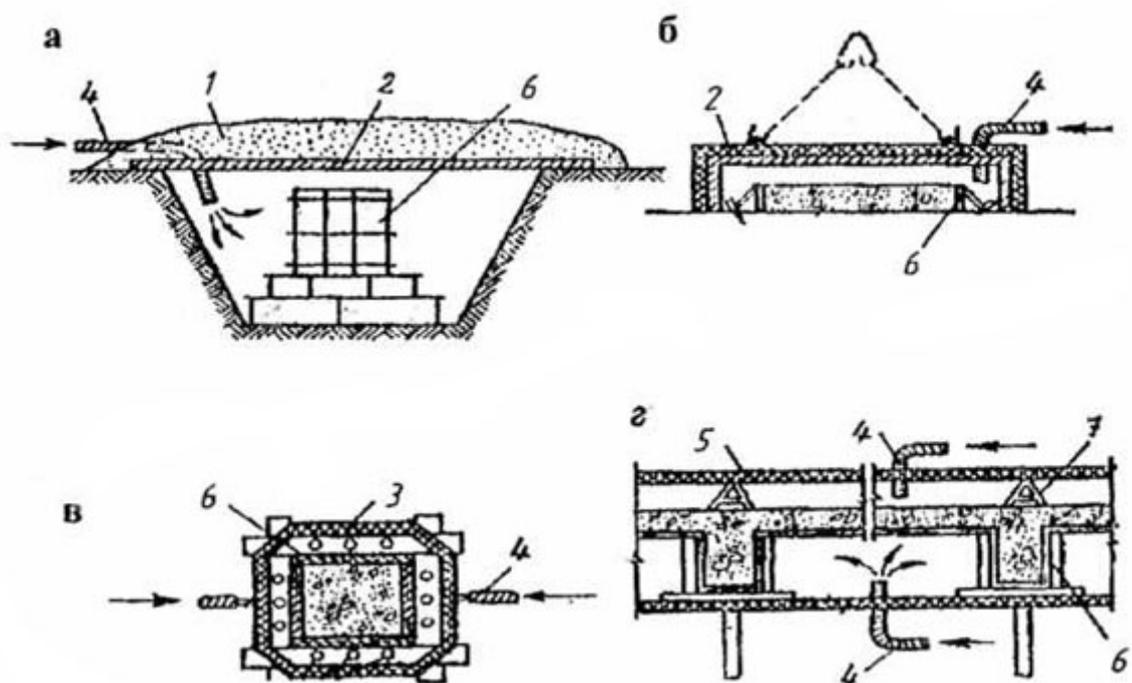


Рис. 3.1. Схемы устройства опалубки при обогреве железобетонных конструкций паром: а – обогрев фундаментов; б – обогрев бетонных плит (полов, площадок); в – капиллярная опалубка для прогрева колонны; г – обогрев ребристого перекрытия; 1 – утеплитель; 2 – съемный короб; 3 – короб колонны; 4 – подача пара; 5 – короб плиты перекрытия; 6 – опалубка; 7 – отверстия в ребрах короба для пара

3. **Бетонирование в «тепляках».** Над бетонируемой конструкцией или частью ее устраивают легкое каркасное ограждение из брезента, пленки и т.п. (шатер) и под него подается теплый воздух или нагреватели ставятся внутри шатра. Под шатром (температура плюс 5–10 °С) бетонирование выполняется в обычных условиях.

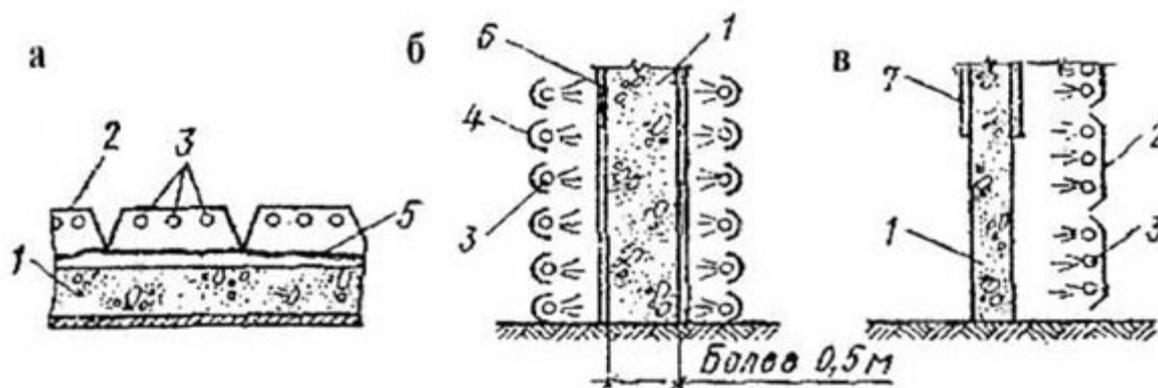
В зависимости от задания тепляк может «работать» 3–16 суток, до набора бетоном 50% проектной (расчетной) прочности или все расчетные 28 суток.

4. **Обогрев бетона инфракрасными лучами (проникающий прогрев).**

Особенность метода в том, что передача тепла бетону (прогрев) происходит на всю толщину конструкции одновременно и с одинаковой интенсивностью (рис. 4.53).

Для обогрева монолитного бетона применяют ТЭНы типа НВСЖ (нагреватель воздушный сушильный жаростойкий) или НВС (нагреватель воздушный сушильный). Мощность этих обогревателей на 1 м длины колеблется от 0,6 до 1,2 кВт, температура излучающих поверхностей – от 300 до 600°С. ТЭНы работают при напряжении 127, 220 и 380 В.

Карборундовые излучатели имеют мощность до 10 кВт/ч, а их рабочая температура достигает 1300–1500 °С.



Оптимальное расстояние между инфракрасной установкой и обогреваемой поверхностью 1–1,2 м.

Обогревать инфракрасными излучателями можно как открытые поверхности бетона, так и через опалубку. Для лучшего поглощения инфракрасного излучения поверхность опалубки покрывают черным матовым лаком. Температура на поверхности бетона не должна превышать 80–90°С. Чтобы исключить интенсивное испарение влаги из бетона, открытые поверхности закрывают полиэтиленовой пленкой, пергамином или рубероидом.

Инфракрасные установки ставят на таком расстоянии друг от друга, чтобы прогреть все участки бетонной поверхности. Прогрев бетона инфракрасными лучами условно делят на три периода: выдержку бетона и его разогрев; изотермический прогрев; остывание.

Способ применяют для термообработки бетона в тонкостенных конструкциях с большим модулем поверхности (например, стен, бетонируемых в скользящей опалубке, плит, балок). Этот метод применяют также для отогрева замерзшего бетона в рабочих швах, при укладке бетона в штрабы, а также для отогрева арматуры, закладных деталей и «активной» поверхности опалубки-облицовки перед укладкой в нее бетона.

3.5. Контроль качества зимнего бетона.

Контроль качества бетона при производстве работ в зимних условиях требует ряда дополнительных мероприятий.

Зимой ведут наблюдения за температурой подогрева воды и заполнителей, а также за температурой бетонной смеси; контролируют температурный режим твердеющего бетона и выполняют дополнительную проверку прочности контрольных образцов бетона.

Результаты наблюдений и проверки прочности образцов заносят в журнал бетонных работ. Данные о методах и сроках выдерживания бетона и другие сведения по тепловому режиму его выдерживания заносят в специальную ведомость контроля температур.

Температуру бетонной смеси на выходе из бетоносмесителя необходимо замерять не реже чем через каждые 2 ч. Контроль температуры бетонной смеси при ее укладке выполняют измерением температуры смеси в каждой доставляемой на объект емкости при порционной подаче и не реже чем через каждые 30 мин при подаче бетонной смеси непрерывным транспортом. Периодичность контроля температуры уложенного бетона следующая:

при бетонировании по методу термоса - 2 раза в сутки до окончания выдерживания;

при паропрогреве в первые 8 ч - через 2 ч, в последующие 16 ч - через 4 ч, в остальное время прогрева и остывания - не реже 3 раз в сутки;

при электропрогреве в первые 3 ч - через каждый час, в остальное время прогрева - через каждые 2-3 ч.

Температура наружного воздуха или окружающей среды измеряют не реже 3 раз в сутки.

Для замера температуры в бетоне оставляют специальные скважины, закрываемые плотными утепленными пробками. Лучше всего вставлять в скважины металлические трубки, имеющие дно, куда наливают немного масла. Температуру замеряют техническими термометрами, опускаемыми в масло, которое принимает температуру бетона.

Все скважины наносят на схему сооружения и нумеруют. Во время измерения температуры бетона термометры изолируют от влияния температуры наружного воздуха и держат в скважине не менее 3 мин. Температуру бетона измеряют в местах наиболее неблагоприятного температурного режима: при термосном выдерживании - в скважинах глубиной 50-100 мм, которые устраивают в слоях бетона, прилегающих к опалубке, и в слоях, отстоящих от нее на расстояние 50-100 мм; при искусственном обогреве - в глубинных скважинах. В конструкциях с модулем поверхности менее 3 должны быть предусмотрены как поверхностные, так и глубинные скважины.

Широко применяют также дистанционные методы контроля температур при помощи термопар и термометров сопротивления.

При контроле прочности бетона, выдерживаемого при положительной температуре, в каждую серию помимо обязательных трех образцов должно быть включено дополнительно по шесть образцов, испытываемых в сроки установленные в зависимости от условий производства работ. Три из шести дополнительных образцов следует испытывать в тот день, когда температура бетона в конструкции упадет до 1-2 °С, остальные три образца являются запасными и служат для получения дополнительных контрольных данных.

Дополнительные контрольные образцы выдерживают при температурном режиме, аналогичном режиму выдерживания бетона в конструкции. Если же это невозможно, то образцы выдерживают в нормальных условиях; при этом в результате испытаний образцов лаборатория вносит соответствующие поправки, используя для этих данных о твердении бетона при различных температурах.

В зимних условиях особое значение приобретает освидетельствование бетона в натуре и проверка качества бетона непосредственно в конструкции.

Если свежееуложенный бетон случайно заморожен, то он требует особого ухода, целью которого является максимальное восстановление прочности бетона. «Лечение» бетона состоит в постепенном его отогреве совместно с обильным увлажнением.

3.6. Особенности бетонирования в вечномерзлых грунтах

Выбор способов бетонирования конструкций, соприкасающихся с вечномерзлыми грунтами, делают в соответствии с принципами использования вечномерзлых грунтов в качестве оснований зданий и сооружений.

При бетонных работах в вечномерзлых грунтах учитывают мерзлотно-грунтовые условия, а также влияние на остывание надземной части забетонированной конструкции жестких температурно-ветровых условий зимнего периода. Эти требования не распространяются на конструкции, где предусматривается оттаивание основания в период эксплуатации сооружений, а также при бетонировании на непросадочных скальных, а также сыпучемерзлых грунтах. Подготовленное под бетонирование и подлежащее сохранению мерзлое грунтовое основание защищают от оттаивания летом и промерзания зимой.

Температура бетонной смеси, укладываемой непосредственно на подлежащее сохранению мерзлое грунтовое основание, не должна превышать $+10^{\circ}\text{C}$.

При укладке бетонной смеси с температурой выше $+10^{\circ}\text{C}$ и при выдерживании по способу термоса или электроподогрева устраивают термоизоляционную песчаную подушку, толщину которой определяют расчетным путем. В этом случае сначала укладывают нижний слой песка, имеющего положительную температуру, уплотняют его и промораживают. Затем укладывают верхний слой песка или другого материала, гидроизоляцию и бетонную смесь.

Для ускорения твердения бетонной смеси применяют добавки – ускорители твердения и противоморозные добавки. Количество добавок не должно допускать размораживание грунта. Допускается применение бетонов с повышенным содержанием противоморозных добавок, если исключается проникновение солей из бетона в вечномерзлый грунт. Это может быть достигнуто устройством плотной опалубки при гидроизоляции.

В армированных конструкциях добавок не должно быть больше 2% от массы цемента. В случае необходимости получения проектной прочности бетона в 28-суточном возрасте без применения добавок, но с электротермообработкой класс бетона повышают с В10, В15, В25 соответственно до В15, В25, В35.

Если конструкции рассчитаны на передачу нагрузки вечномерзлomu грунту за счет смерзания бетона с грунтом, то использование бетонов с повышенным содержанием противоморозных добавок не допускается. Применение паропрогрева при бетонировании в вечномерзлых грунтах также не разрешается, чтобы исключить их размораживание.

Контрольные вопросы:

1. От каких факторов зависит морозостойкость плотных и пористых материалов?
2. Опишите механизм разрушения структуры пористых тел при замораживании.
3. Как производится контроль качества зимнего бетона?
4. Каковы особенности бетонирования в вечномерзлых грунтах?
5. Опишите технологию проведения индукционного прогрева бетонной смеси.
6. Каковы особенности транспортирования бетонной смеси в зимнее время
7. В чем сущность электродного прогрева бетонной смеси?
8. Каковы особенности укладки бетонной смеси в зимнее время?
9. Опишите, каким образом производят контактный электроразогрев бетонной смеси.
10. Как производится обогрев бетонного раствора и бетона греющими опалубками?
11. Опишите метод термоса.
12. Приведите нормы определение продолжительности остывания бетона и величины, набранной им за это время прочности.

Тема 4. Строительные материалы в условиях повышенного коррозионного воздействия

Коррозия (от лат. *corrosio* - разъедание) - разрушение материалов вследствие химического или электрохимического взаимодействия со средой.

Коррозионная стойкость - относительная способность строительного материала в изделии или конструкции в течение определенного срока сопротивляться воздействию агрессивной среды.

Строительные материалы, и в первую очередь их поверхности, в течение длительной эксплуатации разрушаются в основном в результате двух видов воздействия: коррозионного, связанного с влиянием на материал внешней, агрессивной среды, и эрозионного, вызываемого механическим воздействием.

Эрозия материалов - постепенное послойное разрушение поверхности изделий под влиянием механических воздействий среды.

Эрозионное разрушение интенсивно протекает при относительно быстром перемещении среды или материала. Особенно большой величины эрозия достигает при контакте материала с расплавами металлов и шлаков, а также с газообразными окислителями и пр.

Явления коррозии и эрозии часто сопутствуют друг другу, и поэтому их не всегда удается разделить. В строительном материаловедении эти явления рассматривают отдельно. Эрозионные процессы рассматриваются при изучении эксплуатационных свойств покрытий полов, дорожных покрытий и пр.

4.1. Виды коррозии строительных материалов

Коррозия строительных материалов различается по виду коррозионной среды, характеру разрушения и процессам, происходящим в них:

- коррозионная среда: газовая: (инертный газ; химически активный газ); жидкостная: (кислотная; соленая; щелочная, морская; речная; в расплаве металлов, силикатов);

- характер разрушения: (равномерное, неравномерное, избирательное, поверхностное, растрескивание, местное, межкристаллитное);
- виды воздействий (процессов): (химические; электрохимические; биологические).

Газовая коррозия представляет собой коррозию в газовой среде при полном отсутствии конденсации влаги на поверхности материала. Этому виду коррозии подвержены материалы, работающие в условиях высоких температур в среде осушенного газа (керамика). Газовая коррозия относится к химическим процессам разрушения. Скорость ее зависит от природы материала, его структуры и свойств новообразований на его поверхности.

Жидкостная коррозия природных и искусственных каменных материалов, происходящая под действием растворов электролитов и не электролитов, а также различных расплавов, носит в основном химический характер, хотя, в зависимости от вида и свойств жидкости отличается рядом особенностей. Важнейшей особенностью жидкостей является наличие в них сил межмолекулярного взаимодействия. Этим обусловлены два свойства жидкого состояния: молекулярное давление и связанное с ним поверхностное натяжение. Поверхностное натяжение жидкости оказывает большое влияние на интенсивность разрушения материала, которое определяется так же смачивающими свойствами жидкости.

Равномерная коррозия возникает в результате действия агрессивной среды при достаточной толщине изделия и равномерном распределении напряжений сжатия, изгиба или растяжения. Коррозия этого вида в отличие от других в значительно меньшей степени влияет на прочностные свойства материала.

Неравномерная, или местная коррозия (пятна, язвы, разводы) происходит при различной концентрации агрессивной среды на отдельных участках или неоднородности самого материала (его состава и структуры). Так, в результате неравномерного распределения кристаллической и стекловидной фаз в керамическом материале коррозионное разрушение на его отдельных участках протекает с разной скоростью. При этом в стекловидной фазе процесс развивается значительно быстрее, чем в

кристаллической. Наличие в материале неоднородной пористости также способствует образованию в нем неравномерной коррозии.

Избирательная коррозия характерна для материалов, в которых один из компонентов при формировании структуры образует легко растворимые соединения. В период эксплуатации эти соединения могут переходить в раствор, образуя на поверхности материала так называемые «высолы».

Межкристаллитная коррозия возникает в результате разрушения материала по границам зерен и быстро распространяется в глубь материала, резко снижая его свойства. Этот вид коррозии присущ некоторым обжиговым материалам, при спекании которых образуются новые фазы, твердые растворы и пр. и, следовательно, границы раздела.

Коррозионное воздействие в общем случае может иметь два принципиально различных механизма: *химическое взаимодействие и растворение*.

Химическое взаимодействие сводится к реакции между средой и материалом с образованием новых соединений. При наличии в агрессивных средах примесей, а в материале -добавок химические реакции могут протекать между всеми элементами взаимодействия. Поскольку каменные материалы являются диэлектриками и взаимодействие их с агрессивной средой не сопровождается возникновением электрических токов, процесс разрушения материалов называют химической коррозией.

При воздействии агрессивных сред на металлы происходит электрохимический процесс передачи электронов из слоя металла с более низким электрическим потенциалом к слою с более высоким потенциалом и восстановление электроположительных ионов с последующим разрушением поверхностного слоя. Такой процесс разрушения принято называть *электрохимической коррозией*.

Биологическая коррозия - разрушение материала под непосредственным воздействием растительных и животных организмов, а также микроорганизмов. Высшие растительные организмы (корневая система, стебли, листья, семена и пр.) в процессе жизнедеятельности продуцируют различные виды веществ, большинство из которых по отношению к строительным материалам являются агрессивными. Животные организмы вызывают биоповреждения материалов как непосредственно своим механическим воздействием (грызуны, птицы и пр.), так и

продуктами своей жизнедеятельности. Низшие растительные организмы и микроорганизмы (водоросли, лишайники, мхи, грибки, бактерии и пр.) разрушают поверхностные слои бетонов и создают условия для гниения конструкций из древесины.

Коррозию, возникающую в результате воздействия на строительные материалы продуктов технологической переработки органических веществ как биогенного (фрукты, овощи, растительные масла, кровь, соки, жиры и пр.), так и небиогенного происхождения (нефть, уголь, сланцы, известняки-ракушечники, выхлопные газы, копоть и пр.), принято называть *органогенной коррозией*.

4.2. Факторы, влияющие на коррозионную стойкость строительных материалов

Коррозионная стойкость строительных материалов зависит от многих факторов, которые подразделяются на внешние и внутренние.

Внешние факторы определяют агрессивность среды и ее влияние на материал. К ним можно отнести рН среды, температуру и ее перепад, а также интенсивность воздействия среды на материал.

Водородный показатель раствора электролита, характеризующий активность в нем ионов водорода, является весьма важным фактором, влияющим на процесс химической коррозии. Скорость коррозии силикатов в растворах электролитов в значительной степени зависит от характера растворов и протекает по-разному в кислых, щелочных или нейтральных средах.

Вода как участник технологического процесса рассматривается в двух аспектах: как нейтральный компонент, служащий для придания смеси необходимых свойств, и как растворитель и переносчик ионов.

Причиной коррозии многих строительных материалов в воде или в других электролитах является термодинамическая неустойчивость соединений, содержащихся в этих материалах, которая связана с развитием процессов гидратации, сопровождающихся экзотермическими или эндотермическими эффектами.

Экзотермический эффект свидетельствует о созидательном процессе в материале, например при гидратации цемента, а эндотермический эффект - о разрушительном, например при гидратации керамического черепка.

Температура - одна из важнейших переменных, влияющих на коррозионную и эрозионную стойкость. Повышение температуры, как правило, способствует усилению коррозионного воздействия за счет увеличения предельной растворимости, скорости диффузии и интенсивности химических реакций.

Перепады температур в системе вызывают термический перенос массы, что может сделать непригодным применение материала, который в нормальных условиях имеет малую растворимость.

Интенсивность воздействия среды влияет на скорость коррозионных процессов. Увеличение объема среды, находящейся в контакте с материалом, может усилить коррозионное воздействие за счет увеличения средней скорости растворения материала.

Внутренние факторы - это состав, структура материала и его свойства.

Ввиду особенностей строения различных материалов влияние на них внешних факторов неодинаково, и поэтому коррозионную стойкость обжиговых, плавленных, гидратационных материалов, а также металлов и древесины рассматривают отдельно.

В зависимости от природы, неметаллические материалы подразделяются на материалы неорганического происхождения и материалы органического происхождения. Химическая стойкость материалов неорганического происхождения зависит от большого числа факторов. К ним относятся: химический и минералогический состав, пористость, структура и др.

4.3. Методики оценки коррозионной стойкости строительных материалов.

Методы оценки коррозионной стойкости можно разделить на качественные и количественные. Качественные позволяют визуально установить изменения микрогеометрии поверхности металла или покрытия, а также вид коррозионного разрушения (изменение цвета, качества и неоднородности поверхности). Для количественной оценки используют показатели коррозии, которые

устанавливают скорость коррозионных разрушений или изменение других свойств в результате коррозии.

Металлические материалы

Для металлов наибольшее практическое распространение получила оценка коррозионного эффекта в баллах определенной шкалы. Шкалы связывают стойкость материалов к воздействию агрессивной среды определенных параметров и скорость коррозии. В нашей стране коррозионную стойкость металлов оценивают по десятибалльной шкале (табл.4.1).

Таблица 4.1.

Десятибалльная шкала коррозионной стойкости металлов

Группа стойкости	Скорость коррозии, мм/год	Балл
Совершенно стойкие	Менее 0,001	1
Весьма стойкие	Свыше 0,001 до 0,005	2
	Свыше 0,005 до 0,01	3
Стойкие	Свыше 0,01 до 0,05	4
	Свыше 0,05 до 0,1	5
Пониженностойкие	Свыше 0,1 до 0,5	6
	Свыше 0,5 до 1,0	7
Малостойкие	Свыше 1,0 до 5,0	8
	Свыше 5,0 до 10	9
Нестойкие	Свыше 10	10

Несмотря на большое количество коррозионностойких металлов и сплавов, эти конструкционные материалы в ряде производств не могут удовлетворить растущие потребности промышленности, как с качественной, так и с количественной стороны. Применение неметаллических материалов во многих случаях является более эффективным. Существенное отличие неметаллических материалов от металлов состоит в том, что они мало или вовсе не электропроводны. Поэтому характер разрушения этих материалов отличен от коррозии металлов и сплавов: их разрушение вызывается химическими или физико-механическими факторами, но не электрохимическими процессами, как в большинстве случаев коррозии металлов

Неметаллические материалы

Основную группу материалов органического происхождения составляют полимерные материалы. Разрушение полимерных материалов обозначают термином "старение". Старение – совокупность физических и химических процессов, протекающих в

полимерном материале, приводящих к изменению его состава и структуры под действием влияющих факторов. Снижение химической стойкости и физико-механических показателей полимерных материалов в результате старения заключается в деструкции вещества. Под деструкцией понимают процессы, приводящие к уменьшению длины цепей или размеров макромолекул. Процессы деструкции протекают в полимерах под воздействием тепла, света, излучений, кислорода, озона, механических напряжений. За меру химической стойкости неметаллических материалов, применяемых в качестве герметиков, защитных покрытий, часто принимают величину их набухания в рабочей среде. При использовании тех же материалов в качестве конструкционных или для футеровки крупногабаритного оборудования таких данных недостаточно. В этом случае за критерии стойкости, обеспечивающие работоспособность материала, необходимо принимать данные о его физических и, в частности, механических свойствах в агрессивной среде. Оценка стойкости неметаллических материалов принято задавать в виде трехбалльной шкалы в зависимости от степени набухания или изменения прочностных параметров (табл. 4.2..

Таблица 4.2.

Система оценки стойкости полимерных материалов

Оценка	Набухание, %	Изменение прочности и относительного удлинения, %
Стойкие (С)	< 5	<10
Относительно стойкие (ОС)	5-10	10-20
Нестойкие (Н)	> 10	>20

Бетоны

В связи с широким применением бетонных и железобетонных конструкций на предприятиях химической промышленности и освоением новых районов с агрессивными грунтовыми водами важной задачей является обеспечение долговечности бетона при действии на него различных жидких сред.

Ввиду сложности и разнообразия процессов, происходящих между отдельными агрессивными по отношению к бетону веществами и компонентами цементного камня бетона, не может быть предложено единого метода исследования процессов коррозии бетона.

Однако в зависимости от вида коррозионного процесса могут быть установлены параметры, характеризующие коррозионную стойкость бетона.

Коррозионная стойкость бетона может быть определена:

а) по изменению химического состава цементного камня бетона во времени - кинетический метод определения скорости коррозии;

б) по изменению прочностных свойств бетона: прочности на растяжение при изгибе и сжатии, динамического модуля упругости;

в) по изменению величины линейных деформаций бетона.

4.4. Общие принципы повышения коррозионной стойкости

Основными принципами повышения коррозионной стойкости строительных изделий и конструкций являются:

- первичная защита от коррозии - защита от коррозии, достигаемая посредством выбора материалов, изменения состава или структуры строительного материала до изготовления или в процессе изготовления конструкции;

- вторичная защита от коррозии - защита от коррозии, достигаемая ограничением или исключением действия среды на конструкцию после изготовления.

Защитная обработка поверхности:

Защитная пропитка -заполнение пор материала строительной конструкции или защитного покрытия материалами, стойкими к воздействию агрессивной среды

Защитное покрытие - покрытие, создаваемое на поверхности строительного изделия или конструкции для защиты от коррозии.

Виды защитных покрытий

Лакокрасочное защитное покрытие - покрытие на поверхности строительного изделия или конструкции из лакокрасочного материала, состоящее из одного или нескольких слоев, адгезионно связанных с защищаемой поверхностью;

Грунтовочный слой лакокрасочного защитного покрытия - слой лакокрасочного материала, наносимый непосредственно на защищаемую поверхность, обеспечивающий адгезию защитного покрытия с защищаемым материалом;

Пленочное защитное покрытие - покрытие из пленочных листовых или рулонных материалов;

Облицовочное защитное покрытие - покрытие, состоящее из штучных материалов, укладываемых на химически стойкой замазке или растворе, подстилающего и изоляционного слоя;

Футеровочное защитное покрытие- облицовочное защитное покрытие, устраиваемое на внутренней поверхности конструкции и сооружений.

4.5. Защита металлов

Можно придать металлу повышенную коррозионную стойкость при изготовлении, например легированием, но такой металл получается очень дорогим, ибо легирующие присадки дефицитны и дороги. Поэтому в строительстве используется обычная сталь, которую приходится защищать от коррозии уже в изделиях.

Методы защиты конструкций от коррозии в атмосферных условиях.

Защиту конструкций осуществляют либо снижением агрессивного действия среды, либо изоляцией металла от нее. Первый метод - снижение агрессивного действия среды - эффективен при условии, что среда замкнута и изолирована. Примером может служить удаление агрессивных компонентов из воздуха помещений путем вентиляции или удаление из воды в теплоэнергетических установках кислорода как агрессивного фактора посредством ее аэрации и исключения подпитки неаэрированной водой.

Второй метод - изоляция металла от среды - весьма распространен и не только в атмосферных условиях, но и в заглубленных сооружениях. В зависимости от средств изоляции он охватывает ряд способов, но отличается тем, что для его осуществления слой изоляции должен быть толстым и прочным, кислотощелочестойким, а выполнение такой изоляции дорого и сложно.

В последнее время все больше используются полимерные и неорганические (силикатные) покрытия. Самые распространенные из них во всех видах техники, в том числе и

строительной - лакокрасочные. Более 80% металлоконструкций защищаются именно такими покрытиями.

В последнее время стали создавать в заводских условиях при изготовлении металлоконструкции металлическую подоснову под окрасочный состав из алюминия, цинка и других металлов, наносимых газопламенным способом, это продлевает срок службы покрытия и металла в 2 раза. Широкое распространение получили также грунтовки и основе смол, фосфатирующие и эпоксидные грунтовки. Противокоррозионные свойства грунтовок усиливаются введением в них таких пассивирующих пигментов, как свинцовый сурик, цинковая пыль и др.

Конструкции, работающие в условиях высокой влажности, защищаются эмалями на основе акриловой смолы.

В последние годы получил распространение способ защиты металлоконструкций без удаления продуктов коррозии, так как стоимость очистки и подготовки поверхности составляет около 40 % стоимости защитных мероприятий.

Методы защиты конструкций от почвенной коррозии.

Для защиты металлоконструкций от почвенной коррозии чаще всего служат покрытия на основе битумов и электрохимический метод.

Сущность электрохимической защиты состоит в том, что защищаемая конструкция подвергается или катодной поляризации от специально установленных анодов из более активного металла, или поляризации наложенным постоянным током от внешнего источника. Для прекращения почвенной коррозии надо, чтобы разность между катодным и анодным участками конструкции равнялась нулю или чтобы электросопротивление протеканию тока коррозионного элемента (за счет изоляции) было очень большим.

Электрохимическая защита металлоконструкций от почвенной коррозии производится с учетом характеристики грунтов, срока службы сооружения и других факторов, в том числе наличия в зоне защищаемого сооружения блуждающих токов.

Протекторная защита подземных конструкций от коррозии осуществляется электродами-протекторами, обладающими

более отрицательными потенциалами и выполняющими в паре с защищаемым сооружением роль анода.

Катодная (активная) защита осуществляется посредством постоянного тока, подаваемого через погруженный в грунт электрод (анодное заземление). При этом отрицательный электрод постоянного тока присоединяется к защищаемому сооружению - катоду, а положительный - к аноду. Сооружение поляризуется отрицательно; потенциал его становится отрицательнее потенциала коррозионных анодных пар, и ток коррозии прекращается. При такой защите разрушается дополнительный электрод, с которого ток стекает в грунт. В качестве электрода (анода) используются отходы - куски рельс, труб и т. п. При этом коррозия не прекращается, а лишь переносится на дополнительный элемент, который с течением времени может быть заменен, а защищаемое сооружение не разрушается, так как является катодом.

4.6. Защита бетонных и каменных конструкций от коррозии.

Защита заключается, с одной стороны, в снижении агрессивности среды, а с другой - в повышении стойкости конструкции, в устройстве защитных покрытий или в совместном применении этих мер. Защита железобетонных конструкций строится, кроме того, на подавлении коррозионных токов, возникающих в арматуре, или на дренаже блуждающих токов.

Снижение агрессивности среды.

Агрессивное действие среды может быть уменьшено путем понижения уровня грунтовых вод или отвода их от сооружений. Снижение агрессивного действия грунтовых вод, загрязненных кислыми промышленными стоками или агрессивной CO_2 (составной частью нестойкой угольной кислоты), достигается прокладкой на их пути траншеи, заполненных известняков. Агрессивное действие парогазовой среды внутри сооружений может быть уменьшено усиленной вентиляцией.

Повышение коррозионной стойкости поверхностного слоя конструкций достигается обработкой их поверхности

кретированием, гидрофобизацией, силикатизацией, флюатированием, карбонизацией.

Торкретирование состоит в нанесении из защитного слоя или активированного цемента на очищенную поверхность под давлением сжатого воздуха 5-6. Смесь цемента и песка (в среднем 1:3) подготавливается заранее в растворомешалке или вручную. Активированный топкрет представляет собой смесь вибромолотых цемента и песка и поверхностно активных добавок. Сухая смесь по шлангу подается к соплу, где смачивается водой, а затем наносится на защищаемую поверхность.

Создание непроницаемого слоя на поверхности прочных каменных материалов достигается полировкой, способствующей заполнению пор и пустот частицами камня, и последующим нанесением разогретых парафина, воска, олифы.

Гидрофобизация (придание способности не смачиваться водой) поверхностей кирпичных, бетонных и других конструкции имеет целью защиту их от атмосферных осадков в условиях повышенной влажности. Для гидрофобизации строительных конструкций используются следующие кремнийорганические полимерные материалы:

водная эмульсия ГКЖ-94, представляющая собой 50 % раствор кремнийорганической жидкости ГКЖ-94, содержащий в качестве эмульгатора желатин; раствор ГКЖ-94 в уайтспирите или керосине; водный раствор ГКЖ-94, являющийся смесью кремнийорганических соединений. Кремнийорганические материалы поступают готовыми к употреблению ГЖК-94 (100%), водной эмульсии ГКЖ-94 (50%) и водного раствора ГКЖ-10 (20-20 /о). Гидрофобный материал требуемой концентрации необходимо приготовить из исходной водной эмульсии на рабочем месте.

Силикатизация поверхностного слоя состоит в нанесении на конструкцию (главным образом из естественных каменных материалов) жидкого стекла, а после его высыхания -раствора хлористого кальция; при этом происходит реакция $\text{Na}_2\text{OSiO}_2 + \text{CaCl}_2 = \text{CaOSiO}_2 + 2\text{NaCl}$, в результате которой образуются силикат кальция, заполняющий поры и повышающий стойкость конструкции, и соль, смываемая водой.

Флюатирование поверхности конструкций основано на взаимодействии свободной извести и растворов кремнефтористых солей легких металлов (магния, алюминия, цинка), которые, вступая в реакцию с углекислым кальцием, образуют, нерастворимые продукты, оседающие в порах и уплотняющие конструкции. Флюатирование бетонов начинается с нанесения на сухую очищенную поверхность раствора хлористого кальция, а затем флюатов.

Поверхность бетона" может обрабатываться также 3 - 7 %-ным раствором кремнефтористоводородной кислоты H_2SiF_6 ; при этом на поверхности образуется пленка фтористого кальция и кремнезема. Такая обработка повторяется несколько раз после высыхания каждого предыдущего слоя.

Карбонизация поверхностного слоя свежеприготовленного бетона состоит в превращении гидрата, окиси кальция $Ca(OH)_2$ под воздействием углекислого газа в карбонат кальция $Ca(CO)_3$, который более стоек к внешним воздействиям.

4.7. Устройство защитных покрытий.

Одним из методов защиты конструкций является устройство или восстановление защитных покрытий: глиняной набивки, слоев обмазки, покраски, штукатурки КЦР, рулонного покрытия или слоя облицовки. Защита конструкций в этом случае основана на изоляции их от агрессивной среды, а потому покрытия должны быть водостойкими и водонепроницаемыми, а в особых случаях - и механически прочными. Чем агрессивнее среда, тем надежнее должна быть защита.

Особенность осуществления изоляции в агрессивной грунтовой среде, в отличие от обычной гидроизоляции, состоит в том, что она должна быть химически стойкой и наноситься обязательно с наружной стороны конструкции. Защита от воздействия внутренней агрессивной среды производится изнутри сооружения, при этом защищается вся толща конструкции. В условиях эксплуатации необходимо зачастую восстанавливать защитные покрытия, предусмотренные проектом, в отдельных же случаях их устраивают вновь по специально разработанному проекту.

Штукатурная гидроизоляция коллоидным цементным раствором (КЦР) используется для противofильтрационной защиты подземных и подводных сооружений без ограничения величины действующего напора при работе гидроизоляции «на прижим» и напорах $P = 0,1$ Па, при работе ее «на отрыв», а также при повышенной и постоянной влажности воздуха. Запрещается применение КЦР, если среда химически агрессивна по отношению к обычному портландцементу, а также при электрохимической агрессивности окружающей среды с блуждающими токами.

Для устройства защитных покрытий пригодны и такие материалы, как эпоксидные смолы, цементно- и битумно-латексные композиции и др. Битум, являющийся отходом нефтепереработки и относительно дешевым материалом, широко используется для защитных покрытий. Соединяя битумы с каучуком, резиной, зеленым маслом и синтетическими смолами, можно повысить стойкость битумных покрытий в агрессивной среде.

Битумные покрытия в виде шпаклевок, плотных штукатурок и облицовок предназначены для защиты конструкций в сильноагрессивных атмосферных и агрессивных жидких средах без механических воздействий.

Внутри зданий и сооружений для защиты конструкций от разрушения промышленными стоками и предотвращения проникновения их в грунт устраиваются кислотостойкие поддоны, отличающиеся тем, что собственно изоляция из битумной мастики или рулонного материала защищена от механических повреждений кислотостойкими плитками либо кирпичом.

Для защиты стен и покрытий от разрушения парообразной агрессивной средой применяются лаки и эмали, наиболее часто - битумно-смоляные эпоксидные эмали, ПХВ эмали и лаки, кремнийорганические эмали. Лакокрасочные покрытия легко наносятся и восстанавливаются, они экономичны. Из-за их высокой проницаемости они выполняются многослойными - от трех до восьми слоев, в зависимости от степени агрессивности среды.

Инъекционная защита.

Повышение плотности и прочности конструкций нагнетанием в них растворов. Инъекция растворов в конструкции с

целью повышения их плотности и прочности может быть осуществлена цементацией (нагнетание цементного молока), силикатизацией (нагнетание жидкого стекла) и смолизацией (нагнетание синтетических смол).

Цементация заключается в нагнетании цементного раствора через пробуренные в конструкции отверстия, что увеличивает ее плотность и водонепроницаемость, а тем самым и коррозионную стойкость.

Силикатизация состоит в нагнетании через пробуренные в конструкциях отверстия (или иным способом) жидкого стекла, которое, проникая в пустоты и поры, заполняет их. Вводимый вслед за этим раствор хлористого кальция, реагируя с жидким стеклом, образует уплотняющий осадок из плохо растворимого гидросиликата кальция и нерастворимого геля кремнезема. Твердение гидросиликата и кремнезема завершается быстро - за четверо суток.

Смолизация мелкотрещиноватого, пористого бетона осуществляется путем нагнетания водного раствора карбамидной смолы, которая затвердевает при добавлении специально подобранного отвердителя, не агрессивного к бетону (например, щавелевой или кремнефтористоводородной кислоты).

4.8. Защита деревянных конструкций.

Биологический процесс разрушения деревянных конструкций можно сравнительно просто предотвратить путем их антисептирования или покрытия малыми дозами ядохимикатов.

Противогнилостная профилактика (при разработке проектов защиты следует руководствоваться СНиП 11.28-79 «Антикоррозионная защита строительных конструкций. Нормы проектирования»; СНиП 111.19-79 «Деревянные конструкции. Правила производства и приемки монтажных работ») разрушения деревянных конструкций заключается в выборе типа конструкции, правильном расположении слоев, которые могут гнить, в прокладке пароизоляции со стороны помещений с высокой влажностью и в обеспечении воздушной прослойки у наружной поверхности конструкции; это проектная профилактика.

Для предохранения деревянных конструкций от загнивания необходимо проводить строительную профилактику, т. е. применять во время строительства и ремонта только воздушно-сухую, при необходимости антисептированную, древесину, вырезать и сжигать поврежденные части, устранять источники увлажнения конструкций.

В ходе эксплуатации зданий надо осуществлять эксплуатационную профилактику: не допускать увлажнения деревянных конструкций, своевременно стать причиной или источником увлажнения. Весной и осенью нельзя также допускать застоя воздуха на чердаках, в подвалах, подпольях и в иных помещениях с высокой влажностью. Кроме перечисленных мер, особое значение в защите древесины от загнивания придается антисептированию конструкций в ходе строительства и ремонта.

Защита древесины от гниения может проводиться несколькими методами: поверхностной обработкой, пропиткой, диффузным методом, а также химическим консервированием' основанным на введении в древесину, т. е. в полости клеточных оболочек и самих клеток, химических ядов - антисептиков убивающих грибы и древоотцов и препятствующих их развитию. Антисептики, по СНиП 11.28-79, подразделяются на следующие группы:

- антисептики, применяемые в водных растворах;
- антисептические пасты на основе водорастворимых антисептиков;
- маслянистые антисептики;
- антисептики, используемые в органических растворителях.

- антисептики, применяемые в водных растворах, - фтористый, кремнефтористый, аммонийкремнефтористый натрий и другие - предназначены для защиты тех деревянных конструкций, а также изделий из древесины, стружек, опилок, камыша, которые в период эксплуатации будут защищены от увлажнения и вымывающего действия воды.

Антисептические пасты на основе водорастворимых антисептиков - битумные, на кузбасслаке, экстрактовые на фтористом натрии и другие - по характеру связующего

вещества подразделяются на битумные, на кузбасслаке, экстрактовые и глиняные. Первые две пасты не корродируют металл, они наносятся на древесину любой влажности, так как водой вымываются слабо. Экстрактовые пасты, изготовляемые на основе экстракта сульфитных щелоков, и глиняные пасты не горючи, не имеют запаха, не корродируют металл, не водостойки, т. е. легко вымываются водой.

Антисептические пасты применяются для защиты деревянных конструкций, находящихся в условиях повышенной влажности. При этом открытые и соприкасающиеся с землей конструкции, обработанные такими пастами, должны защищаться от вымывающего действия воды гидроизоляционными обмазками на битуме, кузбасслаке и т. п. Пасты также используются для заполнения трещин в конструкциях с целью защиты их от загнивания.

К маслянистым антисептикам относятся следующие масла: каменноугольное для пропитки древесины, каменноугольное полукоксовое и сланцевое шпалопрпиточное. Они используются для защиты открытых конструкций путем пропитки их под давлением или в высокотемпературных и горячехолодных ваннах.

Антисептики, применяемые в органических растворителях - нефтепродуктах, служат для защиты наружных конструкций.

Широко распространенный в строительстве метод пропитки древесины в горячехолодных ваннах основан на капиллярном поглощении ею пропиточных растворов.

Срок службы консервированной (антисептированной) древесины увеличивается примерно в три раза. Срок службы неантисептированной древесины с влажностью более 20 % сокращается до двух лет (в погребах, колодцах, шахтах - до семи месяцев). Следовательно, при ремонте сооружений можно применять только сухую древесину, защищать ее от увлажнения или антисептировать.

Элементы, подлежащие сплошной окраске (окна, двери, чистые полы и перегородки), не антисептируются. Антисептируются наружные и скрытые элементы конструкций - деревянные фундаменты, балки, накаты, подшивка, перегородки под штукатурку и т. д.

Способы и материалы для антисептирования определяются назначением конструкций и их размерами. Все деревянные конструкции по характеру антисептирования делятся на две группы.

К первой группе относятся элементы конструкций открытых сооружений, находящихся в жестких условиях работы и требующих наиболее эффективной защиты: сваи, ростверки, а также элементы, находящиеся на открытом воздухе, - цоколи, фундаментные стойки деревянных зданий. Конструкции первой группы глубоко пропитываются каменноугольным или сланцевым маслом под вакуумом.

Ко второй группе относятся периодически увлажняемые конструкции: перекрытия первого этажа, наружные стены балки, лаги, подоконные доски и все тонкие внутренние деревянные элементы, редко и случайно увлажняемые, доски перегородок и подшивок потолка; эти элементы антисептируются преимущественно в целях профилактики, а также когда влажность древесины превышает нормативную. Конструкции второй группы антисептируются водными химическими растворами, путем пропитки в горячехолодных ваннах, окраски, обмазки. Пастами покрывают элементы, длительно или периодически увлажняемые в процессе эксплуатации. Применение паст основано на том, что при увлажнении они проникают в древесину и защищают ее от развития грибов. Пасту наносят кистями или шпателем. После подсушки древесины ее защищают битумом или каменноугольной смолой.

Контрольные вопросы:

1. Виды коррозии строительных материалов
2. Перечислите факторы, влияющие на коррозионную стойкость строительных материалов
3. Какова методика оценки коррозионной стойкости металлических материалов?
4. Какова методика оценки коррозионной стойкости полимерных материалов?
5. Каковы общие принципы повышения коррозионной стойкости
6. Каким образом производится защита металлов от коррозии?
7. Каким образом производится защита бетонных и каменных конструкций от коррозии?
8. Каким образом производится защита деревянных конструкций от коррозии?

Тема 5. Строительные материалы при воздействии высоких температур и высокой пожароопасности

При проектировании и строительстве зданий и сооружений необходимо помнить, что они должны быть прочными и устойчивыми как в нормальных условиях эксплуатации, так и в условиях возможного пожара при воздействии высоких температур. Пожарная безопасность в процессе проектирования зданий и сооружений достигается, прежде всего, подбором несущих элементов и строительных конструкций с определенным пределом огнестойкости и возгораемостью.

Согласно указанному в СНиП II-A. 5-70 определению, под пределом огнестойкости строительных конструкций понимается период времени (в часах) от начала испытания конструкции на огнестойкость до возникновения одного из следующих признаков: образования в конструкциях сквозных трещин; повышения температуры на необогреваемой (противоположной воздействию огня) поверхности конструкции в среднем более чем на 140 или в любой точке этой поверхности более чем 180° С (по сравнению с температурой конструкции до испытания), или более 220° С независимо от температуры конструкции до испытания потери конструкцией несущей способности, сопровождающейся обрушением.

При огневых испытаниях наружных несгораемых стен образование сквозных трещин или достижение указанных выше температур на поверхности, противоположной воздействию огня, за признак наступления предела огнестойкости не принимаются. Для навесных, самонесущих стеновых панелей за признак потери несущей способности следует также принимать разрушение узлов крепления панелей к несущим конструкциям здания.

Предел огнестойкости для строительных конструкций является критерием для характеристики их огнестойкости, т. е. способности сохранять прочность в условиях пожара.

При проектировании и строительстве зданий предел огнестойкости конструкций должен определяться по СНиП II-A. 5-70. Обычно для всех конструктивных элементов пределы огнестойкости устанавливаются экспериментально в огневых испытательных установках по методике, разработанной ВНИИПО.

5.1. Классификация строительных материалов по пожарной опасности

Пожарную опасность строительных материалов характеризуют:

- горючесть;
- воспламеняемость;
- способность распространения пламени по поверхности;
- дымообразующая способность;
- токсичность продуктов горения.

По горючести строительные материалы подразделяются на негорючие (НГ) и горючие (Г), причём, последние подразделяются на группы:

- слабогорючие (Г1) – практически самостоятельно не горящие;
- умеренногорючие (Г2) – самостоятельно горящие не более 30 секунд;
- нормальногорючие (Г3) – самостоятельно горящие не более 300 секунд;
- сильногорючие (Г4) – самостоятельно горящие более 300 секунд.

По дымообразующей способности горючие материалы в зависимости от значения коэффициента дымообразования подразделяются на группы:

- с малой дымообразующей способностью (Д1), имеющие коэффициент дымообразования менее 50 квадратных метров на килограмм;
- с умеренной дымообразующей способностью (Д2), имеющие коэффициент дымообразования от 50, но не более 500 квадратных метров на килограмм;
- с высокой дымообразующей способностью (Д3), имеющие коэффициент дымообразования более 500 квадратных метров на килограмм.

По токсичности продуктов горения горючие строительные материалы подразделяются на следующие группы:

- - малоопасные (Т1);
- - умеренноопасные (Т2);
- - высокоопасные (Т3);
- - чрезвычайно опасные (Т4).

В целом, пожарная опасность строительных материалов определяется интегральным показателем – классом пожарной опасности стройматериала:

Таблица 5.1.

Класс пожарной опасности стройматериалов

Свойства пожарной опасности строительных материалов	Класс пожарной опасности строительных материалов в зависимости от групп					
	КМ0	КМ1	КМ2	КМ3	КМ4	КМ5
Горючесть	НГ	Г1	Г1	Г2	Г2	Г4
Дымообразующая способность	-	Д1	Д2	Д3	Д3	Д3
Токсичность продуктов горения	-	Т1	Т2	Т2	Т3	Т4

5.2. Классификация строительных конструкций по огнестойкости

Строительные конструкции зданий, сооружений и строений в зависимости от их способности сопротивляться воздействию пожара подразделяются на конструкции с пределами огнестойкости не менее 15, 30, 45, 60, 90, 120, 150, 180, 240 и 360 минут.

Наступление пределов огнестойкости строительных конструкций устанавливается по времени достижения одного из следующих признаков предельных состояний:

- потери несущей способности (R);
- потери целостности (E);
- потери теплоизолирующей способности вследствие повышения температуры до предельных значений на необогреваемой поверхности конструкции (*I*) или за необогреваемой поверхностью конструкции (*W*);
- достижении предела дымогазонепроницаемости (S).

Как и строительные материалы строительные конструкции по пожарной опасности интегрально подразделяются на следующие классы:

- непожароопасные (K0);
- малопожароопасные (K1);
- умереннопожароопасные (K2);

- пожароопасные (КЗ).

К категории А относятся помещения, в которых находятся горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 °С способные образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 КПа.

К категории Б относятся помещения, в которых находятся горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28 °С, горючие жидкости способные образовывать взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 КПа.

К категориям В1 - В4 относятся помещения, в которых находятся горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна).

К категории Г относятся помещения, в которых находятся негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени.

К категории Д относятся помещения, в которых находятся негорючие вещества и материалы в холодном состоянии.

5.3. Воздействие высокой температуры на материалы.

При температурном воздействии на строительные материалы их прочность зависит от сырья и технологии приготовления.

Керамический кирпич, изготавливаемый из глины, обжигается и приобретает прочность при температуре 900° С. Технология изготовления красного кирпича придает ему положительные качества: он хорошо выдерживает высокие температуры и медленно прогревается; он разрушается только с поверхности, что почти не изменяет прочность. Такой кирпич до наступления критических температур (между 900 и 1100° С) способен сохранить свою прочность. Это наиболее совершенный негорюемый строительный материал.

Силикатный кирпич, пеносиликат и другие силикатные изделия по способности противостоят высоким температурам

уступают красному кирпичу. Путем экспериментального испытания установлено, что критическая температура этих строительных материалов для несущих конструкций с коэффициентом запаса 2 составляет около 700, а для ненесущих конструкций - около 900° С. При этих температурах предел прочности снижается до 80% первоначального. При температуре 700° С силикатный кирпич дает большие трещины. Уже при температуре до 600° С в силикатном кирпиче диссоциируется гашеная известь и увеличивается в объеме кремнезем, что резко снижает прочность кирпича. Резкое снижение критических температур и прочности происходит и при воздействии на прогретые силикатные изделия водой.

Стальные конструкции под воздействием высоких температур при достижении критической температуры (предел текучести стали снижается до величины рабочих напряжений) деформируются и теряют рабочие качества. Незащищенные металлические конструкции при температуре 600° С становятся практически неработоспособными. Критическая температура статически неопределимых каркасных металлических конструкций сравнительно низкая и не превышает 350° С. В результате этого предел, огнестойкости незащищенных стальных конструкций очень низкий - 0,25-0,5 ч.

Деревянные конструкции по способности противостоять действию высоких температур характеризуются скоростью прогорания толщины древесины (в среднем 0,6-1 мм/мин). Скорость прогорания древесины увеличивается при наличии в ней трещин и щелей. По мере образования на поверхности древесины слоя из угля скорость ее прогорания уменьшается. Температура воспламенения древесины 270-300° С, а при наличии условий для аккумуляции тепла она снижается до 130°С.

На огнестойкость **бетонов** влияют, прежде всего, вид заполнителя и марка цемента. Стойкость бетонного состава определяется его невосприимчивостью к влаге, различным температурным перепадам, не теряя при этом своих прочностных свойств. У этого строительного материала низкий предел горючести, что не влечет за собой распространения пожара при воздействии на него повышенных нагревов. Бетонным постройкам, зданиям и сооружениям, за счет качества раствора, обеспечивается

отличная огнестойкость. Изделия из бетона обладают не только огнестойкостью, но и высокой жаростойкостью.

Температурные режимы, воздействующие на бетонный состав, в пределах 250 – 300 градусов влекут за собой разрушение структуры и уменьшение прочностных характеристик цементного камня. Когда на градуснике отметка достигает пятисот пятидесяти градусов по Цельсию, имеющиеся в бетоне песок и щебень подвергаются растрескиванию, если превышает 550 градусов – бетонные конструкции полностью разрушаются.

На огнестойкость железобетонных конструкций, кроме таких общих факторов, как марка стали в арматуре, толщина защитного слоя арматуры, процент армирования и др., в значительной степени влияют специфические особенности работы различных конструкций. Например, для колонн, арматура которых и бетон работают на сжатие, предел огнестойкости зависит от площади сечения, теплотехнических показателей материала колонны, коэффициента изменения прочности бетона при действии высоких температур и соответствующей ему критической температуры. Чтобы повысить предел огнестойкости таких колонн, необходимо увеличивать площадь сечения, толщину защитного слоя, применять облицовки с низким коэффициентом теплопроводности, а также снижать нагрузки на колонны.

Предел огнестойкости свободно опертых балок и плит зависит от критической температуры стали арматуры, теплотехнических показателей бетона и толщины защитного слоя арматуры. У панелей, свободно опертых по контуру, предел огнестойкости значительно выше, чем у таких же конструкций, опертых только по двум концам, и зависит от соотношения пролетов опертых по контуру плит. Наибольший предел огнестойкости в этом случае имеют плиты квадратной формы.

Предел огнестойкости жестко заделанных железобетонных изгибаемых конструкций зависит главным образом от площади рабочего сечения, подбора бетона с высокими критическими температурами и низким коэффициентом теплопроводности, ширины и высоты ребер балок и других конструкций.

Жароупорные бетоны

Жароупорный бетонный раствор основан на портландцементе, с помощью которого смесь из песка, щебня, цемента и воды способна выдерживать повышенные температурные показатели до

тысячи градусов по Цельсию и выше. Помимо основных составляющих бетона и портландцемента, в него также входит алюминиевая добавка мелких фракций и кремниевая. Добавки в растворе позволяют связывать гашеную известь, которая образуется при гидратации цементного камня. Жароупорный строительный материал из смеси цемента, песка, щебня и воды также имеет в своем составе следующие заполнители, которые предотвращают плавление, деформацию и разрушение бетонных изделий даже в момент пожара: андезит;кирпичный щебень; шамот; доменный шлак; базальт; туф. В зависимости от наполнителей определяется максимальный температурный режим жароупорного бетона.

Огнестойкость конструкций из железобетона

На огнестойкость железобетонных конструкций влияют следующие параметры:

- нагрузка на постройку;
- толщина защитного яруса;
- размеры сечения сооружений;
- количество и диаметр арматурный конструкций.

Чем меньше плотность используемого материала и чем больше его толщина, тем выше предел огнестойкости, который зависит и от вида опоры для конструкции, и от статической схемы. Исходя из этого, строители должны произвести расчет по огнестойкости ж/б конструкций, прежде чем приступать к их заливке. Конструкции, которые имеют горизонтальное положение, поддаются разрушениям под действием нагрева нижней арматуры, поэтому предел нагрева, прежде всего, зависит от класса арматурной конструкции, способности материала проводить тепло и от размеров слоя защиты.

Горизонтальные конструкции – это балочные плиты, балки, настилы и панели, прогоны и др. Конструкции, которые имеют тонкие стены и поддаются изгибаниям – это настилы, ригели, балки, панели ребристые и пустотелые. Огнестойкость колонн основана на следующих показателях:

- процент армирования;
- нагрузка на конструкции;
- вид крупнофракционного заполнителя;
- размер сечения под прямым углом относительно продольной оси;

- толщина слоя защиты на арматуре.

В процессе заливки колонн следует обязательно придерживаться инструкции. Колонны разрушаются в результате открытого огненного пламени при снижении прочностных характеристик бетонного раствора и арматурной конструкции.

Огнестойкость ячеистых бетонов

Ячеистый бетон представляет собой пористый искусственный материал, который используется в строительстве различных зданий и сооружений. В его состав входят минеральные вяжущие и кремнеземистые заполнители. Применяют ячеистый строительный материал из смеси цемента, песка, щебня и воды для теплоизоляции помещений, им утепляют железобетонные плиты и перекрытия, используют легкий бетон для теплозащиты поверхности различных оборудования, трубопроводов, которые используются при температурных режимах свыше 400 °С и даже 700°С.

Огнестойкость ячеистого бетона выше, если плотность строительного материала минимальна, таким образом, предельные показатели огнестойкости газоблоков и других изделий из пористого стройматериала повышены.

По исследованиям и опытам, которые проводили в шведском и финском учебном заведении, определена прочность ячеистого бетонного состава, которая изменяется при нагревании следующим образом:

- происходит увеличение прочностных характеристик до 85%, если температурные показатели не выше 400 °С;
- понижение прочностных характеристик до изначальных происходит при разогреве материала до 700°С;
- снижение прочности ячеистого бетонного состава на 86% осуществляется при разогреве строительного материала до 1000 °С и не более, при этом прочностной показатель принимает стабильность.

Можно сделать вывод, что предельные значения огнестойкости ячеистых блоков достигают девятисот градусов по Цельсию, когда обычный бетонный состав начинает терять свои основные части прочности при значении от четырехсот до семисот градусов. Таким образом, ячеистый бетон наиболее популярен при возведении зданий и сооружений, где требуются повышенные показатели пожаробезопасности.

5.4. Огнезащитные составы.

Для придания строительным конструкциям огнестойких свойств широко используются огнезащитные составы. Их применяют и как основное средство для защиты строительных материалов, и как дополнительное для увеличения предела огнестойкости конструкции. Классификация составов приведена на рис 5.1.



Рис. 5.1. Классификация огнезащитных составов.

Огнезащитные составы относятся к пассивным средствам для повышения устойчивости конструкций к возгоранию. Они разделяются на две группы в зависимости от способа защиты. К первой относятся неvspучивающиеся составы (сюда же входят пропитки, повышающие огнестойкость), ко второй – вспучивающиеся покрытия, их еще называют терморасширяющимися.

Неvspучивающиеся составы (пропитки)

Огнезащитные пропитки повышают огнестойкость любого материала кроме металла. Наносить пропитки можно на дерево, ткани, картон, бетон, кирпич. Впитываясь в основание, средство полимеризуется (создает непроницаемую пленку) и впоследствии частично поглощает тепло от внешнего источника, не передавая его основному материалу.

Очень часто огнезащитные пропитки называют антипиренами. Наносить их можно как традиционным способом – кистью, валиком, распылителем, так и погружением в ванну или в автоклав.



Рис.5.2. Невспучивающийся состав после воздействия огня.

Одновременно с компонентами, защищающими от огня, такие средства содержат вещества, препятствующие развитию в материале живых организмов – бактерий, плесени, грибка. Поэтому при нанесении антипиреновой пропитки конструкции приобретают такую полезную характеристику, как стойкость к биологическим вредителям.

Чаще всего для защиты конструкций на строящихся объектах применяются огнезащитные пропитки поверхностного проникновения, которые легко можно нанести обычными инструментами – кистью, валиком, распылителем (рис.5.3.).

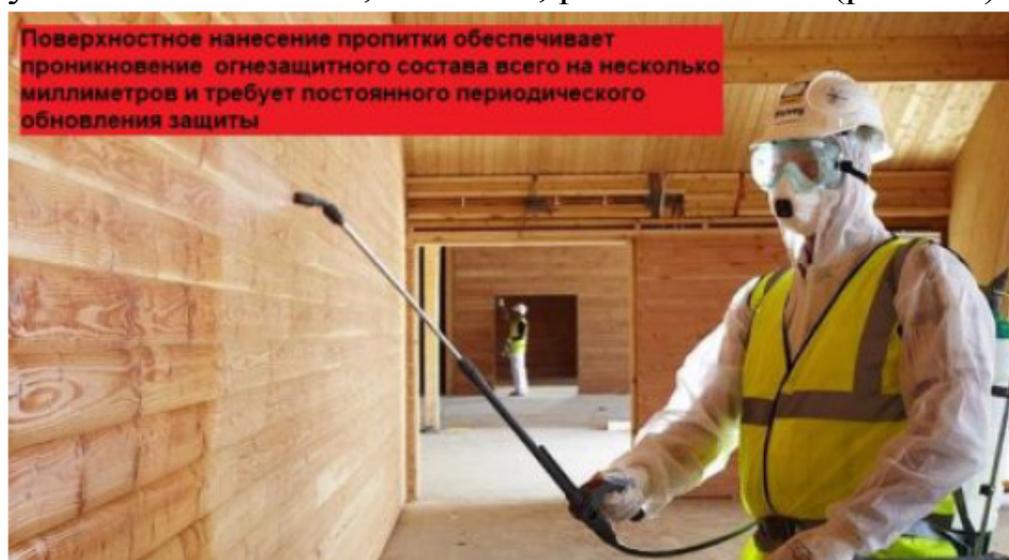


Рис. 5.3. Способ нанесения пропитки на деревянную поверхность.

Готовые строительные конструкции, особенно деревянные – фермы, балки, элементы лестничных маршей, выпускаемые на заводах, подвергаются обычно более глубокой обработке погружением в ванны с огнезащитным средством.

Огнезащитные пропитки обычно представляют собой прозрачную жидкость, которая при нанесении не изменяет естественный цвет материала и его способность к окрашиванию.

Вспучивающиеся составы

Огнезащитные вспучивающиеся средства представляют собой вещества, по консистенции напоминающие краски. Их наносят различными способами.

Вариант обработки определяется химическим составом защитного покрытия и рекомендуемой производителем толщиной слоя для конкретного материала.

Вспучивающиеся составы наносятся также и на поверхности металлических конструкций (рис. 5.4.).



Рис. 5.4. Способ нанесения защитного покрытия на металлическую поверхность.

Металл тоже нужно защищать от действия огня, несмотря на то, что в обычных атмосферных условиях он не горит и не поддерживает горения. Дело в том, что при нагревании свойства металла изменяются, и конструкции могут потерять устойчивость, то есть изменить форму, что недопустимо для несущих элементов зданий.

Терморасширяющиеся составы при нагревании образуют огнезащитное покрытие с пористой структурой (рис.5.5.), толщина которого увеличивается в сравнении с толщиной первоначального слоя в разы. При этом изменяется химический состав и, как следствие физические свойства. Покрытие становится менее теплопроводным и непроницаемым для воздуха.



Рис.5.5. Вспучивающийся состав после воздействия огня.

Преимущества обработки такими огнезащитными составами очевидны – легкость нанесения, малый вес, возможность декорирования конструкций.

Применяемость для различных материалов

Огнезащитные пропитки применяют для защиты материалов, способных впитывать жидкости:

- древесины;
- древесно-стружечных плит;
- древесно-волоконистых плит;
- фанеры;
- кирпича;
- газобетона;
- пенобетона.

Высокая впитывающая способность обусловлена достаточно пористой структурой этих материалов. По этой причине вышеперечисленные материалы крайне нежелательно обрабатывать вспучивающимися составами, так как для успешной защиты от огня необходимо, чтобы такой состав имел очень хорошую адгезию, иными словами, «прилипаемость».

Если необходимо обработать пористые материалы вспучивающимися огнезащитными средствами, нужно сначала подвергнуть поверхности грунтованию составами глубокого проникновения.

Вспучивающиеся огнезащитные средства отлично подходят для защиты различных металлов, бетона, твердых пород дерева.

Стоит заметить, что существуют еще один вид огнеупорных составов – штукатурки, пасты, шпаклевки. Их применяют для заделки кабельных проходов, защиты стен, перекрытий. Производят их на основе цемента с добавлением огнестойких компонентов, наносят, как обычные штукатурки, в соответствии с инструкцией производителя.

Для защиты кабелей можно также применять краски. Требования к любому защитному покрытию кабеля отражены в ГОСТ под номером 53311 от 2009 года. Эффективность составов для дерева и стали регламентируется своими отдельными ГОСТами.

Контрольные вопросы:

1. Что называют пределом огнестойкости строительных конструкций?
2. Чем характеризуют пожарную опасность строительных материалов ?
3. В чем особенность огнестойкости конструкций из железобетона?
4. Классификация огнезащитных составов.
5. Раскройте особенности невспучивающихся огнезащитных составов.
6. Раскройте особенности вспучивающихся составов.
7. Приведите классификацию строительных материалов по пожарной опасности.
8. Приведите классификацию строительных конструкций по огнестойкости.
9. Каким образом происходит воздействие высокой температуры на различные строительные материалы?

Тема 6. Строительные материалы в условиях жаркого климата

6.1. Особенности градостроительных решений в условиях сухого жаркого климата.

Условиями сухого жаркого климата являются условия, отличающиеся высокой температурой (средняя в 13 ч дня – выше 25 °С, среднегодовыми температурами, равными или выше 20⁰С) и низкой относительной влажности воздуха (меньше 50 %).

Характерными особенностями данного климата являются: высокий уровень солнечной радиации и инсоляции, высокие температуры воздуха, дискомфортные влажностные и ветровые условия, отрицательно влияющие на самочувствие человека и требующие специальных мер защиты людей от неблагоприятных воздействий всех этих факторов. Жаркий климат отрицательно влияет и на материалы, конструкций зданий, оборудования и механизмы.

Выбирая место строительства, следует использовать все естественные возможности снижения температуры, уменьшения напряженности радиации, защиты от вредных ветров. Участок следует выбирать там, где ветры и воздушные течения способствуют охлаждению воздуха. С этой целью следует использовать ветры моря, увлажненные и охлажденные, ветры с гор, охлажденные вверху и стекающие в долины. Для защиты от жарких пыльных ветров следует использовать повышение рельефа – размещать здания в пониженных местах с тем, чтобы они охлаждались в ночное время прохладным воздухом, скапливающимся в долинах и понижениях рельефа. Общая компоновка населенного пункта и размещение отдельных жилых зданий, как и выбор участка, должны быть подчинены задачам улучшения микроклимата помещений и уменьшения их перегрева. Здания следует располагать так, чтобы использовать благоприятные воздушные течения наиболее полно, защищая в то же время от сухого жаркого воздуха.

Для жаркого сухого климата наиболее приемлем замкнутый тип поселения с компактными, широкими корпусами небольшой этажности, включающими чередующиеся разновысотные закрытые и открытые помещения. Желательно блокирование

зданий между собой. Это обеспечивает компактность застройки и взаимное затенение зданий – защиту от солнечной радиации и ветров. Жилые здания могут быть мало- и многоэтажными. При соответствующих возможностях рекомендуется частичное заглубление здания в грунт. В жарком климате в жилых районах следует сокращать радиусы пешеходной доступности учреждений обслуживания, размещать их в отдельно стоящих зданиях, не включать их в первые этажи жилых зданий (особенно продовольственные магазины и подобные им). Следует предусматривать сооружения летнего типа (кинотеатры, кафе и пр.) на открытом воздухе или трансформацию ограждающих конструкций закрытых помещений, увеличение их площадей за счет озеленения площадок.

Особой задачей при размещении зданий в жарком сухом климате является защита от пыльных бурь. Во время бурь образуются песчаные наносы у зданий и на них. Наносы на здания создают дополнительные нагрузки на перекрытия, удары песчаных частиц по поверхностям ограждающих конструкций разрушают внешнюю отделку и выступающие части здания, повреждают оконные стекла. Мелкая пыль, проникающая в помещения, загрязняет воздух, создает дискомфортные условия проживания. Плотная, компактная застройка благоприятна и с этой точки зрения – уменьшает площади наносов около зданий. Отдельное здание следует размещать широкой стороной к направлению ветра, тогда наносы будут меньше. Оптимальная ориентация зданий определяется, с одной стороны, требованиями защиты помещений от прямых солнечных лучей, а с другой – требованиями создания необходимого ветрового режима.

Ориентация по солнцу будет оптимальной, если нагрев ограждающих конструкций будет минимальным. Большое напряжение солнечной радиации, действующей на западные фасады зданий, в сочетании с высокими температурами воздуха во второй половине дня делают нежелательной ориентацию помещений на запад. При строительстве на свободных участках обычно (если нет других ограничений) здания следует располагать по оси на восток – запад с тем, чтобы длинные их стороны получили максимальную возможность затенения. Защищая помещения от перегрева, следует в то же время сохранять необходимые условия инсоляции, учитывая

санирующие, бактерицидные свойства солнечных лучей. Ориентация по ветру должна обеспечить защиту помещений от проникания в них горячих масс воздуха, песка и пыли, максимально снизить интенсивность движения воздуха в помещениях. Позади построек на заветренной стороне образуется зона низкого давления с обратным течением воздуха над поверхностью земли. Протяженность этой зоны зависит от силы и направления ветра, размеров и формы здания и профиля покрытия. Соседние здания, расположенные в пределах этой зоны, слабо омываются ветром и поэтому сильно перегреваются. Во избежание перегрева при застройке территории длинными параллельными зданиями расстояние между ними рекомендуют принимать не менее 7 высот экранирующего здания.

В жарких районах озеленение и обводнение прилегающих к зданию территорий приобретает особое значение как мера снижения температуры окружающего здания воздуха. Не меньшее значение имеют и меры благоустройства территории. Озеленение прилегающей к зданию территории должно способствовать: ограничению радиационного облучения дорожек и площадок у здания в часы максимального перегрева; защите от солнечной радиации стен зданий, сплошных оград южной и западной ориентации; ограничению радиации почвы; созданию необходимых условий проветривания – снижению скорости ветра в районах сильных ветров. На улицах широтного направления дорожки и тротуары у зданий, обращенных фасадами на север, можно окаймлять низкорастущими деревьями, так как защита от солнца обеспечивается самими зданиями. На южных фасадах посадки должны затенять дорожки и тротуары для удобства пользования и снижения отраженной радиации. На меридионально направленных улицах тротуары у восточных фасадов следует защищать только от полуденного солнца. У западных фасадов тротуары окаймляют высокоствольными деревьями для затенения фасадов и низкоствольными, ширококронными – для защиты пешеходов. Зеленые насаждения – деревья, кустарники, вьющиеся растения – выполняют солнцезащитные функции, затеняя здания, при этом в субтропиках они обладают таким ценным свойством, которым не обладают обычные стационарные защитные устройства: сбросив листья, они пропускают солнечные лучи в помещения в зимний

период, когда в инсоляции ощущается необходимость. Лучшими для озеленения считаются неечнозеленые породы деревьев, такие как вяз, клен, тополь.

Защищая здания от солнечных лучей, зеленые насаждения поглощают солнечную энергию и, выделяя влагу, охлаждают воздух, очищают и фильтруют его. Используя зеленые насаждения, можно снизить температуру воздуха до 2,5 °С, интенсивность солнечной радиации – до 40-50%, скорость ветра – до 50-60, загрязнение воздуха – на 25-40%. В условиях жаркого сухого климата и искусственного орошения более целесообразно не травяное покрытие, а почвопокровные растения. В тех случаях, когда не может быть осуществлен посев трав и растений, грунт следует прикрыть мощением. Положительно влияет на микроклимат обводнение территории: устройство бассейнов, фонтанов и т.д. Озеленение и сопутствующее ему обводнение проектируют из условий соблюдения необходимого сочетания потребности снижения влияния солнечной радиации и возможности достижения необходимой свободы перемещения воздушных потоков.

Выводы по выбору места строительства:

- Использование охлажденных ветров с моря, гор.
- Использование повышения рельефа – размещать здания в пониженных местах (охлаждение ночным воздухом).
- Меры по защите зданий
- Большая плотность застройки, замкнутый тип поселения (компактное размещение, блокирование построек и большая их ширина, заглубление в грунт) – взаимное затенение зданий, защита помещений от сухого горячего воздуха, сокращение площади облучаемой солнцем конструкции, уменьшение площади песчаных наносов.
- Расположение здания по оси восток-запад – максимальная возможность затенения.
- Сокращение радиусов пешеходной доступности учреждений обслуживания (размещение их в отдельстоящих зданиях, не включать их в первые этажи жилых зданий)
- Предусматривать сооружения летнего типа (кинотеатры, кафе и пр.) на открытом воздухе .
- Озеленение и обводнение территории.

6.2. Особенности объемно – планировочных решений

Для защиты от перегрева помещений и находящихся в них людей следует обосновывать: выбор участка под застройку и способ размещения здания на нем; необходимость озеленения и обводнение участка; выбор формы и ориентации зданий, а также внутренней планировки помещений, обеспечивающей естественную их вентиляцию; выбор соответствующих строительных материалов и конструкций для ограждающих частей зданий, применение солнцезащитных устройств, а также механических средств для создания искусственного микроклимата помещений.

В районах жаркого климата исторически сложились следующие планировочные структуры городов – замкнутая и линейная. Замкнутая структура характерна для городов с компактным планом. Она развивается моноцентрично в пределах очерченных радиально-кольцевым направлением. В современном понятии замкнутая композиция - закрытая планировка не означает необходимости полной застройки периметра. Обычно сплошь застраивается часть периметра, обращенная в неблагоприятную сторону проявления внешней среды.

Линейная структура предполагает линейную планировку города с продольной композиционной осью развития. Для жаркого сухого климата наиболее приемлем замкнутый тип поселения с компактными, с большой шириной корпуса, и в основном, небольшой этажностью зданиями, включающими в себя чередующиеся разновысотные закрытые и открытые помещения. Центр города, селитебная, промышленная, коммунально-складская, транспортная, санитарно-защитная и парковая зоны должны иметь расположение зданий и сооружений по замкнутой композиции. Прием замкнутой композиции для сухого жаркого климата исторически рассматривается со времен возникновения перистильного двора. Затененный со всех сторон двор, окруженный галереей, образует глубокую тень, которая охлаждает стены и расположенные за ним жилища. Размещенный в центре двора водный источник и зеленые насаждения в течение жаркого дня постепенно отдают прохладу и влагу окружающему двор пространству.

По данным специалистов коммунальной гигиены, в южных районах оптимальная высота жилых помещений, не оборудованных солнцезащитными устройствами, должна составлять 3,2 - 3,5 м. Как известно, влияние высоты помещения на его микроклимат связано с температурой, радиационными температурами и кубатурой воздуха, приходящегося на человека, подвижностью воздуха.. В целом, практика показывает, что снижение температуры в помещении достигается не столько увеличением его объема, сколько подвижностью воздуха. Форма помещений в жарком климате играет существенную роль в поддержании благоприятного микроклимата. Однако если в условиях жаркого влажного климата мы стремимся обеспечить наиболее широкий выход помещения на фасад здания, с тем, чтобы дать наилучшие условия проветривания, то в условиях жаркого сухого климата существует стремление уменьшить поверхность ограждения помещения, выходящего на фасад здания, вытянуть это помещение внутрь, спрятать его от воздействия обжигающих солнечных лучей и сократить возможность проникновения внешнего жаркого воздуха. В связи с этим для районов жаркого климата в проектах следует предусматривать условия защиты от перегрева улиц и площадей, обеспечивая максимальную затенённость, эффективную аэрацию и благоприятный режим естественного освещения.

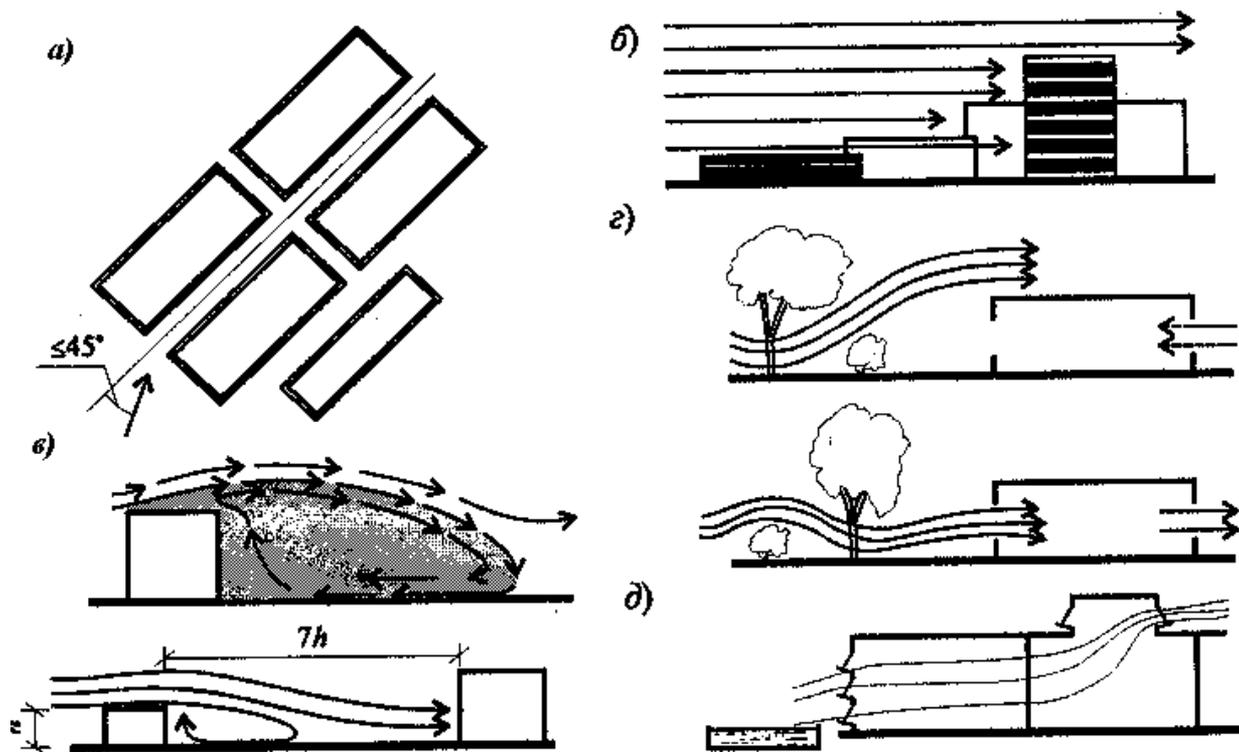


Рис 6.1. Элементы планировки зданий с рекомендуемыми приёмами для их защиты от перегрева: а – расположение зданий в плане по отношению к направлению господствующих ветров, б – ступенчатая по высоте застройка комплекса гражданских зданий с раскрытием пространства в сторону преобладающих ветров; в – размещение зданий в зоне низкого давления с соблюдением необходимого разрыва, г – влияние зеленых насаждений на аэрацию зданий, д – водоём около здания для охлаждения воздушных потоков.

6.3. Инсоляция зданий.

Солнечное облучение или инсоляция территории и помещений измеряется количеством времени прямого облучения в часах и минутах. Минимальное солнечное облучение для квартир, жилых комнат гостиниц и общежитии, детских учреждений и территории детских площадок и т. п. составляет 3 часа в дни осеннего и весеннего равноденствия. Обеспечение необходимой инсоляции достигается соответствующей ориентацией зданий и сокращением сроков и площади затенения зданий и территорий соседними зданиями. Для домов, в которых все комнаты квартир выходят на одну сторону (дома ограниченной ориентации), не допускается ориентация жилых

комнат на северный сектор горизонта в пределах от 310 до 50°. Для обеспечения необходимой инсоляции дома ограниченной ориентации (меридиональные) располагают в застройке только меридионально. Для домов, в которых размещены квартиры с двусторонней ориентацией (дома неограниченной ориентации - широтные), по условиям инсоляции возможно любое расположение в застройке. Для домов частично ограниченной ориентации (часть квартир имеет одно-, часть - двустороннюю ориентацию) возможно меридиональное и широтное расположение в застройке (при ориентации односторонних квартир на юг). Рекомендуемой является ориентация жилых комнат на юго-восток. Восточная, южная и юго-восточная ориентация рекомендуется также для основных помещений детских учреждений и школ. Такая ориентация при обеспечении необходимой длительности инсоляции исключает перегрев помещений под действием солнечной радиации. Для исключения перегрева помещений в южных районах не допускается ориентация на юго-западный сектор горизонта (от 200 до 290°) жилых комнат односторонне ориентированных квартир и основных помещений детских учреждений и школ. Проемы окон и балконных дверей, обращенные на сектор горизонта от 200 до 290°, должны быть оборудованы солнцезащитными устройствами. В этих районах разрешается устройство полуоткрытых лестничных клеток, наружных открытых лестниц.

Важнейшее мероприятие здесь - применение конструкций стен и покрытий, исключающих перегрев жилищ летом, что устанавливается специальным теплотехническим расчетом. В этих же целях применяют слоистые конструкции стен и покрытий с продухами за теплоотражающими экранами, которыми защищают здание от непосредственного теплового воздействия солнечной радиации. В продухах предусматривают охлаждающее движение наружного воздуха. Галереи, лоджии, как и наружные стены, должны быть хорошо защищены от прямых лучей солнца - планировочно, конструктивно, специальными солнцезащитными устройствами, применением озеленения.

Лестничная клетка в жарких районах выносится в отдельные объемы, используются полуоткрытые, открытые или заключенные в перфорированные ограждения лестницы.

Закрытые лестничные клетки аккумулируют тепло. Разность температур наружной и внутри лестничной клетки) доходит до 6 °С. Вынос лестничных клеток в отдельный объем обосновывается в тех случаях, когда лестничные и лифтовые узлы входят в основной объем здания, гигиенические условия (особенно верхних квартир) ухудшаются за счет поступления в них отработанного воздуха нижних этажей через лестничную клетку. С точки зрения объемного решения здания вынесенная лестница, как гибкий шарнир, позволяет получить разнообразную компоновку секции и здания в целом.

Характерной особенностью жарких местностей является повышенная яркость небосвода в 3-4 раза выше, чем в умеренном поясе. Учитывая это обстоятельство, целесообразно предусматривать в интерьере более глубокие помещения, а также сокращать площади световых проемов за счет высоты.

Говоря о световых проемах следует отметить, что на величину солнечной радиации, проникающей в помещение, основное влияние оказывает площадь остекленных поверхностей. При назначении размеров окон нужно исходить не только из условия естественного освещения, но и недопустимости перегрева помещений. Эффект может быть получен при заполнении оконных проемов теплозащитным стеклом, отражающим тепло солнечной радиации, а также стеклопакетами, стеклоблоками и светорассеивающим стеклом. Величина проемов в сухом жарком климате может быть сокращена до 1/20 площади пола. Чтобы уменьшить блеск и действие отраженной от земли радиации, оконные проемы обычно располагают в верхней части стены, кроме того, нежелательно их центральное расположение, проемы сдвигают к углу комнаты, чтобы уменьшить количество лучей, попадающих в помещение. Обязательно оборудование оконных проемов солнцезащитными устройствами. Светопроемы лучше иметь на южном и северном фасадах, ограниченное количество - на восточном. Не следует размещать проемы на западных фасадах. В проемах следует устраивать регулируемые жалюзи. Солнцезащитные устройства не должны ухудшать условия воздухообмена в помещениях. Они должны быть легкими, удобными и надежными в эксплуатации, экономичными, а в зимний период создавать минимальное затенение светопроемов.

Особую проблему в условиях жаркого сухого климата представляет защита от пыли - борьба с пылевыми бурями и песчаными заносами. При многоэтажных зданиях для защиты от пыли могут быть рекомендованы предложения советских архитекторов, разработанные ими для запыленных районов. По этим предложениям четырехэтажные жилые блоки секции организуются таким образом, что создаются О-образные компактные жилые комплексы с двором посередине. В комплексе предусматривается два разрыва: один - с наветренной стороны, другой - с противоположной. Экспериментально установлено, что оптимальные размеры двора составляют 4×6 м. Длинной стороной дворик ориентируется вдоль направления ветра или под углом к нему. Вдоль фасадов двора устраиваются трехрядные посадки деревьев и стелющихся кустарников, в центре - водоем, на всей площади двора - непылящие покрытия.

6.4. Влияние температуры на материалы и конструкции

Жаркий климат неблагоприятно воздействует не только на человека, но и на материалы и конструкции зданий, оборудование, механизмы, имущество. Таким образом, возникают не только проблема защиты человека, но и ряд проблем повышения надёжности, долговечности материалов, конструкции и механизмов, создания необходимых условий их эксплуатации или хранения. В жарких сухих районах целесообразно использовать ограждающие конструкции из материалов, обладающих малой теплопроводностью и высокой теплоустойчивостью. Также используют здания с заглубленными (цокольными) этажами. Для повышения теплоотдачи ограждающих конструкции во внешнюю среду поверхность ограждения увеличивают, делая её волнистой и шероховатой. Для обеспечения соответствующих теплоизоляционных качеств вместо увеличения теплоизоляционного слоя прибегают к устройству защитных экранов, вентилируемых стен и покрытий, водоналивных крыш, солнцезащитных устройств.

Рассмотрим некоторые варианты возможных решений конструктивных элементов зданий для жаркого южного сухого климата.

Фундаменты

Для сухого жаркого климата характерны ленточные фундаменты с развитыми подвальными и полуподвальными помещениями, поскольку заглубление зданий способствует защите помещений от перегрева и от сухих жарких ветров, т.к. в заглубленные части здания из грунта поступает некоторое количество влаги и прохлады, что способствует защите помещений от сухости и перегрева.

По глубине заложения:

- Мелкозаглубленный.
- Глубокозаглубленный

Выбор глубины заложения фундамента зависит от несущей способности почвы и предполагаемых проектных нагрузок на него. Например, для того, чтобы поставить деревянный дом, устройство фундамента не должно быть глубоким, а в случае возведения тяжелого монолитного дома, будет целесообразным устройство фундамента, опирающегося на более плотные слои грунта.

Ленточный фундамент предполагает устройство цокольного этажа либо подвала. В случае наличия подвала верхние слои грунта, находящиеся внутри фундамента, между его стен, снимаются. И соответственно, если цокольный этаж не планируется – грунт можно не трогать, и таким образом сократить количество земляных работ.

Для того, чтобы избежать чрезмерного давления веса строения на фундамент, ширина его стенок не должна быть уже ширины стен возводимого здания как правило, для более устойчивого положения здания ширина стенок фундамента должна быть больше ширины стен здания минимум на 10 см. так же для более устойчивого положения всего строения ленточный фундамент делают расширяющимся к основанию, т.е его поперечное сечение выглядит в виде трапеции, расходящейся к основанию. Так же возможно и устройство ленточного фундамента с поперечным сечением в виде прямоугольника.

Условия сухого и жаркого климата характеризуются относительной влажностью воздуха менее 50 % процентов и температурой свыше 25 С. Основная проблема при таких погодных условиях – резкое обезвоживание бетона (особенно его поверхностного слоя) в начальный период выдерживания,

вызывающее нарушение плотности структуры. Кроме того, под воздействием прямых солнечных лучей велика вероятность появления в бетоне термонапряжённых зон, оказывающих деструктивное влияние на формирование прочностных характеристик конструкции.

Преимущества и недостатки ленточного фундамента:

Преимущества:

- Высокая устойчивость и надёжность (в сравнении со столбчатыми фундаментами).
- Можно построить подвал.

Недостатки:

- Не универсальный
- Ограничение, связанное с пучинистым грунтом, однако если глубина промерзания не большая – ограничение не действительно.
- Зависит от размеров домов, т.к. ленту в больших объемах сделать сложно
- Несовместимость с деревянными строениями, т.к. в связи с недостаточной вентиляцией повышается влажность.

Для получения качественного бетона в условиях сухого и жаркого климата необходимо соблюдать требования технологии укладки.

Стены

Остов зданий в сухом жарком климате следует выполнять в виде массивных стен, обладающих хорошими теплозащитными качествами, высокой теплоустойчивостью, т.е. способностью сохранять на внутренней поверхности стен примерно постоянную температуру в течение суток, что обеспечивает смягчение воздействия на внутренний микроклимат помещений резких суточных температурных перепадов наружного воздуха. В жарком сухом климате стены должны надёжно защищать помещения от горячих потоков воздуха, пыли, песка, яркого дневного света и, самое главное, от теплового воздействия солнца. Для наружной поверхности предпочтительны светлые тона, отражающие солнечные лучи. Белый свет обладает высоким коэффициентом отражения: 79% солнечных лучей отражает и только 21% поглощает. Важнейшее мероприятие – применение конструкции стен и покрытий, исключающих перегрев зданий летом. Чем тяжелее стена, тем лучше она

аккумулирует тепло и защищает от перегрева днём, и тем лучше ночью сохраняет тепло. Однако это затратно, поэтому часто применяют многослойные стены.

Применяют, например, слоистые конструкций стен и покрытий с продухами, расположенными за теплоотражающими экранами. В продухах обеспечивают движение наружного воздуха, что способствует охлаждения конструкций в условиях летнего перегрева. Вентиляционные полости могут быть устроены в виде щелей или каналов с минимальной шириной 2см, расположенных на расстоянии не более 15.30 см.

Вентилируемые ограждающие конструкции в виде многослойных стен с экранами или стен с воздушными прослойками выполняют методом поэлементной сборки или типа “сэндвич”. Экраны могут быть из ж/б плит или листовых материалов: анодированного алюминия, нержавеющей стали, закалённого цветного стекла, стеклопластиков или цветных асбестоцементных листах.

Для многослойных стен используют эффективные теплоизоляционные материалы. Толщина теплоизоляции наружных ограждающих конструкции для зданий, проектируемых в южных районах с сухим жарким климатом, обычно назначается из условий эксплуатации в зимний период. При среднемесячной температуре наружного воздуха в июле 20 градусов и более в соответствии с требованиями СНиПа должна быть проведена проверка теплоустойчивости ограждающих конструкции для летних условий. Толщину теплоизоляционного слоя можно увеличивать до 1,5 раз. Это позволяет получить достаточно лёгкую конструкцию стены, обеспечивающую теплозащитные качества и теплоустойчивость стены. Внутренние слои таких стен следует выполнять из более плотных теплоустойчивых материалов, наружные из менее плотных, пористых, с малым теплоусвоением.

Материал, конструкции и толщина ограждающей стены имеют большое значение в южных районах при больших суточных перепадах температур. В связи с этим природно-каменные материалы получили наибольшее распространение и применение при строительстве зданий в южных районах. Наиболее известным и практичным природным материалом является известняк- ракушечник.

Основные плюсы и достоинства ракушечника: низкая теплопроводность, высокая паропроницаемость, хорошие звукоизоляционные свойства, экологичность. Благодаря пористой структуре камень свободно “дышит” и лишняя влага просто вытесняется, не разрушая его. В доме из ракушечника всегда сухо, т.к. влага, образовавшаяся внутри, проходит сквозь стены, а сами они, если намокнут, быстро высыхают. Летом в таком доме прохладно, а зимой тепло. Материал не гниет и не горит, однако под воздействием высокой температуры выгорает и разрушается. К его достоинствам также можно отнести и невысокую цену.

Стены также можно возводить из саманных блоков (или глиносырцевого материала – самана). Для изготовления самана используют глину и органические добавки – сечку соломы (в пер. с турецкого саман – “солома”). Это прекрасный, теплый, экологически чистый материал. В южных районах западных стран он пользуется большим спросом. Там такие дома стоят немалых денег, как дома и крыши из камыша – натурального материала. Застройщики развитых западных стран применяют именно наши, уже почти нами забытые примеры возведения экологически чистого жилья.

Окна

Окна в сухом жарком климате должны быть минимальных размеров, удовлетворяющих требованиям освещенности. Оконные проемы должны устраиваться на менее облучаемых сторонах здания, на затенённых участках.

Основное количество тепловой энергии проникает в здание через световые проемы. Количество теплоты, проникающего в помещение через 1м² светопроёма, в 20 раз больше, чем через несветопрозрачную конструкцию стены. Количество солнечного тепла, поступающего в помещение, будет зависеть от интенсивности солнечной радиации и коэффициента пропускания стекла. Необходимо использовать теплозащитные стёкла: ставит, термолюкс, стеклопрофит и т.д.

Теплопоглащающее стекло и изделия из него благодаря увеличенному содержанию оксида железа имеют высокое сопротивление теплопередаче, поглощают инфракрасные тепловые лучи. Вместе с тем они на 30% снижают тепловой

поток, обеспечивая в то же время хорошую видимость и помещения.

Теплоотражающее стекло получают при нанесении на его поверхность покрытий, чаще всего металлических. Такое стекло отражает не только инфракрасную, но и другие части спектра.

Полы

Плиты укладывают на песчаные основания. Очень распространены бетонные (мозаичные) полы. Полы малоэтажных зданий и первых этажей многоэтажных в жарком сухом климате укладывают непосредственно по грунту, чтобы использовать пониженную по сравнению с внешней температурой грунта под зданием для охлаждения помещений.

Кровельные покрытия

Покрытия в жарком климате подвергаются сильному тепловому воздействию. Они подвергаются солнечной радиации почти так же, как и все стены здания вместе взятые. Таким образом, конструкции покрытий играют большую роль в создании оптимального микроклимата помещений. В жарком сухом климате наиболее распространённой конструкцией являются плоские (обычно их используют для отдыха и ночного сна), а также купольные и сводчатые, позволяющие резко снизить эффект солнечного облучения и повысить эффект охлаждения при омывании воздухом за счет развитой поверхности покрытия.

Плоская конструкция кровли довольно дорога, т.к. требует высококачественных материалов и квалифицированного, качественного выполнения. Плоская кровля должна иметь уклон для удаления дождевых вод и температурные швы. Ограждение плоского покрытия не должно осложнять конструкции кровли и мешать вентиляции пространства покрытия.

Наиболее удачным решением плоского покрытия является железобетонная монолитная плита толщиной более 10см, по которой уложен гидроизоляционный ковер с армоцементным защитным слое. В качестве противорадиационной защиты могут быть использованы бетонные плиты, укладываемые на угловые утолщения самих плиток или на специально установленные для этих целей бетонные столбики.

Вентилируемая воздушная прослойка между железобетонной плитой и бетонными плитками резко снижает

тепловое напряжение и температуру нижней поверхности покрытия. Часто используют вентилируемые двойные крыши, не исключены “тяжёлые” крыши из грунта, орошаемые крыши, крыши-ванны.

Орошаемые крыши охлаждаются водой, разбрызгивая её по поверхности кровли. Это позволяет снизить температуру на 20-30 градусов. Однако это требует большого количества воды и специальных устройств.

Для такого вида покрытий, как крыша-ванна – необходимо специальное оборудование для поддержания постоянства уровня воды и её периодической замены, так как застоявшаяся влага может стать местом размножения бактерий, а также комаров, москитов и других насекомых. При больших площадях покрытий существует опасность нагона воды ветром и местной перегрузки несущих конструкций, увеличивается затрата гидроизоляционных материалов и осложняются требования, предъявляемые к качеству кровли.

В последнее время в тропических странах широкой распространение получили так называемые двойные покрытия, пригодные в жарком сухом и влажных климатах. Верхняя оболочка двойного покрытия затеняет нижнюю и воспринимает радиационную теплоту. Пространство между двумя оболочками, омываемое потоками свободно циркулирующего воздуха, который уносит с собой избыток теплоты, защищает нижнюю оболочку от перегрева.

6.5. Снижение уровня инсоляции с помощью солнцезащитных устройств

Солнцезащитные устройства называют постоянными (стационарными), если они являются органической частью здания; если же они предмет оборудования – временными (подвижными). К ним могут быть отнесены жалюзи, маркизы и т.д.

- Горизонтальные стационарные солнцезащитные устройства (карнизы, козырьки, экраны) защищают от высокостоящего солнца при южной и близкой к ней ориентации помещений. Правильно запроектированные, они хорошо защищают от дождя и не мешают проветриванию. При необходимости

изменять степень затенения горизонтальные солнцезащитные устройства можно применять регулируемые - в виде поворотных щитов или пластинок (жалюзи), выполняемых из дерева, металла, пластмасс и т.д.

- Вертикальные стационарные солнцезащитные устройства защищают помещения от лучей низкостоящего солнца с запада и востока. Как правило, из используют для защиты лоджий, галерей, лестничных клеток, кухонь и санитарных узлов. Более удобны в эксплуатации регулируемые вертикальные солнцезащитные устройства.
- Ячеистые солнцезащитные устройства соединяют в себе качества солнцезащитных устройств первых двух видов и дают наибольший коэффициент затенения.
- Солнцезащитные устройства должны быть запроектированы таким образом, чтобы они меньше аккумулировали и не передавали солнечное тепло в помещения, не препятствовали свободной циркуляции воздуха около стен. Этого можно добиться, проектируя солнцезащитные устройства лёгкими, ажурными, размещая их на некотором расстоянии от стен.

6.6. Снижение нагрева конструкций при помощи термоизоляции стен дома

Наилучшим изолятором тепла и холода являются воздушные прослойки. Чем меньше плотность вещества, чем больше в нем пор, тем эффективнее его теплоизоляционные качества.

В жарких странах основная проблема - это перегрев, от которого спасаются устройством толстых стен и кровли, обладающих большой тепловой инерцией, увлажнением и циркуляцией воздуха.

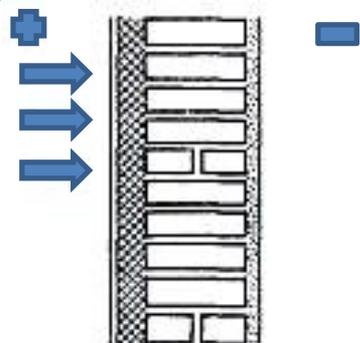


Рис. 6.2. Кирпичная стена с внутренней теплоизоляцией.

При непостоянном отоплении теплоизоляцию наружных стен устраивают внутри. Дом быстрее прогревается, стены под теплоизоляцией остаются холодными.

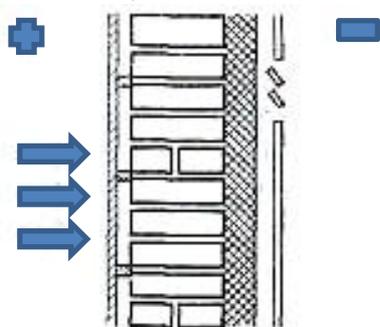


Рис. 6.3. Кирпичная стена с наружной теплоизоляцией и дождевым экраном.

При постоянном отоплении теплоизоляция наружных стен устраивается с холодной стороны. Каменная кладка сама служит аккумулятором тепла. Дождевой экран помогает сохранить сухой теплоизоляцию; пароизоляции не требуется, стены «дышат».

Пароизоляция стен и перекрытий возникла сначала как защита от сквозняков. Но наиболее ценным оказалась именно защита теплоизоляционного материала стен от влаги, проникающей вместе с теплым воздухом. Материалом для пароизоляции служат полиэтилен, пропитанная бумага, толь. Дыры и щели рядом с окнами и другими отверстиями заделывают эластичным герметиком и штукатурят.

С уменьшением толщины стен встал вопрос об эффективной негорючей теплоизоляции. В 1873 г. была изобретена стекловата, которая вытеснила все органические утеплители, так как не горит и не подвержена гниению. Минеральную вату получают, продувая кислород через стекловидный шлак. Стекловату выпускают в матах и рулонах. Обращаться с ней надо осторожно, используя сменную одежду и обувь, поскольку мелкая стеклянная пыль въедается в кожу.

Современной системой защиты каменных стен является водозащитный экран. В этой конструкции теплоизоляция помещается не с внутренней, как раньше, а с наружной стороны стены. Для защиты теплоизоляционного слоя устраивается дождевой экран с воздушной прослойкой. Зимой вентиляционные отверстия, выходящее пространство воздушной прослойки (толщиной 3..5 см), закрываются, в жаркую погоду они открыты и утеплитель

проветривается. (В умеренном климате пространство за экраном проветривается круглый год).

Конструкция со щитом на отступе от стены довольно сложная, но окупается за счет рационального использования материалов.

Защита от перегрева. В жарком климате толстые стены служат аккумуляторами ночной прохлады, кровля тоже делается массивной, применяются и тепловые экраны из тростника, прутьев или индустриальных материалов, расположенные на отступе от основных конструкций (воздух, проходя сквозь воздушную прослойку, остужает перекрытие, которое оказывается к тому же в тени экрана). Традиционным приемом застройки является строительство одноэтажных прямоугольных зданий, выходящих в затененные улочки и дворы глубокими портиками. Тень на улочках создается высокими стенами заборов и вьющимися растениями.

Охлаждение осуществляется за счет испарения воды и увлажнения воздуха.

На севере Африки существует более сложная система для охлаждения воздуха жилых помещений, расположенных ниже уровня земли. Для охлаждения используется пористый керамический сосуд с водой, который устанавливают в вентиляционной шахте, выходящей наружу вверх. Испаряясь, вода охлаждает воздух, он становится более тяжелым и сам опускается в жилые помещения. В жарком климате Ирака охлаждение и вентиляция осуществляются за счет воздушных шахт, выходящих на крышу.

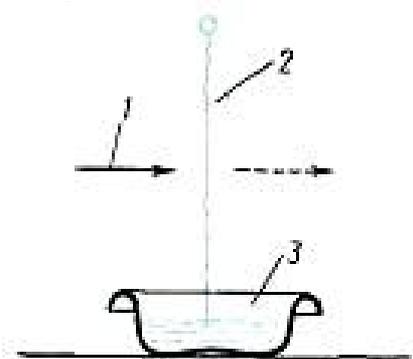


Рис. 6.4. Элементарный испаритель: 1 -горячий сухой воздух; 2 -висячий экран из влажной марли; 3 -таз с водой.

В сухом жарком климате охлаждение воздуха легко обеспечить путем испарения воды.

В сухом жарком климате микроклимат внутри помещений сохраняется за счет толстых стен, навесов, ориентации стен и проемов.

Отверстие шахты открыто в сторону преобладающих ветров и всегда находится в тени. Попадая в шахту, воздух постепенно охлаждается и оседает все ниже и ниже так, что внизу получают самые комфортные условия.

Для влажного и жаркого климата тропиков с перепадом температур всего 8° наиболее приспособлено народное жилище, приподнятое на проветриваемом помосте и защищенное навесом (рис. 6.5).

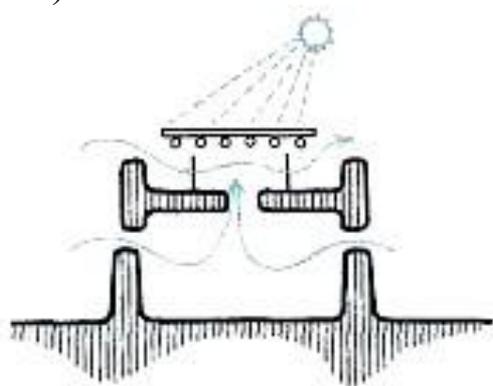


Рис. 6.5. Устройство естественной вентиляции. Разрез здания. (Ближний Восток).

Ориентация и планировка здания существенно влияют на микроклимат внутри помещений. Дом может улавливать и удерживать солнечное тепло или обеспечивать прохладу, защиту от перегрева.

6.7. Особенности бетонных работ в сухом и жарком климате.

Жаркая сухая погода вызывает появления ряда факторов, которые существенно усложняют технологию бетонных работ, а именно:

- повышенную температуру бетонной смеси, влекущую повышение водопотребности для обеспечения её отпускной подвижности и расхода цемента для получения требуемой прочности бетона;
- быструю потерю бетонной смесью подвижности в процессе её транспортирования или выдерживания до укладки вследствие

ускоренного схватывания цемента и интенсивного схватывания воды затворения, приводящая к нарушению принятых условий при транспортировании и укладки бетонной смеси, а также отделки поверхностей конструкций;

- интенсивное обезвоживание бетона и снижение вследствие этого его прочности, долговечности, а также ухудшение других физико-химических качеств.

Скорость испарения воды из бетонной смеси и уложенного бетона в значительной степени зависит от температурно-влажностного режима окружающей среды.

Очень важным фактором, характерным для процесса бетонирования в жаркую сухую погоду, является значительная пластическая (начальная) усадка бетона, приводящая к раннему растрескиванию бетонных и особенно железобетонных конструкций и сооружений, ухудшению физико-механических свойств бетона и резкому снижению его долговечности.

Пластическая усадка протекает на протяжении первых нескольких часов после укладки в период формирования структуры бетона и перехода его из пластического в полупластическое и полутвёрдое состояние. Основная причина этого явления – быстрое обезвоживание бетона вследствие испарения воды. Пластическая усадка бетона в жаркую и сухую погоду повышает в несколько раз последующую влажностную усадку затвердевшего бетона, имеющую место во всех бетонах, уложенных при любых климатических условиях. Особенностью районов с жарким сухим климатом является значительный перепад между дневной и ночной температурами (присущий местностям с континентальным климатом), достигающий до 45 градусов и более. В ранние весенний и осенний периоды возможны ночные заморозки, приводящие к замерзанию поверхностных слоёв бетона. Происходящее при этом попеременно замерзание и оттаивание поверхности бетона еще более ухудшает условия выдерживания забетонированных конструкций.

На технические и технологические свойства бетонной смеси в условиях сухого жаркого климата оказывают существенное влияние выбор исходных материалов, состав бетона, режим ухода за ним.

Выбор исходных материалов для приготовления бетонной смеси

Если конструкция не находится под водой или во влажной среде, то не допускается применение шлакопортландцемента или пуццоланового портландцемента класса ниже В30. Лучше всего применить высокоактивный портландцемент, который обладает высоким темпом начального твердения и меньшей влаготдачей.

Особые требования выдвигаются и к крупным заполнителям.

Если бетонная смесь используется для наземных конструкций, подверженных частому циклическому нагреву, то следует использовать крупный заполнитель с почти таким же коэффициентом теплового расширения, как и для цементно-песчаной смеси. Для бетонных конструкций класса до В 22,5 необходимо применять вместо гравия щебень, так как гравий обладает меньшей величиной сцепления с цементным раствором и снижает прочность бетона на растяжение и трещиностойкость.

Особое внимание необходимо обратить на бетонные смеси с пористыми заполнителями. Они, с одной стороны, в результате отсоса заполнителями части связанной воды, при высокой температуре и низкой влажности теряют свою подвижность; с другой стороны, бетон на пористых заполнителях в процессе твердения меньше, чем бетон на тяжелых заполнителях испытывает отрицательное влияние жаркой и сухой погоды.

В условиях высокой температуры и низкой влажности в бетонную смесь, независимо от вида крупного заполнителя, необходимо вводить химические добавки; они уменьшают водопотребность бетонной смеси и снижают потерю подвижности.

В условиях жаркого климата на твердеющий бетон оказывают влияние ниже перечисленные факторы:

- выделение тепла бетоном вследствие гидратации цемента;
- передача тепловой энергии излучением из окружающей среды;
- накопление бетоном теплоты за световой день;
- выделение теплоты с поверхности бетона в окружающую среду конвективным путем (собственное излучение и отражение).

При ведении бетонных работ надо обеспечить необходимую подвижность бетонной смеси перед ее укладкой.

Существуют различные способы сохранения требуемой подвижности бетонной смеси:

- увеличение расхода воды, но это вызывает соответствующий расход цемента;

- снижение температуры бетонной смеси в процессе ее приготовления; и обеспечение сохранности консистенции бетонной смеси при транспортировании и укладки.

Снизить температуру смеси можно:

- смачиванием заполнителей охлажденной водой;
- обдуванием заполнителей холодным воздухом;
- добавлением льда в количестве до 50 % массы воды;
- добавлением в бетонную смесь жидкого азота;
- введением в бетонную смесь при приготовлении поверхностно-активных добавок – 0,4-0,5 % массы цемента.

Важной технологической задачей является предохранение бетонной смеси от обезвоживания после укладки в опалубку.

С этой целью применяют следующие способы:

- периодический полив водой;
- укрытие гидрофильными материалами: песком, опилками, мешковиной, соломенными и камышовыми матами, с последующим постоянным увлажнением;
- укрытие пароводонепроницаемыми материалами: брезентом, полимерной пленкой, с обеспечением замкнутого пространства;
- пропитывание полимеризующимися гидрофобными композициями;
- нанесение на поверхность пленкообразующих составов;
- укрытие поверхности теплоизоляционными материалами: полимерной пеной, термовлагоизоляционными покрытиями.

Как показывают результаты исследований, полив бетона не только не предохраняет бетон от обезвоживания, а вызывает так называемый термический удар через 10-15 минут после полива: интенсивная потеря влаги, ухудшение поровой структуры и возникновение растягивающих напряжений в поверхностных слоях бетона более чем на 50 % больше допустимых.

При производстве бетонных работ в условиях высоких температур и низкой влажности используют в основном искусственные пленки. Правильный выбор пленки является весьма важным. Например, полиамидные пленки, являются прочными, эластичными, прозрачными, но под влиянием солнечной радиации

у них появляются микро- и макротрещины; они разрушаются при деформациях.

Для обеспечения в условиях жаркого климата нормальных температурно-влажностных режимов, используют пленки с функциональным защитным покрытием с коэффициентом лучистой энергии до 80 %; такое покрытие обеспечивает снижение скорости подъема температуры в 4 раза, но такие покрытия разрушаются при воздействии воды.

При бетонных работах в условиях сухого жаркого климата начальная усадка бетона и скорость ее протекания увеличиваются почти в два раза по сравнению с твердением бетона в летний период с умеренным климатом. В этой связи необходимо, чтобы промежуток времени между укладкой бетона в опалубку и началом ухода за ним был наименьшим.

Интенсификация твердения бетона

В условиях высокой температуры воздуха и низкой влажности путем сокращения сроков выдерживания бетона можно снизить уровень его обезвоживания. С этой целью используют методы интенсификации твердения бетона. Методы ускоренного твердения позволяют бетону достигнуть проектной или критической прочности. Величина критической прочности зависит от состава и класса бетона, вида и активности цемента, вида химических добавок, вводимых в бетон, режима выдерживания, водоцементного отношения и др.

Вместе с тем величина критической прочности не должна быть ниже 50 % проектной прочности.

Применяются следующие методы ускоренного твердения в условиях сухого жаркого климата:

- метод предварительного форсированного электроразогрева бетонной смеси;
- применение ускорителей твердения в композициях с пластифицирующими добавками;
- метод тепловой обработки;
- применение высокоактивных цементов.

Из перечисленных методов наиболее эффективным в некоторых случаях оказывается метод тепловой обработки, т. к. обеспечивает получение бетоном в относительно сжатые сроки необходимой прочности. Известно, что если бетон набрал 70-80 %

проектной прочности, то в дальнейшем, в условиях сухого климата, отпадает необходимость в специальном уходе.

В районах с сухим жарким климатом один из путей снижения энергетических затрат является использование энергии солнечной радиации. Так, например, свежееуложенный бетон покрывают светонепроницаемой полиэтиленовой пленкой; она пропускает лучистую энергию, но предотвращает потерю воды. На заводах железобетонных конструкций при полигонном изготовлении сборных конструкций используют гелиоформы со светопрозрачными и теплоизолирующими покрытиями. Такие установки обеспечивают получение в течение суток почти половины проектной прочности. Этой величины достаточно для распалубливания бетонной конструкции.

Интересным и простым решением в использовании солнечной энергии является прогрев бетона в результате выдерживания в «парниковом режиме» под светопрозрачными пленочными покрытиями. Этот дешевый и доступный метод может быть широко применен для конструкций любой конфигурации, но наиболее эффективен он для распластанных конструкций.

Методы ускоренного твердения бетона могут быть наиболее эффективными при возведении многоэтажных зданий, высотных сооружений, в условиях сухого жаркого климата.

Контрольные вопросы:

1. Какие особенности выбора места строительства для сухого и жаркого климата?
2. Перечислите и раскройте особенности объемно – планировочных решений для сухого и жаркого климата.
3. В чем сущность приёмов защиты зданий от перегрева?
4. Каким образом осуществляется защита конструкций от пыли?
5. Каким образом жаркий и сухой климат влияет на материалы и конструкции?
6. Каковы особенности бетонных работ для сухого и жаркого климата?

Тема 7. Строительство в сейсмоопасных районах

При проектировании зданий и сооружений, предназначенных для строительства в сейсмических районах, следует применять конструктивные решения, позволяющие до минимума снижать сейсмические нагрузки. Поэтому рекомендуют применять симметричные конструктивные схемы, легкие ограждающие конструкции и такие несущие относительно обеих осей здания в плане конструкции, которые обеспечивают развитие пластических деформаций в элементах и стыках.

7.1. Особенности конструирования каркасных зданий

В каркасных зданиях горизонтальную сейсмическую нагрузку воспринимают каркас с жесткими узлами рам, каркас с заполнением, каркас с вертикальными связями, диафрагмами или стволами жесткости. При расчетной сейсмичности 7... 8 баллов допускают применять наружные каменные стены высотой не более 7 м.

Диафрагмы, связи и ядра жесткости должны быть непрерывными по всей высоте здания и расположены в обоих направлениях равномерно и симметрично относительно центра тяжести здания. При выборе конструктивных схем следует предусмотреть возникновение первых пластических зон в горизонтальных элементах каркаса (ригелях, перемычках и обвязочных балках).

По способу изготовления и возведения железобетонные каркасы зданий могут быть сборными, сборно-монолитными и монолитными. Жесткие узлы железобетонных рам должны быть усилены применением сварных сеток и замкнутых хомутов (рис.7.1).

Участки ригелей колонн, примыкающие к жестким узлам рам на расстоянии, равном не менее высоты их сечения, усиливают дополнительной замкнутой поперечной арматурой (хомутами) с шагом не более 100мм в рамных системах и не более 200мм в связевых системах. При расчетной сейсмичности 8 и 9 балла в шаг хомутов в колоннах рам не должен превышать $b/2$ где, b – наименьший размер сечения колонны. Диаметр хомутов следует принимать не менее 8 мм.

В сборно-монолитном каркасе колонны и плиты перекрытий объединяют в единую конструкцию путем натяжения на бетон канатной арматуры. Ее пропускают через отверстия колонн в зазорах между крупноразмерными панелями перекрытия.

Сборные колонны многоэтажных зданий по возможности следует укрупнять на несколько этажей. Стыки колонн необходимо располагать в зонах с минимальными изгибающими моментами.

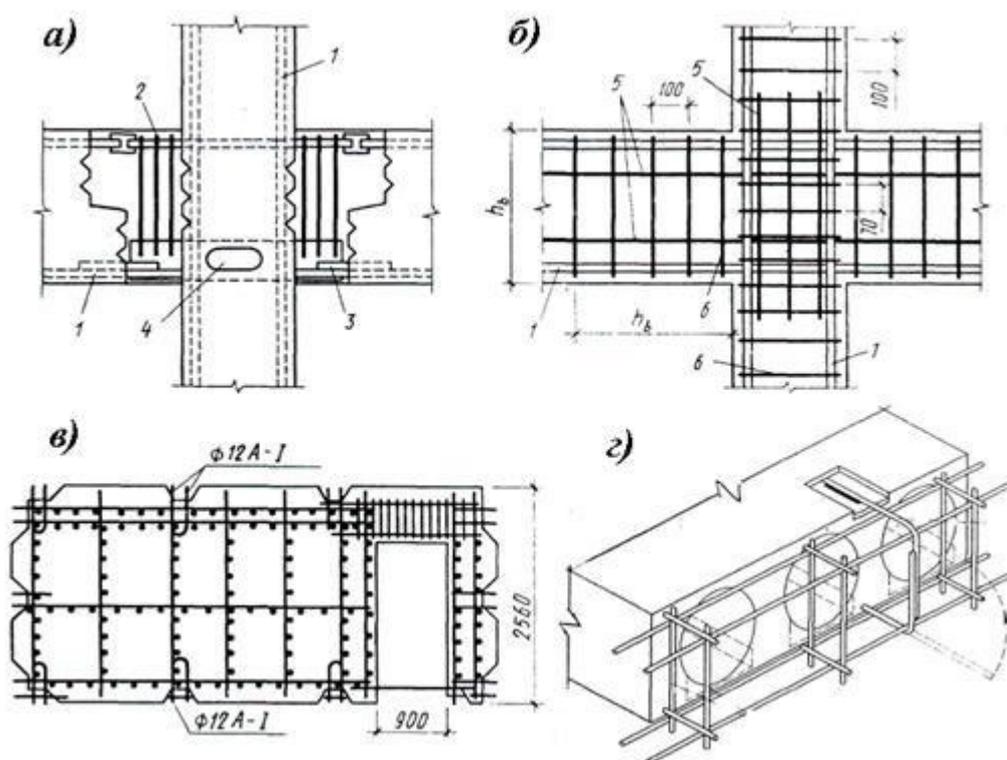


Рисунок 7.1. Сейсмостроительство узлов. а, б - армирование узла сборной и монолитной железобетонной рамы; в - конструктивное решение стыковых соединений панелей внутренних стен крупнопанельных зданий; г- анкеровка панелей перекрытий 1 - продольная арматура; 2 - то же, поперечная; 3 - усиленный арматурный выпуск; 4 - опорный столик из уголков с отверстием; 5 - дополнительная продольная арматура; 6 - поперечная арматура.

7.2. Особенности конструирования крупнопанельных и объемно-блочных зданий

Для зданий сейсмических районов рекомендуют принимать конструктивную схему с несущими поперечными и продольными стенами. Панели стен и перекрытий соединяют путем сварки

выпусков арматуры, анкерных стержней и закладных деталей. Таким образом все элементы зданий объединяют в единую пространственную конструкцию, способную воспринимать сейсмические нагрузки. Несущую способность зданий повышают путем применения вертикальной напрягаемой арматуры.

Фундаменты применяют ленточные из монолитного железобетона. При больших нагрузках и слабых грунтах может оказаться рациональным фундамент в виде сплошной монолитной плиты.

Стеновые панели армируют пространственными каркасами. Пример конструктивного решения внутренней стеновой панели и ее стыков показан на рис.7.2. в. Стены по всей длине и ширине здания должны быть, как правило, непрерывными.

Благодаря большой пространственной жесткости и способности перераспределять усилия, объемно-блочные здания вполне подходят для строительства в сейсмических районах. При строительстве блоки размерами на всю комнату соединяют по высоте только по углам. Однако по всем граням блоков устанавливают вертикальную арматуру. Для повышения жесткости горизонтальных стыков блоков целесообразно устраивать шпоночные связи.

Для снижения сейсмических нагрузок устраивают в зданиях так называемый первый гибкий этаж, т. е. первый этаж многоэтажных зданий выполняют каркасным. Последнее время такое решение подвергается к жесткой критике.

7.3. Особенности конструирования каменных зданий

В зданиях с несущими стенами из кирпича или каменной кладки, кроме наружных продольных стен, должно быть не менее одной внутренней продольной стены. При этом соблюдают требования по минимальной ширине простенков и максимальной ширине проемов.

Сейсмостойкость каменных стен зданий повышают арматурными сетками, вертикальными железобетонными элементами (сердечниками), предварительным напряжением кладки. В уровне перекрытий и покрытий зданий устраивают антисейсмические железобетонные пояса по всем продольным и

поперечным стенам. Связь поясов с кладкой может быть усилена выпусками арматуры и железобетонными анкерами.

Антисейсмические пояса устраивают на всю ширину стены. Высота поясов должна быть не менее 150 мм. Их возводят из бетона класса не ниже В12, 5 и армируют четырьмя продольными стержнями диаметром 10 и 12 мм при расчетной сейсмичности соответственно 7, 8 и 9 баллов. Кроме того, армируют горизонтальной арматурой все угловые участки наружных стен и сопряжения внутренних стен к наружным. Аналогичное армирование применяют для стен из монолитного бетона.

Проемы большой ширины и узкие простенки окаймляют железобетонной рамкой (рис.7.2). Перемычки устраивают, как правило, на всю толщину стены и заделывают в кладку на глубину не менее 350 мм (при ширине проема до 1,5м – не менее 250 мм).

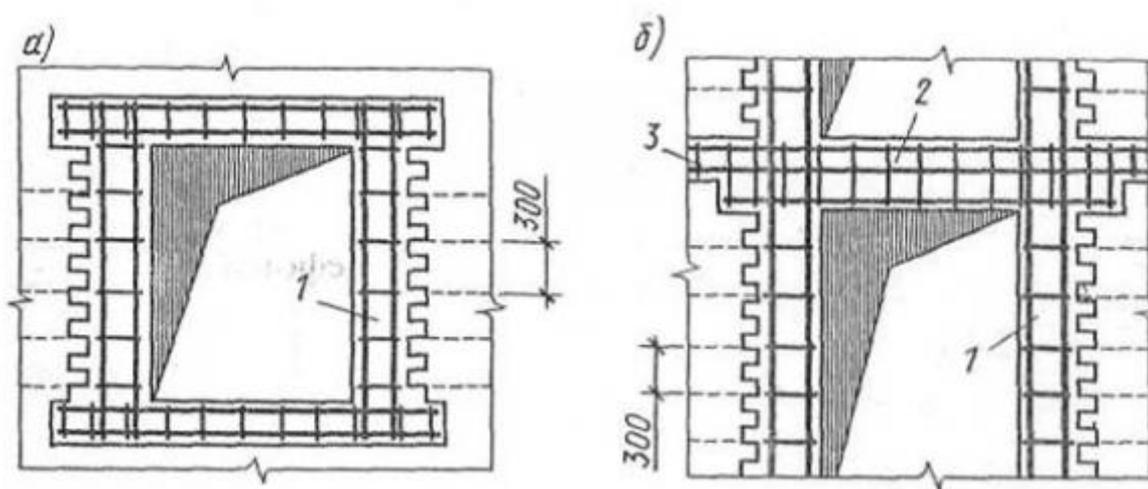


Рисунок 7.2. Усиление граней оконных (а) и дверных (б) проемов: 1 - железобетонный сердечник; 2 - железобетонная перемычка, объединенная с обвязкой; 3 - железобетонная обвязка

Первые этажи зданий, включающие магазины и другие помещения свободной планировки (с колоннами), выполняют в железобетоне.

Здания с пролетами 18 м и более следует перекрывать металлическими фермами в сочетании с алюминиевыми панелями или профилированным стальным настилом, утепленным пенополистиролом или другими эффективными легкими материалами. Предварительно напряженные железобетонные

конструкции, в которых арматура не имеет сцепления с бетоном, применять не разрешается.

Лестницы рекомендуется применять крупноборные с заделкой в кладку не менее чем на 250 мм, с анкерованием или с надежными сварными креплениями. Консольная заделка ступеней не допускается. Дверные и оконные проемы при сейсмичности 8 и 9 баллов должен иметь железобетонное обрамление.

Перегородки следует применять крупнопанельные или каркасной конструкции, причем они должны быть надежно связаны с перекрытиями и стенами или колоннами. Балконы должны выполняться в виде консольных выпусков панелей перекрытий (или надежно с ними соединяться). Вынос балконов допускается при сейсмичности 7 баллов $\leq 1,5$ м, а при сейсмичности 8-9 баллов $\leq 1,25$ м. Отделку помещений следует производить с использованием легких листовых материалов (сухой штукатурки, фанеры, древесноволокнистых плит и т. п.).

Покрытия одноэтажных зданий для строительства в сейсмических районах следует принимать сборно-монолитной конструкции. Многопролетные стропильные покрытия, как и многоволновые оболочки для сейсмических районов, целесообразно проектировать неразрезными с целью повышения их жесткости и устойчивости.

Строительство жилых домов из сырцового кирпича, самана и грунтоблоков допускают лишь в сельских населенных пунктах при условии усиления стен деревянным каркасом с диагональными связями.

7.4. Принципы проектирования сейсмостойких зданий и сооружений.

1. при выборе объемно-планировочных и конструктивных решений необходимо обеспечивать симметричное относительно их главных осей и равномерное в плане распределение масс и жесткостей. Несоблюдение этого условия может привести к интенсивному развитию крутящихся моментов в плане здания и приведение к концентрации усилий на отдельных несущих конструкциях.

2. здание в плане рекомендуется простое очертание (круг, квадрат, прямоугольник). Не рекомендуется возводить пристройки и асимметрично располагать лестничные клетки.

3. здание большое по площади и со сложным очертанием расчленяют на отдельные блоки с антисейсмическими деформационными швами.

4. основные несущие конструкции должны быть монолитными и однородными. Им придают равнопрочность, так как преждевременный выход из строя слабых узлов и элементов может привести к разрушению здания до исчерпания несущей способности основных конструкций.

5. при проектировании сборных элементов по возможности укрупняют их, тем самым уменьшая количество стыков. Стыки располагают вне зоны максимальных усилий.

6. поскольку величина сейсмических нагрузок зависит от веса здания, стремятся уменьшить вес здания и полезных нагрузок.

Современные технологии, разработанные специально для сейсмического строительства, рассчитаны уменьшить воздействие активности землетрясения в два, три, а в некоторых случаях и в большее количество раз. Они диктуют застройщикам закладывать повышенную прочность конструкции для объектов высокой степени ответственности еще на этапе проектирования. Таким образом, к обычным расчетам добавляется дополнительный коэффициент надежности, который повышает сейсмостойкость сооружения.

7.5. Особенности выбора материалов.

Материалы в конструкциях желательно применять прочными, лёгкими, обладающими упругими свойствами, а сами конструкции, в свою очередь, должны иметь однородные свойства.

Главным материалом, обеспечивающим наибольшую безопасность в сейсмическом строительстве, является металл. Он не хрупкий, достаточно пластичный и хорошо переносит сейсмическую нагрузку. Во время землетрясения он может искорежиться и «поплыть», но, тем не менее, сооружение, созданное из этого материала, не рассыплется и не погребет под собой людей. Поэтому очень часто в современных зданиях,

построенных в зонах сейсмической активности, можно наблюдать стальные каркасы. Они податливы и позволяют строению хорошо воспринимать воздействие землетрясений.

Вместо обычного бетона в сейсмическом строительстве используется специальный торкрет – сухая бетонная смесь с добавлением в нее химических добавок и полимерных волокон. Такое сочетание придает торкрету повышенную прочность по сравнению с обычным бетоном.

Бетон, армированный металлом, то есть железобетон, также хорошо зарекомендовал себя в сейсмостроительстве. А вот кирпич – не подходящий материал в сейсмоактивных районах. Даже при возведении внутренних перегородок предпочтение отдается гипсокартону. В отличие от кирпича, он легкий, а значит, в случае обрушения конструкции принесет меньше травм. Если кирпич и присутствует во внутренней отделке здания, то для безопасности кирпичную кладку «запаковывают» в металлическую сетку. Так во время землетрясения она не рассыплется на мелкие сегменты и не завалит собою людей.

В настоящее время набирает популярность метод сейсмоусиления зданий с использованием систем внешнего армирования на основе композиционных материалов, в частности углеволокна. Применение систем внешнего армирования на основе углеволокна в районах с сейсмичностью 7–9 баллов позволяет снизить сейсмические нагрузки в 1,5–4 раза. Таким образом, появляется возможность использовать проектные решения, не предназначенные для проектирования в сейсмических районах. Также становится возможным улучшение сейсмостойкости существующих строительных объектов на 1–2 балла.

Преимущества применения сейсмического усиления композитным волокном по сравнению с традиционными способами усиления:

- высокие механические характеристики материалов;
- сокращение временных затрат без увеличения трудоёмкости;
- сокращение трудовых затрат ввиду отсутствия необходимости привлечения тяжёлой техники;
- возможность выполнения работ без остановки функционирования объектов;

- сокращение расходов на ремонт;
- возможность исправления ошибок при проектировании и строительстве.

Следует отметить, что композиционные материалы, применяющиеся для сейсмоусиления зданий и сооружений, не утяжеляют исходную конструкцию, сохраняют объёмно-планировочные решения.

Система внешнего армирования (СВА) повышает способность построек и конструкций выдерживать землетрясения с минимальными повреждениями за счет:

- усиления колонн;
- усиления несущих стен;
- укрепления междуэтажных перекрытий и покрытий, которые работают как диафрагмы жёсткости, обеспечивающие распределение сейсмической нагрузки между вертикальными несущими элементами.

Сейсмостойкие блоки.

Это новейший строительный материал, запатентованный в 2008 г, предназначенный для повышение сейсмостойкости конструкций из строительных блоков. Сущность заключается в том, что сейсмостойкий строительный блок (1) содержит соосно расположенные на его противоположных опорных сторонах выступы (2) и пазы (3), предназначенные для размещения в ответных пазах другого соединенного с ним блока и имеющие форму усеченного конуса с углом раскрытия не более 30° и соответственно глубину и высоту не менее $2/3$ высоты блока (1), при этом строительный блок (1) имеет расположенные по оси выступов (2) сквозные отверстия (4), а на боковой поверхности каждого выступа установлена по меньшей мере одна демпфирующая прокладка для демпфирования сейсмических волн в блоках, соединенных в строительную конструкцию. В частности, на боковой поверхности каждого выступа устанавливается, либо одна прокладка (7), выполненная в виде конусообразной трубки с длиной не менее $2/3$ высоты выступа (2), либо по меньшей мере две демпфирующие прокладки (5 и 6), расположенные на расстоянии одна от другой, каждая из которых выполнена в виде кольца.

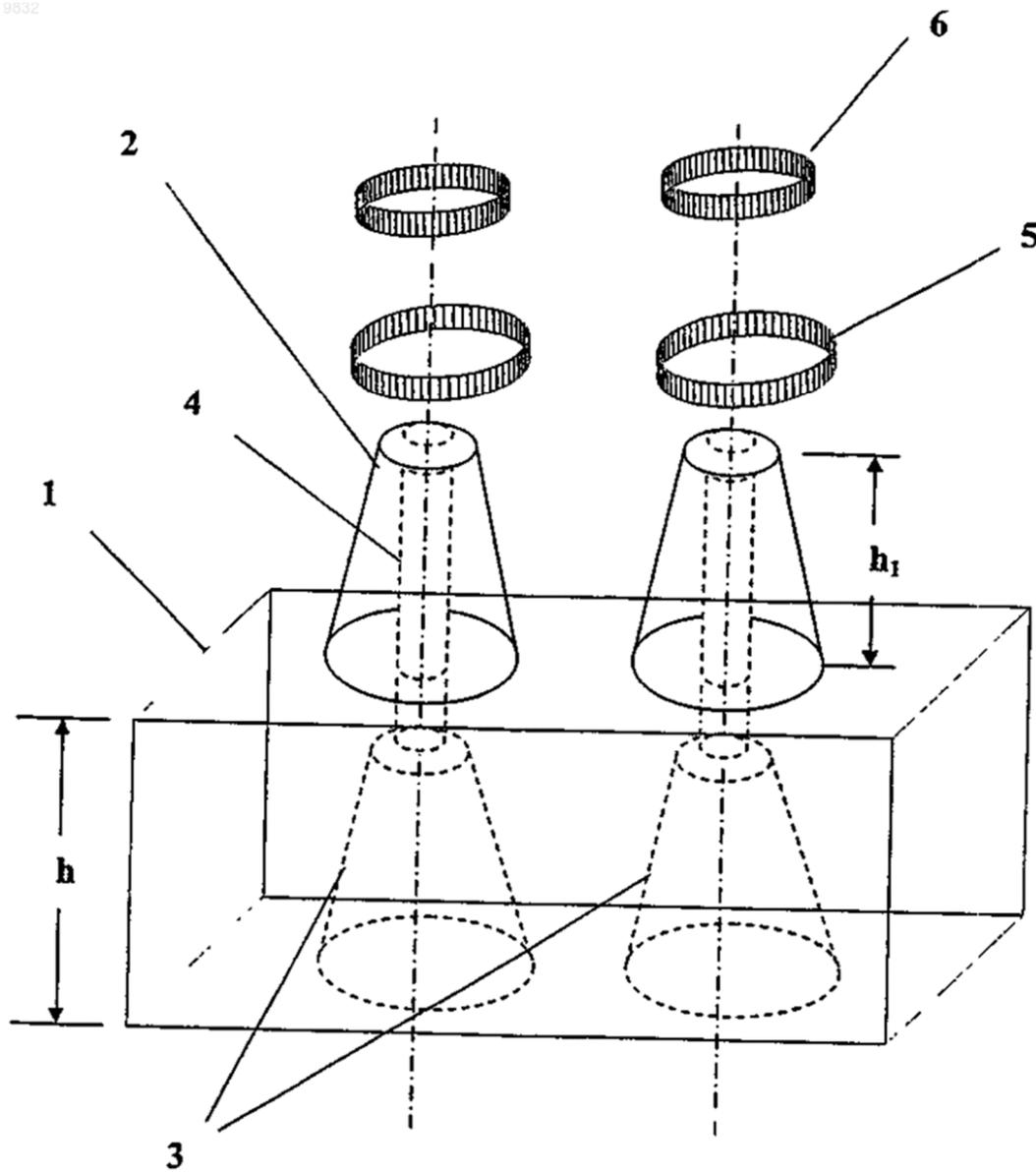


Рис. 7.3. Устройство сейсмостойкого блока.

На рис. 7.4. показано соединение сейсмостойких строительных блоков между собой. Кладка блоков может быть любой, которая используется при строительстве из обычных блоков. Демпфирующие прокладки выполнены по форме выступа. При использовании для установки на каждом из выступов 2 двухпрокладок эти прокладки выполнены в виде колец 5 и 6, причем внутренний диаметр нижнего кольца 5, показанного на рис. 2 равен внешнему диаметру выступа 2 на высоте ниже $1/2$ высоты h_1 этого выступа 2, а внутренний диаметр второго кольца 6 равен внешнему диаметру выступа 2 на высоте выше $1/2$ высоты h_1 этого выступа 2.

Сейсмостойкий строительный блок работает следующим образом. При прохождении поперечной сейсмической волны от сильного землетрясения возникают тангенциальные ускорения, которые приводят к смещению сейсмостойких строительных блоков относительно друг друга.

На рис. 7.5. а) показан фрагмент соединения выступа блока 1 с пазом второго соединенного с ним блока до прохождения сейсмической волны.

На рис. 7.5. в) показан фрагмент смещения выступа блока 1 относительно паза второго блока при прохождении первой сейсмической полуволны. Стрелкой сверху показано направление смещения второго блока относительно блока 1. Как видно, демпфирующие прокладки с левой стороны сжались, а с правой - разжались.

На рис. 7.5. с) показан фрагмент смещения выступа 2 блока 1 относительно паза второго блока при прохождении второй сейсмической полуволны. Стрелкой сверху показано направление смещения второго блока относительно блока 1. Как видно, демпфирующие прокладки с левой стороны разжались, а с правой - сжались.

Демпфирующая прокладка может быть выполнена любой формы и размеров, обеспечивающих решение поставленной задачи, при этом толщина прокладки зависит от используемого упруго-пластичного материала и размеров сейсмостойкого строительного блока, т.е. чем больше размеры блока, тем больше толщина прокладки, что обосновывается увеличением веса блока и следовательно силы инерции, которую должна демпфировать прокладка.

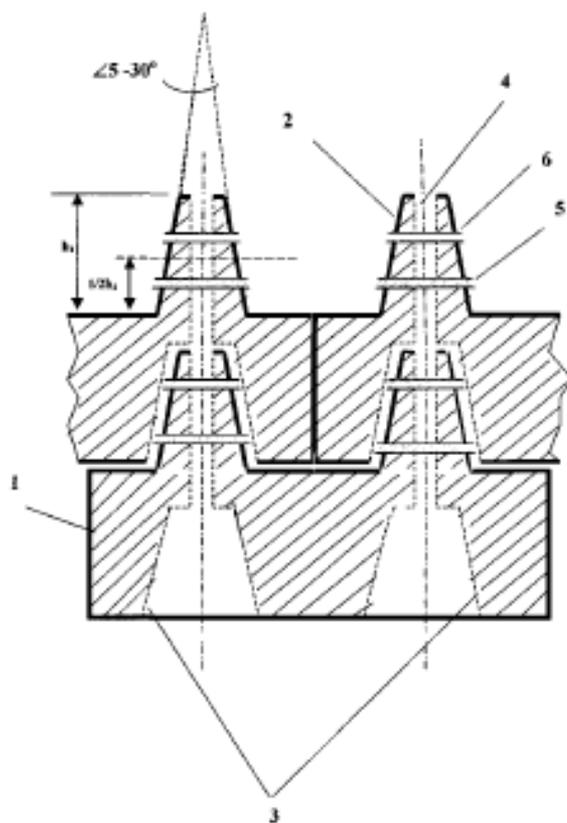


Рис. 7.4. Соединение сейсмостойких строительных блоков между собой

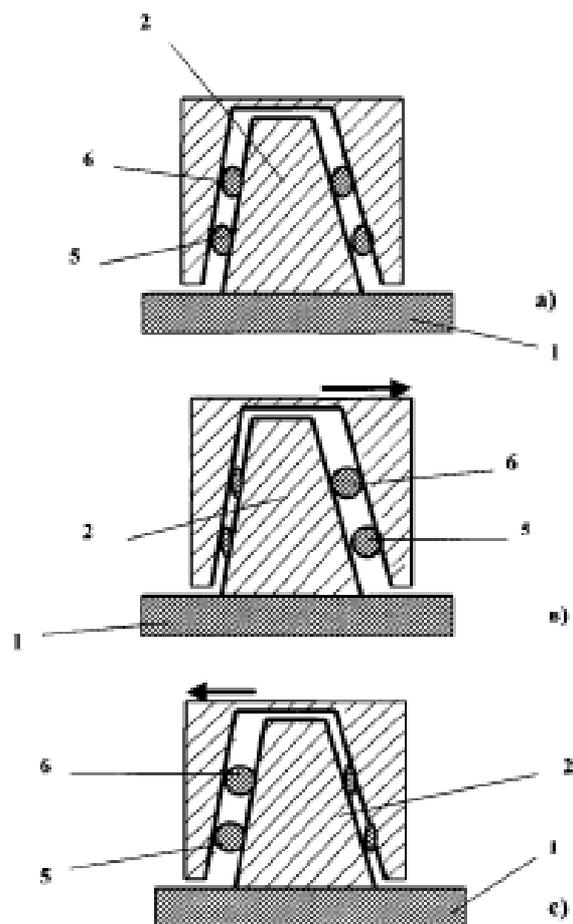


Рис. 7.5. Работа блока при прохождении сейсмической волны.

Таким образом, задача по обеспечению сейсмостойкого строительства зданий и сооружений является очень важной и одновременно сложной. Для наилучшего решения этой проблемы необходимо проводить тщательный анализ общих свойств сейсмических разрушений. Это позволит сформулировать ряд принципов, которые по совокупности с уже существующими позволят практически полностью исключить сейсмические разрушения защищенных зданий.

7.6. Особый подход к коммуникациям.

Наряду с безопасностью и целостностью несущих конструкций здания, в сейсмическом строительстве уделяют достаточное внимание коммуникационным системам как внутри, так и снаружи сооружений. Например, трубы защищают от повреждений и разрушений во время землетрясения. Чтобы трубопроводы могли поглощать сейсмическую нагрузку, их оснащают резиновыми изоляционными вставками. В дополнение к этому трубы, расположенные под землей, ограждают от сейсмического воздействия специальной амортизационной обсыпкой. Она представляет собой перлитовую или керамзитовую смесь, либо же крупный песок.

Техническое оборудование внутри здания, несущее даже малейшую опасность при землетрясении, также закреплено по специальной технологии. Например, сейсмостойкий трансформатор тока устанавливают на тяжелую станину, которая жестко крепится к полу. Случись сейсмический удар, все эти мероприятия обеспечат полную неподвижность трансформатора по отношению к зданию, в котором он размещен.

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение сейсмоопасным районам.
2. Каковы особенности конструирования каркасных зданий в сейсмоопасных районах.
3. Каковы особенности конструирования каменных зданий в сейсмоопасных районах?
4. Каковы особенности конструирования крупнопанельных и

объемно-блочных зданий в сейсмоопасных районах?

5. Перечислите основные принципы проектирования сейсмостойких зданий и сооружений.

6. Особенности строительства в условиях повышенной сейсмоопасности.

7. Методы снижения сейсмической нагрузки. Конструктивные решения.

8. Особенности выбора материалов и конструкций при строительстве в сейсмоопасных зонах.

9. Каковы особенности коммуникаций в сейсмоопасных районах?

Тема 8. Строительство в условиях плотной застройки

8.1. Особенности строительства в условиях плотной застройки.

При возведении зданий и сооружений в условиях плотной городской застройки возникает целый ряд факторов, соблюдение которых обеспечивает качество и долговечность не только непосредственно возводимых объектов, но и окружающих их сооружений:

- необходимость обеспечения поддержания эксплуатационных свойств объектов, расположенных в непосредственной близости от пятна застройки;
- невозможность расположения на строительной площадке полного комплекса бытовых и инженерных сооружений, машин и механизмов;
- разработка специальных конструктивных и технологических мероприятий, направленных на оптимизацию процессов возведения объекта;
- разработка технических и технологических мероприятий, направленных на защиту экологической среды объекта и существующей застройки.

Особенность перечисленных выше факторов заключается в том, что для многих из них на сегодняшний день отсутствует нормативная база, комплексно рассматривающая их в привязке к процессам возведения зданий.

Возникающие в первые же месяцы строительства проблемы, связанные с образованием трещин на стенах, полах и потолках существующих зданий, могут повлечь за собой не только финансовые потери, но и привести к закрытию строительства. Такие же последствия могут возникнуть и от невозможности обеспечения инженерных и санитарных требований по обустройству строительной площадки.

Особенности строительства (реконструкции) объектов в стесненных условиях существующей городской застройки, отражаются на разных аспектах строительства:

- при разработке градостроительной документации (если для размещения объектов требуется комплексное градостроительное решение);

- на стадии выбора архитектурно-планировочного решения (архитектурной концепции), для определения оптимального варианта размещения объекта, его объемно-пространственного решения, уточнения границ территории, взаимосвязи с окружающей застройкой ;
- при выборе строительных материалов;
- при выборе технологии строительных работ, обеспечивающих минимальное воздействие на окружающую среду и население существующих зданий и сооружений.

Правила строительства (реконструкции) объектов в стесненных условиях существующей городской застройки устанавливаются проектом организации строительства, в котором предусматриваются мероприятия по обеспечению сохранности существующих объектов и снижению строительного, экологического и материального риска.

При необходимости разработки выемок в непосредственной близости и ниже подошвы фундаментов существующих зданий и сооружений, обозначаются границы подземных сооружений и коммуникаций и перечисляются меры по обеспечению их сохранности. При принятии решений по устройству оснований и фундаментов исключается разуплотнение грунтов под существующими фундаментами и обеспечивается сохранение свойств грунтов оснований.

В составе проектной документации в виде самостоятельного раздела, учитывая особенности стесненных условий, разрабатываются технические, организационные и технологические решения по производству опережающих археологических изысканий, сохранению имеющихся объектов культурного наследия, сносу зданий и сооружений, а также рекультивации земель, извлечению из грунта ликвидируемых подземных коммуникаций и сооружений.

При проектировании зданий, расположенных на небольшом расстоянии друг от друга, рекомендуется применить однотипные фундаменты с одинаковым заглублением. Если конструкции фундаментов разные, то требуется тщательная проверка напряженно-деформированного состояния в основаниях обоих зданий.

Так, если существующее здание построено на свайном фундаменте, а новое на фундаментной плите, то в зоне примыкания

зданий под ростверком старого здания может возникнуть зона разуплотнения грунта, уменьшающая первоначальную несущую способность свай. Дополнительные напряжения, возникающие в основании от массы нового здания, приводят к дополнительной нагрузке на крайние ряды свай. Вследствие этого возможно разрушение части старого здания (в месте примыкания нового здания).

8.2. Поддержание эксплуатационных свойств существующей застройки

Здания, расположенные в непосредственной близости от участка застройки, могут быть подвержены ряду воздействий, возникающих в процессе возведения нового здания. Это:

- отрывка в непосредственной близости от здания котлована под новое строительство;
- вибрация от расположенных в непосредственной близости строительных машин и механизмов.

Укрепление оснований и фундаментов.

До начала земляных работ необходимо осуществить укрепление оснований и фундаментов существующих сооружений и городской инфраструктуры, расположенных в непосредственной близости от строительной площадки. Укрепление конструкций оснований и фундамента должно обеспечить статическое равновесие здания на период открытого котлована до возведения несущих конструкций подземной части нового здания.

При возведении здания вплотную к существующему, при одинаковой глубине заложения фундамента и при одинаковой конструкции фундамента, запрещается разрабатывать котлованы вплоть до стенки существующего фундамента без проведения защитных мероприятий, так как возможно выдавливание грунта из-под подошвы существующего фундамента в котлован. Отрывку котлована вдоль существующего здания следует производить отдельными захватками по три-четыре метра по длине примыкания к существующему углу здания. Переходить к соседним захваткам можно только после устройства фундаментов нового здания на предыдущей захватке.

Если глубина фундаментов нового здания больше существующего, то необходимо устройство разделительной

шпунтовой стенки в месте примыкания (рис. 8.1.). Цель шпунтового ограждения - воспрепятствовать сползанию и обрушению грунтовых массивов, находящихся за пределами строительной площадки. В качестве несущих элементов шпунтового ограждения используют металлические трубы или сортаментные прокатные балки - швеллеры или двутавры. Расчетом устанавливают расстояние между металлическими элементами и их характеристики: для труб - это длина, диаметр, толщина стенки; для балок - длина и номер их сортамента. В рассматриваемых особых условиях элементы шпунтового ограждения устанавливают, как правило, забуриванием, поэтому предпочтительнее использовать металлические трубы. В случае когда по расчету металлические элементы допустимо устанавливать не вплотную, в целях предотвращения провалов грунта между ними горизонтально закладывают деревянные доски (забирку).

Существуют разные типы шпунтовых ограждений: буронабивные железобетонные шпунты, забивные железобетонные шпунты, металлический шпунт Ларсена и др. В современных условиях чаще всего принимают буронабивные монолитные шпунты. Диаметр шпунта зависит от глубины котлована (количества подземных уровней), и может составлять от 320 мм до 1000 мм (и более). При глубине котлованов более 4.5 м часто устраиваются шпунты из свай с устройством грунтовых анкеров (например: буронабивные сваи, выполняемые по разрядно - импульсной технологии - сваи «РИТА»). В этом случае диаметр свай может быть уменьшен до 210-320 мм (в зависимости от глубины котлована и от количества рядов грунтовых анкеров).

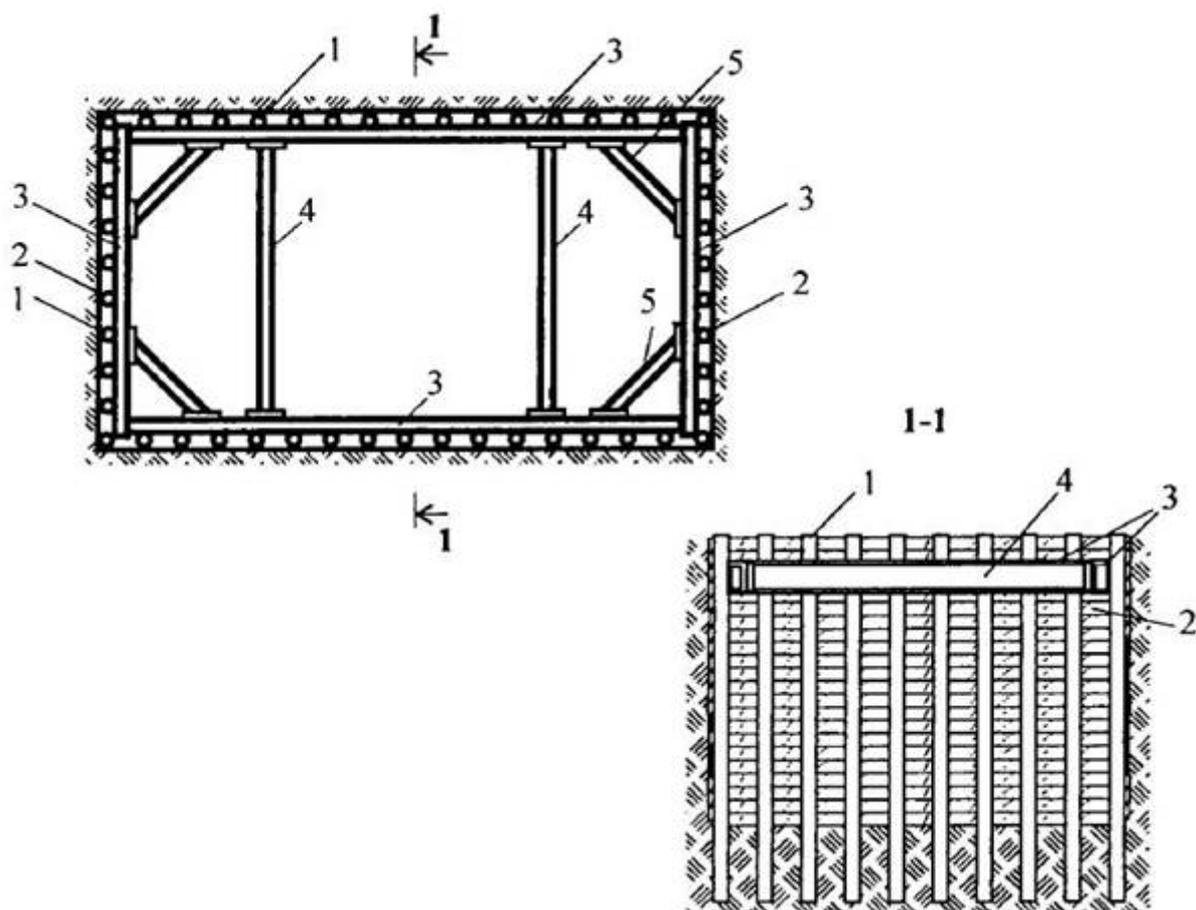


Рис. 8.1. План металлического шпунтового ограждения котлована:
 1 -труба; 2 -деревянное ограждение; 3 -балка; 4 -распорки; 5 -раскосы.

Шпунтовый ряд является самостоятельной отдельно стоящей конструкцией. **Опираие на шпунтовый ряд каких либо сооружений или конструкций категорически запрещается.**

Между шпунтовым рядом и конструкциями зданий необходимо предусматривать разрыв шириной не менее 100 мм. При проектировании зданий в стесненных условиях архитектору необходимо учитывать уменьшение внешних размеров здания в плане за счет толщины шпунта.

8.3. Защита существующей застройки.

Воздействия возводимого объекта на окружающие здания и инфраструктуру в основном следующие:

- шумовой эффект, сопровождающий любой строительный процесс;

- динамическое воздействие работающих машин и механизмов;
- выброс в атмосферу большого количества пылевых частиц мелких и средних фракций;
- выработка огромного количества строительного и бытового мусора;
- увеличение сброса стоков в существующие и реконструируемые городские сети, а также на почву;
- нарушение привычных транспортных схем вследствие ограничения, а иногда и полного запрета движения по улицам, на которых осуществляется строительство.

8.3.1. Снижения уровня шума

Для снижения уровня шума на строительной площадке производителям работ предписывают на стадии прохождения государственной экспертизы, т. е. в процессе согласования основных технических и технологических решений, использовать шумопонижающие методики и оборудование. Например, при проведении свайных и шпунтовых работ обязательным требованием является использование бурозавинчивающихся свай или погружение свай в пробуренные скважины. В качестве подъемных и бетоноподающих машин рекомендуется оборудование с меньшими шумовыми характеристиками при общих равных технических возможностях. Вызывающие особый шумовой эффект пневматические отбойные молотки заменяют на электро-механические. Вводится временное ограничение на проведение всех видов работ на строительной площадке, с особым выделением разрешаемого периода проведения наиболее шумных работ, таких, как монтажные, сварочные, бетонные и др.

Снижение шумового воздействия достигают за счет реализации ряда технических и технологических решений. В числе наиболее часто применяемых - установка вдоль транспортных магистралей звукопоглощающих экранов, выполняемых из железобетона, дерева, усиленного стекла или пластмассы. Их изготавливают в виде секций. Высота звукопоглощающих экранов может изменяться от 2 до 5 м, а протяженность, при соединении секций в цепочку, равна длине участка, на котором необходимо оградить городскую застройку от шумовых воздействий автомагистралей. Кроме этого для снижения шума в ограждающих

конструкциях возводимых зданий применяют звуко- и теплоизоляционные материалы, обладающие повышенными шумопоглощающими свойствами. В качестве звукоизоляционного материала используют полужесткие и жесткие минераловатные волокнистые плиты, устанавливаемые в толщу ограждающих конструкций в процессе их возведения или укрепляемые на наружную, а иногда и на внутреннюю поверхность возводимой стены. Затем звукоизоляционные плиты отделывают в соответствии с требуемым архитектурным обликом - оштукатуривают по специально закрепленной сетке, облицовывают натуральным или искусственным камнем, кирпичом.

Одним из способов, позволяющих снижать шумовое воздействие в возводимых зданиях, является использование окон и балконных дверей специальных конструкций. Для остекления применяют одно- и двухкамерные стеклопакеты, у которых промежутки между стеклами заполнены инертным газом. Для дополнительной звукоизоляции с наружной стороны окна может быть установлена деревянная или алюминиевая рама с одинарным остеклением. Остекление лоджий и балконов также способствует уменьшению проникновения наружного шума в здание.

8.3.2. Снижение динамического воздействия работающих машин и механизмов.

Примерно в таком же ключе осуществляются мероприятия по снижению динамического воздействия работающих машин и механизмов. Кроме введения ограничений на использование тех или иных средств механизации разрабатывают мероприятия по устройству технических сооружений, направленных на снижение динамических нагрузок на грунты и основания. Для этого в зонах установки кранов, бетоноподающих и других машин, вызывающих динамические воздействия, монтируют демпфирующие (принудительно гасящие колебания) инженерные сооружения, значительно снижающие распространение динамических колебаний на окружающие основания и грунты, а следовательно, и на существующую застройку.

8.3.3. Снижение выброса в атмосферу пылевых частиц

Выброс в атмосферу пылевых частиц мелких и средних фракций -наиболее сложно контролируемый параметр. Максимальное количество пылевых частиц выбрасывается в атмосферу в основном при отделочных работах, таких, как шпатлевка и покраска. Поэтому, обеспечив поставку на строительную площадку наибольшее количество предварительно окрашенных изделий и оборудования, можно свести до минимума осуществление этих процессов в построечных условиях, а следовательно, уменьшить вредные выбросы в атмосферу. Кроме этого в процессах, связанных с механическим воздействием на возведенные железобетонные и каменные конструкции, таких, как бурение, выдалбливание, корректировка размеров и т. п., рекомендуется до начала и в процессе работы обильно смачивать водой обрабатываемые поверхности. Это приводит к осаждению пылевых частиц на горизонтальные поверхности с последующей уборкой их с площадки вместе со строительным мусором.

8.3.4. Сбор и вывоз строительного и бытового мусора

С самого начала строительства объекта скапливается огромное количество строительного и бытового мусора, что может привести к загрязнению расположенных поблизости территорий. Поэтому необходимо наладить четкую систему сбора и вывоза строительного и бытового мусора с объекта. На территории строительной площадки устанавливают стоящие отдельно контейнеры под строительный мусор, в том числе и под сдаваемые отходы, такие, как металлолом, бой стекла, бытовой мусор. По мере наполнения контейнеры вывозят на городские свалки или пункты приема, право пользования которыми регламентируется городскими санитарными и экологическими органами. Ведущие строительство подрядные организации покупают разрешения, как правило, в виде талонов, в которых указывается объем и вид завозимого мусора на использование конкретного полигона городских отходов.

8.3.5. Сброс стоков воды, ливневой и фекальной канализации

Увеличение сброса стоков воды, ливневой и фекальной канализации в процессе строительства представляет серьезную экологическую проблему, поскольку на момент начала работ существующих мощностей городских сетей оказывается недостаточно, в результате чего возникает несанкционированный сброс сопутствующих стоков в окружающую среду. Чтобы это предотвратить, необходимо на стадии подготовительных работ обеспечить организованный сток со строительной площадки; реконструировать, согласно выданным техническим условиям на периоды строительства и эксплуатации построенного здания, существующие городские сети; привязать зоны мойки колес к сетям ливневой канализации; установить зоны на строительной площадке, в которых разрешается пользоваться водой, канализацией для бытовых и производственных нужд. В процессе проведения работ запретить любой сброс воды на строительной площадке за пределами установленных зон.

8.3.6. Нарушение привычных транспортных схем

В условиях плотной городской застройки новое строительство ведут, как правило, вдоль существующих транспортных магистралей, а иногда и пересекая их, нарушая тем самым сложившуюся систему привычных транспортных схем. Это приводит не только к усложнению движения, но и образованию усеченных транспортных потоков, пробок, дополнительному выхлопу вредных газов от транспортных средств, а следовательно, ухудшению экологической ситуации в городе. Поэтому при согласовании стройгенплана совместно с органами безопасности дорожного движения разрабатывают схемы рационального движения транспорта вокруг строительной площадки на период строительства. Вокруг участка застройки устанавливают стандартные дорожные знаки, предписывающие участникам дорожного движения проезды, объезды и зоны остановки, а в случае необходимости устройства дополнительных пешеходных переходов - светофоры. Перечисленные мероприятия позволяют осуществлять безопасное движение пешеходов и обеспечивать бесперебойный

проезд производственной техники, частного и городского транспорта.

8.3.7. Влияния на экологическую среду будущего объекта

Среди возможных факторов влияния на экологическую среду будущего объекта наибольшую проблему представляют:

- шумовое воздействие от расположенных вблизи застройки транспортных магистралей, стадионов, кафе и ресторанов, промышленных объектов;
- динамическое воздействие от транспортных средств (в основном метро) и промышленных предприятий;
- выделения газов в результате гниения техногенных отходов, которые могут находиться в грунте;
- наличие поверхностных и грунтовых вод.

В крупных городах динамические воздействия от транспортных потоков и промышленных предприятий являются серьезным фактором, приводящим к нарушению нормальных условий во вновь возводимых жилых и производственных зданиях. И если динамические воздействия от работы промышленных предприятий находятся на контроле в городских органах и должны ограничиваться самими предприятиями (в случае невозможности таких ограничений предприятия выводятся за пределы массовой городской застройки), то осуществление мероприятий, направленных на снижение динамических воздействий от транспортных потоков, и особенно от линий метро неглубокого заложения, является важным этапом процесса возведения здания. К традиционным методам снижения динамических воздействий относится установка виброгасителей в фундаментную плиту и другие конструктивные элементы подземной части здания. Виброгасители, обладающие демпфирующими свойствами, воспринимают на себя передающиеся от основания колебания и препятствуют их дальнейшему распространению по конструктивным элементам здания.

Новым, все более широко применяемым методом является использование виброизоляционных рулонных материалов. Эти материалы изготавливаются в заводских условиях и представляют собой соединенные вместе три функциональных слоя (рис. 8.2.).

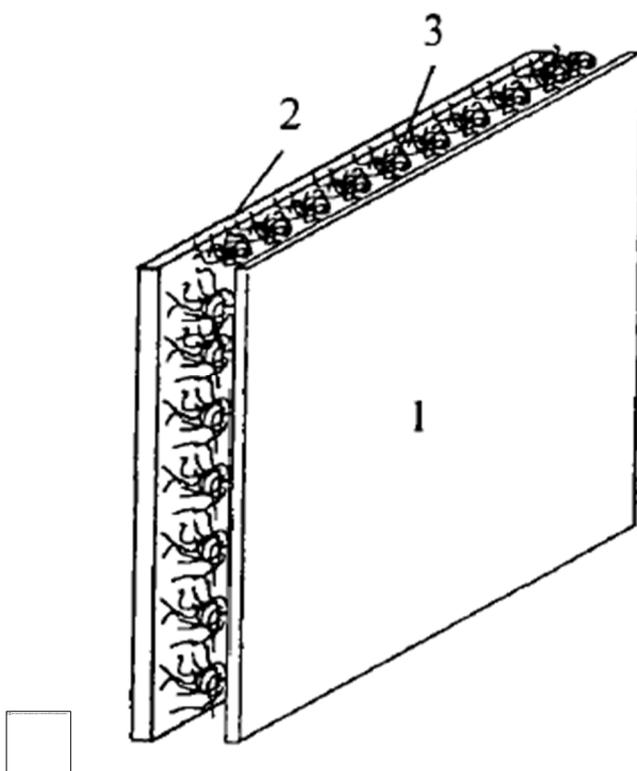


Рис. 8.2.Виброизоляционный рулонный материал:

1 - геотекстиль; 2 - гидроизоляционный слой; 3 - пластмассовые пружинки.

Первый, наружный слой - гидроизоляционный, к нему с помощью второго слоя, состоящего из большого числа пружинки, навитых из тонких (до 1,5 мм) пластиковых нитей, крепится третий слой, состоящий из геотекстильного материала. Рулонный материал укладывают в вырытый котлован: по вертикальным стенам - на устраиваемую по шпунтовому ограждению обрешетку, по дну - на укладываемую по подготовленному основанию бетонную стяжку. Затем возводят несущий каркас подземной части, который оказывается внутри виброизолирующего слоя. Этот слой и воспринимает как вертикальные, так и горизонтальные динамические колебания, гасит их, препятствуя дальнейшему распространению по конструктивным элементам возведенного здания.

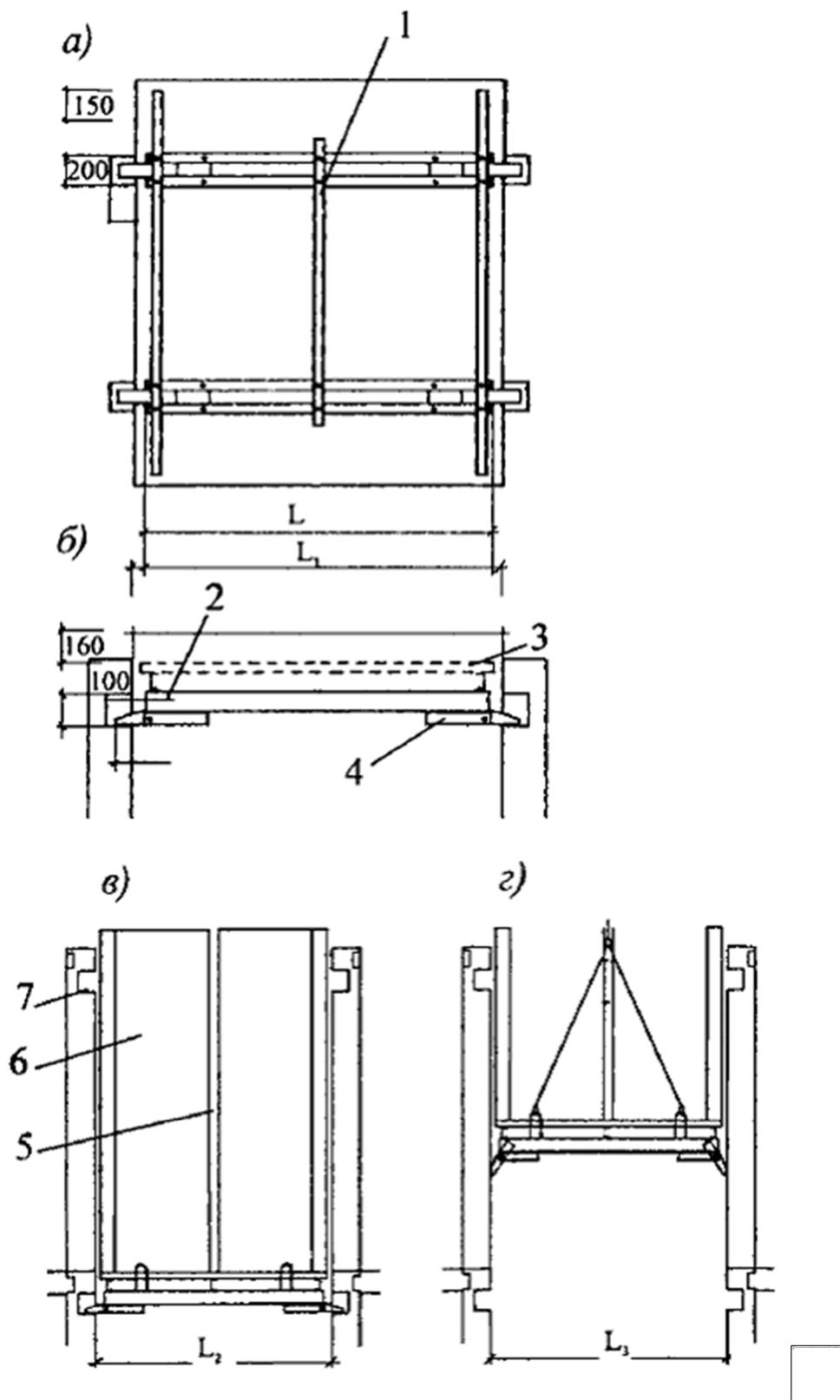


Рис. 8.3. Подъемная платформа опалубки шахт фирмы «НОЕ»:
 а и б- фасад и план платформы на нулевой отметке; в - опалубка и забетонированный первый ярус стены; г - подъем опалубки на платформе; 1 - распалубочная вставка; 2 - несущая балка; 3 - рабочий настил; 4 - откидная опора; 5 - распалубочное

пружинное устройство; 6 - опалубка шахты; 7 - проем для откидных опор.

Опалубка «НОЕ» имеет конструктивное решение из стандартных щитов с четырьмя стяжными распалубочными элементами, что позволяет переставлять внутреннюю опалубку шахты целиком за один прием при поднятии краном всего блока. При этом распалубочные элементы благодаря своему конструктивному решению автоматически сжимаются на 2,5 см, обеспечивая подъем всей конструкции на новый ярус.

Если возведение ядра жесткости сооружения опережает возведение всех остальных конструкций, целесообразно применить скользящие подмости системы «НОЕ» (рис. 8.4.). Подвешенные на два анкера подмости выдерживают значительную нагрузку, главное обеспечить точную установку подвесных анкеров. Перестановка подмостей по вертикали допустима только при наборе бетоном достаточной прочности и несущей способности.

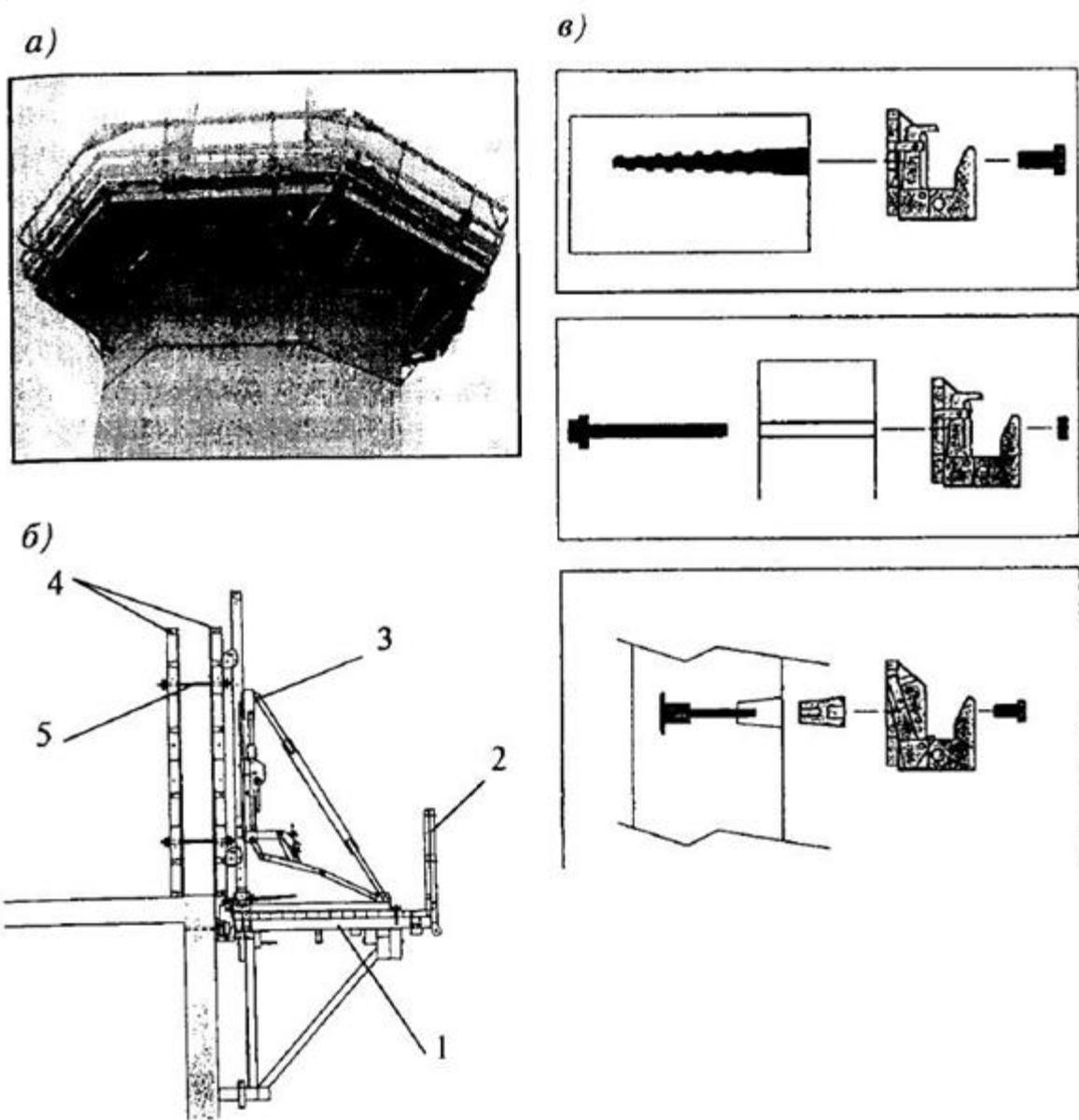


Рис. 8.4. Скользящие подмости фирмы «НОЕ»: а -общий вид; б - конструктивное решение подмостей; в -анкеры и элементы временного крепления; 1 - опорная консоль; 2 - защитное ограждение; 3 - распорка с рабочим механизмом распалубливания; 4 - щиты опалубки стен; 5 - стяжной стержень с резьбой.

8.4. Применение укрупненных конструкций.

Самым простым и эффективным техническим решением при реконструкции зданий массовых серий является надстройка мансардных этажей. Современные технологии позволяют выполнять данный вид работ без отселения жильцов. Для возведения мансард могут быть использованы конструктивные элементы, собираемые вручную, изделия полной или частичной заводской готовности.

Надстройка мансардных этажей обеспечивает получение дополнительной жилой площади, стоимость которой не превышает 50% стоимости нового строительства.

Современные технологии позволяют существенно повысить индустриальность конструкций, мансардные этажи можно собирать из готовых элементов. Для мансардных этажей наиболее часто применяют каркасные системы, собираемые из деревянных ферм с параллельными поясами или ферм и рам на металлических шпоночных соединениях, из металлических конструкций, шпренгельных полуферм и др.

Особенно эффективны деревянные стропильные конструкции при надстройке мансард, где традиционные конструкции нельзя применять из-за ограниченной несущей способности стен. Невысокая масса деревянных конструкций позволяет использовать малую механизацию при сборке каркасов, что обеспечивает выполнение работ без отселения жильцов. Современные технологии обеспечивают изготовление практически любых геометрических форм мансардных надстроек, что значительно повышает архитектурный облик реконструируемого здания.

На рис.8.4. приведено решение мансардной надстройки из одноэтажной рамы пролетом 12 м, состоящей из деревянных стоек, установленных на балку перекрытия, прогонов, фермы, подкосов рамы и подкосов-стропил.

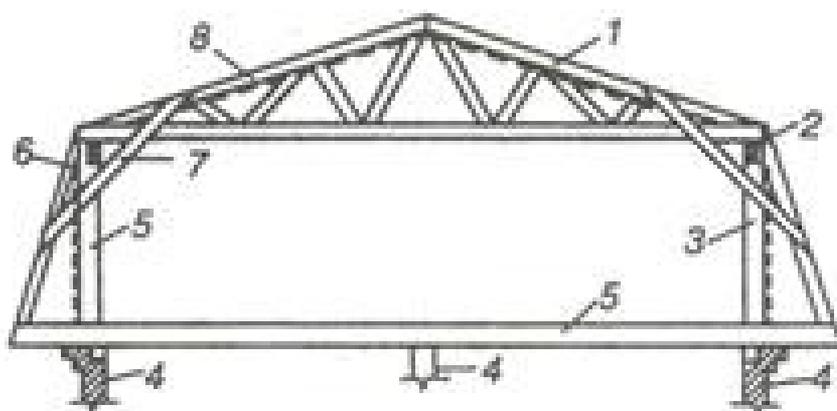


Рис. 8.4. Рамная несущая конструкция мансарды пролетом 12 м

1 – ферма; 2 – прогон; 3 – стойка; 4 – стены существующего здания; 5 – балки перекрытия, являющиеся одновременно затяжками; 6 – подкосы-стропила; 7 – подкосы рамы; 8 – диагональные доски

Существует много вариантов применения древесины для мансардного строительства. Для индустриальной технологии подходят дощато-клееные гнутые рамы двух- и трех-шарнирные, что облегчает их изготовление, транспортирование и монтаж. Те же рамы из прямолинейных элементов более технологичны в сборке и склейке между собой. Отечественный и зарубежный опыт показал, что наиболее целесообразно применять для устройства мансардных этажей деревянные фермы и рамы на шпоночных соединениях. Эта технология позволяет изготавливать несущие конструкции в виде полуферм или полурам, а затем осуществлять их сборку непосредственно на рабочем месте без постоянного использования кранового оборудования.

Наибольшее распространение получили решения, основанные на использовании металлоконструкций благодаря универсальности, надежности и технологичности их при изготовлении, транспортировании и сборке. Варианты конструктивного решения самые разнообразные.

При надстройке зданий широкое применение находят сверхлегкие стальные конструкции, которые способствуют снижению массы строительных конструкций на 40-60%, по сравнению с традиционным строительством (рис.8.5.).

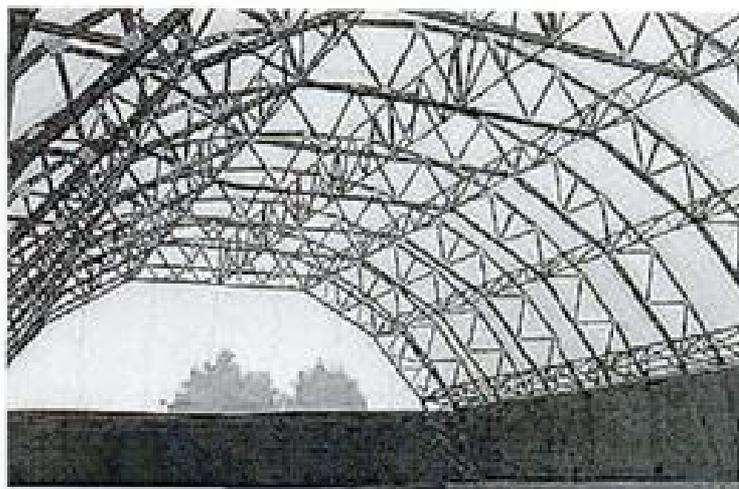


Рис.8.5. Металлическая рама мансардной надстройки

Опыт развитых стран показывает, что во многих из них достаточно широко используется технология строительства зданий и надстройки этажей с использованием легких стальных тонкостенных конструкций (ЛСТК). Сначала новые технологии возникли в США и Канаде, а потом распространились в Европе. Для России строительство с применением легких стальных тонкостенных конструкций - это пока новая область. В настоящее время в г. Челябинске выпускается и применяется для возведения малоэтажного строительства тонкостенный профиль под маркой «ИНСИ». Технология строительства на основе легких стальных тонкостенных конструкций - это каркасная технология, позволяющая осуществлять надстройку мансардных этажей в короткие сроки. Суть технологии заключается в применении легких стальных оцинкованных перфорированных и неперфорированных профилей (термопрофилей) для изготовления каркаса надстраиваемого мансардного этажа (120).

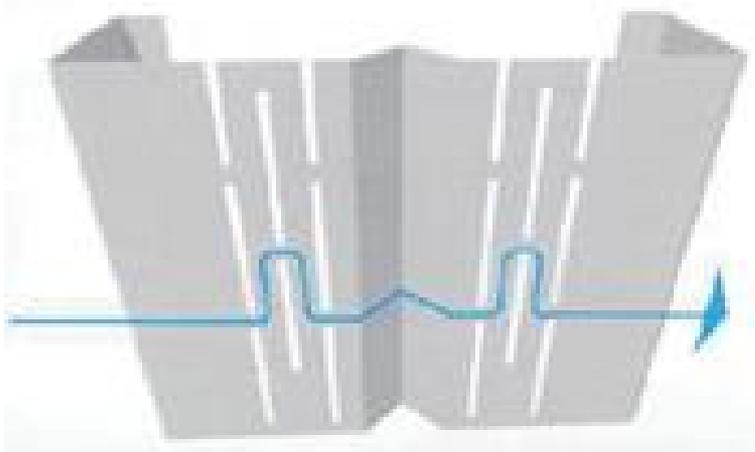


Рис.8.6. Устройство каркаса мансарды из тонкостенного металлического термопрофиля.

Термопрофиль представляет собой тонкостенный холоднокатанный оцинкованный профиль толщиной 0,8-2,0 мм трех типов поперечного сечения - в форме швеллера, с-образный и z-образные. Высота профилей от 100 до 350 мм .



Рис.8.7. Гнутые профили из оцинкованной стали.

Для стенового ограждения применяют термопрофили, на центральной полке которых имеется перфорация, обеспечивающая высокую термоустойчивость и устраняющая «мостик холода». Термопрофили служат несущими элементами каркаса мансарды, междуэтажных перекрытий, несущих внутренних стен, перегородок и крыши.

Технология производства работ должна предусматривать ручной или крановый монтаж металлоконструкций, устройство кровельного покрытия, демонтаж старой кровли и утеплителя, выполнение последующих работ, начиная с устройства нового кровельного покрытия.

Покрытие для мансард может иметь много вариантов, но наиболее технологичными можно признать покрытия из листовой стали, металлочерепицы, стального профилированного настила или мелкоштучных материалов - керамической или цементно-песчаной черепицы.

Надстройка, подразумевающая возведение нескольких самостоятельных этажей над существующим зданием, может иметь много решений. При соответствующем технико-экономическом обосновании возможна надстройка здания на 2...3 этажа без выселения жильцов, при этом нагрузка от надстраиваемой части

будет передаваться на существующие конструкции и фундаменты, имеющие необходимый запас прочности. Если прочность конструкций существующего здания не позволяет применить такое решение, допускается с наружной стороны здания установить стойки-колонны на самостоятельных фундаментах, на которые будет передаваться нагрузка от надстраиваемых этажей. При надежности наружных несущих конструкций и значительном износе внутренних (включая и моральный износ) может быть принято решение о полной разборке всех внутренних конструкций и возведении (встройке) нового каркаса на самостоятельных фундаментах при использовании наружных стен как самонесущих или воспринимающих частично нагрузку от возводимого каркаса.

При надстройке зданий устройство обвязочного пояса по периметру наружных и части внутренних стен обязательно. Обвязочный пояс может быть выполнен из монолитного железобетона или керамзитобетона и соединен в единое целое со стенами надстраиваемого здания. Он способствует равномерному распределению нагрузки от надстраиваемых этажей на реконструируемое здание, и в первую очередь он объединяет элементы реконструируемого здания с вновь возводимыми. Обвязочный пояс устраивают в виде ригеля с односторонней консолью, что дает ему возможность воспринимать усилия распора. Созданный единый монтажный горизонт позволяет монтировать конструкции и системы без их смещения от проектного положения. При наличии пояса можно устанавливать подмости, защитные козырьки выносные ограждения для безопасного производства работ, а также организовывать водосток атмосферных осадков.

Использование встроенных строительных систем является одним из методов, обеспечивающих повышение надежности, долговечности и капитальности здания. Встроенная система может быть реализована в сборном, монолитном и сборно-монолитных вариантах. Главной отличительной особенностью встроенной системы является то, что она имеет самостоятельные фундаменты, поэтому сама воспринимает все технологические и эксплуатационные нагрузки, частично или полностью освобождая от них стеновые ограждающие конструкции. Это позволяет осуществить надстройку здания независимо от несущей способности старых фундаментов и стенового ограждения,

значительно сократить объемы работ по укреплению основания, усилению существующих фундаментов и стен.

Использование встроенных систем позволяет создать более рациональную планировку помещений, обеспечить в них современный комфорт, применить прогрессивные материалы и конструкции, осуществить реконструкцию с использованием современных технологий строительства с оснащением и необходимыми средствами механизации. Важным является проектирование для реконструируемого здания в стесненных условиях городской застройки не только современных конструкций, но и рациональной технологии производства работ.

8.5. Встроенные системы из сборных железобетонных конструкций.

В наибольшей степени для реализации метода встроенного монтажа подходят здания, имеющие в плане прямоугольную или близкую к ней форму. Обследование здания позволяет оценить его конструкции и определиться с использованием конструктивных схем с полным и неполным встроенными каркасами. Полный встроенный каркас позволяет снять нагрузку с ограждающих стен, что создает предпосылки для выполнения работ по реконструкции не только с полной перепланировкой, но и с надстройкой нескольких этажей. При использовании неполного каркаса, когда нагрузка от него частично передается на наружные стены, возможность надстройки ограничивается несущей способностью фундаментов и наружных стен.

Технология встроенного монтажа предусматривает полный демонтаж перекрытий, перегородок и других элементов, оставляя только наружные несущие стены и, что реже, стены лестничных клеток. За захватку целесообразно принимать отдельную секцию здания. При поточном методе возведения встроенного неполного каркаса (наружные продольные стены несут нагрузку от каркаса) целесообразно иметь четыре самостоятельных потока:

- устройство фундаментов под средний продольный ряд колонн;
- подготовка опор под ригели в наружных кирпичных стенах;
- монтаж колонн, ригелей, стенок жесткости и плит перекрытий;
- монтаж санитарно-технических кабин, вентиляционных блоков, лестничных маршей и площадок, стен лифтовых шахт.

При применении полного каркаса с надстройкой здания можно принять те же четыре монтажных потока для организации работ. Но значительное увеличение нагрузки от надстраиваемых этажей требует устройства монолитной фундаментной плиты под всем зданием с подколонниками под тремя рядами колонн или монтажа фундаментов стаканного типа под все колонны.

8.6. Сборно-монолитные встроенные системы.

Для реконструируемых зданий прямоугольной формы с ослабленными наружными несущими стенами может быть применена встроенная система, включающая в себя монолитные внутренние продольные и поперечные несущие стены и сборные перекрытия из предварительно напряженного многопустотного настила. Длинномерные настилы перекрытий позволяют снизить удельный расход материалов и создать свободные планировочные объемы значительных размеров.

Система дополнительно предусматривает сборные элементы лестничных клеток, лифтов, санитарно-технических кабин, других встроенных элементов и монолитные пристеночные диафрагмы торцевых элементов зданий.

8.7. Монолитные встроенные системы.

Монолитные встроенные системы более гибки по сравнению со сборными и могут быть рекомендованы для зданий криволинейной и сложной формы с различной высотой этажа.

Если в реконструируемом без надстройки здании сохраняется старая расчетная схема, то встроенный монолитный каркас будет представлять собой двух- и трехпролетную систему

с промежуточными опорами в виде колонн или стеновых элементов с опиранием возводимых монолитных перекрытий на существующие наружные стены. При надстройке зданий несколькими этажами необходимо устраивать самостоятельные фундаменты под всю встраиваемую систему, в этом случае наружные стены практически превращаются в самонесущие и ограждающие.

Основные преимущества монолитного варианта:

- снижение расхода материалов за счет более полного использования неразрезных систем;
- отсутствие стыковых соединений;
- высокая гибкость объемно-планировочных решений зданий;
- механизация работ без применения самоходных и башенных кранов;
- объемно-планировочное решение здания не является основным при принятии решения о его реконструкции.

В связи с широким внедрением в практику строительства современных опалубочных систем появилась возможность значительно сократить трудозатраты на все процессы комплексного бетонирования.

Для ограничения складских площадей можно организовывать:

монтаж строительных конструкций с колёс,
 применять максимально укрупнённые элементы,
 применять апробированные в аналогичных условиях
 передовые строительные технологии

Контрольные вопросы:

1. Объясните понятие «плотная застройка».
2. Каковы особенности строительства в условиях плотной застройки?
3. На какие этапы строительства влияет условия плотной застройки?
4. Какие применяются меры снижения пылевого воздействия при выполнении отделочных работ ?
5. Какие строительные конструкции считаются укрупненными? Приведите примеры.
6. Какие строительные системы являются встроенными?
7. Объясните особенности монолитных встроенных систем.
8. Объясните особенности сборно-монолитных встроенных систем.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Список нормативных документов к темам.

Тема 2:

1. СП 28.13330.2012. Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85 (с Изменениями N 1, 2)
2. ГОСТ Р 56703-2015. Смеси сухие строительные гидроизоляционные проникающие капиллярные на цементном вяжущем. Технические условия (утв. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 13 ноября 2015 г. N 1787-ст)
3. ГОСТ Р 53227-2008. Материалы кровельные и гидроизоляционные гибкие битумосодержащие. ГОСТ 2697-83 Пергамин кровельный. Технические условия.
4. ГОСТ 30693-2000. Мастики кровельные и гидроизоляционные. Общие технические условия ГОСТ 30307-95. Мастики строительные полимерные клеящие латексные.
5. ГОСТ 27475-87. Составы влагозащитные и влагозащитно-антисептические для защиты торцов лесоматериалов. Метод определения влагозащитных свойств.
6. ГОСТ 2889-80. Мастика битумная кровельная горячая. Технические условия.
7. ГОСТ 26589-94. Мастики кровельные и гидроизоляционные. Методы испытаний.
8. ГОСТ 25621-83. Материалы и изделия полимерные строительные герметизирующие и уплотняющие. Классификация и общие технические требования
9. ГОСТ 24064-80. Мастики клеящие каучуковые. Технические условия.
10. ГОСТ 15879-70. Стеклорубероид. Технические условия.
11. ГОСТ 15836-79. Мастика битумно-резиновая изоляционная. Технические условия.
12. ГОСТ 14791-79. Мастика герметизирующая нетвердеющая строительная. Технические условия.
13. ГОСТ 10923-93. Рубероид. Технические условия.

Тема 3:

1. СНиП 3.03.01-87 Несущие и ограждающие конструкции. Зарегистрирован Росстандартом в качестве СП 70.13330.2011.
2. ТСН 12-336-2007. Производство бетонных работ при отрицательных температурах среды на территории республики Саха (Якутия).
3. ГОСТ 10060-2012 Бетоны. Методы определения морозостойкости (с Поправками)

Тема 4:

1. ГОСТ Р 9.316-2006 . Единая система защиты от коррозии и старения. Покрyтия термодиффузионные цинковые. Общие требования и методы контроля.
2. ГОСТ 9.010-80. Единая система защиты от коррозии и старения. Воздух сжатый для распыления лакокрасочных материалов. Технические требования и методы контроля.
3. ГОСТ 9.032-74. Единая система защиты от коррозии и старения. Покрyтия лакокрасочные. Группы, технические требования и обозначения.
4. ГОСТ 9.048-89. Единая система защиты от коррозии и старения. Изделия технические. Методы лабораторных испытаний на стойкость к воздействию плесневых грибов.
5. ГОСТ 9.053-75. Единая система защиты от коррозии и старения. Материалы неметаллические и изделия с их применением. Метод испытаний на микробиологическую стойкость в природных условиях в атмосфере.
6. ГОСТ 9.302-88. Единая система защиты от коррозии и старения. Покрyтия металлические и неметаллические неорганические. Методы контроля.
7. ГОСТ 9.304-87. Единая система защиты от коррозии и старения. Покрyтия газотермические. Общие требования и методы контроля.
8. ГОСТ 9.402-2004. Единая система защиты от коррозии и старения. Покрyтия лакокрасочные. Подготовка металлических поверхностей к окрашиванию.
9. ГОСТ 31384-2017. Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Общие технические требования.
10. ГОСТ 31383-2008. Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Методы испытаний.

11. СП 72.13330.2016. Защита строительных конструкций и сооружений от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 3.04.03-85
12. СП 28.13330.2012 "СНиП 2.03.11-85. Защита строительных конструкций от коррозии" (с изменением N 1)
13. СТ СЭВ 3915-82. Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Методы контроля

Тема 5:

1. ГОСТ 12.1.044-89 (ИСО 4589-84). «Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения» - в части, касающейся определения дымообразующей способности и токсичности продуктов горения горючих строительных материалов, способности распространения пламени по поверхности (с использованием значения индекса распространения пламени (I)).
2. ГОСТ 30244-94. «Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть» - в части, касающейся определения горючести строительных материалов .
3. ГОСТ 30402-96. «Материалы строительные. Метод испытания на воспламеняемость» - в части, касающейся определения воспламеняемости горючих строительных материалов.
4. ГОСТ Р 51032-97 .«Материалы строительные. Метод испытания на распространение пламени» - в части, касающейся определения способности распространения пламени по поверхности горючих строительных материалов и ковровых покрытий .
5. ГОСТ Р 52272-2004. «Материалы текстильные. Покрытия и изделия ковровые напольные. Воспламеняемость. Метод определения и классификация» - в части, касающейся определения воспламеняемости покрытий и изделий ковровых напольных.
6. ГОСТ 12.1.044-89 (ИСО 4589-84). «Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения».
7. ГОСТ Р 51032-97. «Материалы строительные. Метод испытания на распространение пламени» .

8. ГОСТ 12.1.044-89 (ИСО 4589-84) .«Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения».
9. ГОСТ 30244-94. «Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть» - в части, касающейся определения горючести строительных материалов .
10. ГОСТ 30247.0-94 (ИСО 834-75). «Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования».
11. ГОСТ 30247.1-94. «Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции».
12. ГОСТ 30403-2012 .«Конструкции строительные. Метод определения пожарной опасности» ГОСТ 31251-2008 «Конструкции строительные. Методы определения пожарной опасности. Стены наружные с внешней стороны».
13. ГОСТ Р 53298-2009 .«Потолки подвесные. Метод испытания на огнестойкость» .
14. ГОСТ Р 53303-2009 .«Конструкции строительные. Противопожарные двери и ворота. Метод испытаний на дымогазопроницаемость».
15. ГОСТ Р 53306-2009. «Узлы пересечения ограждающих строительных конструкций трубопроводами из полимерных материалов. Метод испытания на огнестойкость».
16. ГОСТ Р 53307-2009. «Конструкции строительные. Противопожарные двери и ворота. Метод испытаний на огнестойкость» .
17. ГОСТ Р 53308-2009 .«Конструкции строительные. Светопрозрачные ограждающие конструкции и заполнение проемов. Метод испытаний на огнестойкость».
18. ГОСТ Р 53309-2009 «Здания и фрагменты зданий. Метод натуральных огневых испытаний. Общие требования»
19. ГОСТ Р 53327-2009 . «Теплоизоляционные конструкции промышленных трубопроводов. Метод испытания на распространение пламени» .
20. ГОСТ Р 55896-2013. «Конструкции строительные. Двери для заполнения проемов в ограждениях шахт лифтов. Метод испытаний на огнестойкость».

21. ГОСТ Р 55988-2014 (EN 15254-4:2008). «Конструкции строительные. Расширенное применение результатов испытаний на огнестойкость светопрозрачных ограждающих ненесущих конструкций» .
22. ГОСТ Р 56025-2014. «Материалы строительные. Метод определения теплоты сгорания» . ГОСТ Р 56076-2014 «Конструкции строительные. Конструкции из панелей с металлическими обшивками. Методы испытаний на огнестойкость и пожарную опасность».
23. ГОСТ Р 56077-2014. «Методы аэродинамических испытаний конструкций и оборудования противодымной защиты зданий».
24. ГОСТ Р 53292-2009 .«Огнезащитные составы и вещества для древесины и материалов на ее основе. Общие требования. Методы испытаний» .
25. ГОСТ Р 53293-2009. «Пожарная опасность веществ и материалов. Материалы, вещества и средства огнезащиты. Идентификация методами термического анализа».
26. ГОСТ Р 53295-2009. «Средства огнезащиты для стальных конструкций. Общие требования. Метод определения огнезащитной эффективности».
27. ГОСТ Р 53311-2009. «Покрытия кабельные огнезащитные. Методы определения огнезащитной эффективности».

Тема 6:

1. СНиП 3.03.01-87 Несущие и ограждающие конструкции
Зарегистрирован Росстандартом в качестве СП 70.13330.2011.
-
2. СанПиН 2605-82. Санитарные нормы и правила обеспечения инсоляцией жилых и общественных зданий и территорий жилой застройки.
3. ГОСТ Р 57795-2017 Здания и сооружения. Методы расчета продолжительности инсоляции.
4. ГОСТ 30494-2011. МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ. ЗДАНИЯ ЖИЛЫЕ И ОБЩЕСТВЕННЫЕ. Параметры микроклимата в помещениях.

Литература:

1. Особые условия строительства [Текст] : учебное пособие / Е. Ю. Романенко [и др.] ; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высш. проф. образования "Ростовский гос. строит. ун-т". - Ростов-на-Дону : Ростовский гос. строит. ун-т, 2013. - 137 с. : ил., табл.; 21 см.

2. Строительство, реконструкция, капитальный ремонт объектов капитального строительства. Нормативные документы на строительные материалы и изделия. Производство и применение строительных материалов, изделий и конструкций. Отделочные и облицовочные материалы [Электронный ресурс]: сборник нормативных актов и документов/ [сост. Ю.В. Хлистун]. - Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2015. - 332 с. - ЭБС «IPRbooks» - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/30259.html>

3. Красовский, П.С. Строительные материалы [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Красовский П.С. - М.: Форум, ИНФРА-М, 2016. - 256 с. - ЭБС «Znanium.com» - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=538710>

4. Новые строительные материалы и изделия. Региональные особенности производства [Электронный ресурс] : монография/ Д.П. Ануфриев и др.; под общ. ред. Д.П. Ануфриева. - М.: АСВ, 2014. - 200 с. - ЭБС «Консультант студента» - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930939972.html>

5. Пичугин, А.П. Сухие строительные смеси с повышенными эксплуатационными характеристиками [Электронный ресурс]: монография/ А.П. Пичугин, В.Ф. Хританков, И.В. Белан. - Новосибирск: Золотой колос, 2014. - 160 с. - ЭБС «Znanium.com» - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=516438>

6. Строительство, реконструкция, капитальный ремонт объектов капитального строительства. Нормативные документы на строительные материалы и изделия. Производство и применение строительных материалов, изделий и конструкций. Кровельные, гидроизоляционные и герметизирующие материалы и изделия [Электронный ресурс] : сборник нормативных актов и документов/ [сост. Ю.В. Хлистун]. - Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2015. - 284 с. - ЭБС «IPRbooks» - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/30258.html>

7. Строительство, реконструкция, капитальный ремонт объектов капитального строительства. Нормативные документы на строительные материалы и изделия. Производство и применение строительных материалов, изделий и конструкций. Теплоизоляционные, звукоизоляционные и звукопоглощающие материалы [Электронный ресурс]: сборник нормативных актов и документов/ [сост. Ю.В. Хлистун]. - Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2015. - 422 с. - ЭБС «IPRbooks» - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/30257.html>

8. Строительство, реконструкция, капитальный ремонт объектов капитального строительства. Нормативные документы на строительные материалы и изделия. Производство и применение строительных материалов, изделий и конструкций. Стеновые кладочные материалы [Электронный ресурс]: сборник нормативных актов и документов/ [сост. Ю.В. Хлистун]. - Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2015. - 388 с. - ЭБС «IPRbooks» - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/30252.html>

9. Копотилова А. С. Особенности строительства в условиях плотной городской застройки // Молодой ученый. -2017. -№49. -С. 59-61. -URL <https://moluch.ru/archive/183/46924/> (дата обращения: 14.12.2019).

10. СН и П II-7-81*. Строительство в сейсмических районах.- М.: Госстрой России, 2000.- 49 с.

11. СН и П 2.02.04-88. Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах. - М.: Госстрой России, 1991.- 50 с.

12. СН и П 22.02 - 2003. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения. - М.: Госстрой России, 2004.- 32 с.

13. СТ СЭВ 4419-83 Защита от коррозии в строительстве. Конструкции строительные. Термины и определения
Источник: https://znaytovar.ru/gost/2/ST_SEV_441983_Zashhita_ot_korr.html

14. Коррозионная стойкость материалов. Прогнозирование и диагностика процессов коррозии: Метод. указ. / Сост. А.А. Баранов. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2003. 24 с.

15. СП 14.13330.2014 Строительство в сейсмических районах СНиП II-7-81* (актуализированного СНиП II-7-81* "Строительство в сейсмических районах" (СП 14.13330.2011)) (с Изменением N 1)

16. Научные труды КубГТУ, № 9, 2018 год
<http://ntk.kubstu.ru/file/2329> 226 УДК 69.059 Современные методы сейсмостойкого строительства: исследование технологий строительства с применением сейсмостойких блоков и кинематических сейсмоизолирующих опор. С.П. Пастухов, Я.А. Сафонюк, Р.Н. Шабанов, Г.В. Михеев, Кубанский государственный технологический университет, 350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Московская, 2; электронная почта: psp.pastuhoff@yandex.ru; [Sharon95@mail.ru](mailto: Sharon95@mail.ru); shabanov.R.N@gmail.com mgstyle77@yandex.ru

17. Евразийское патентное ведомство. Описание изобретения к евразийскому патенту 009832 В1. 2008.04.28, Хаалилов Э.Н.

18. Мурсалова Д.Р. Основные принципы обеспечения сейсмостойкого строительства. Способы сейсмоусиления зданий и сооружений // Научное сообщество студентов XXI столетия. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ: сб. ст. по мат. XLVII междунар. студ. науч.-практ. конф. № 10(46). URL: [https://sibac.info/archive/technic/10\(46\).pdf](https://sibac.info/archive/technic/10(46).pdf) (дата обращения: 02.12.2019)

19. Айзенберг Я.М. Сейсмоизоляция высоких зданий // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. №4, 2007. С. 41-43.

20. СНиП II -7-81. Строительство в сейсмических районах. М.: Госстрой России, 2000. 318 с. .

21. Авидон Г.Э., Карлина Е.А. Особенности колебаний зданий с сейсмоизолирующими фундаментами .А.М. Курзанова и Ю.Д. Черепинского // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. №1, 2008.С. 42-44.

22. Аханов В.С., Ткаченко Г.А. Справочник строителя. 5-е изд., и переработка. Ростов н/Д: Феникс, 2004. - 480 с.

23. Проектирование зданий при особых условиях строительства и эксплуатации: Учеб. пособ. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2002. 240 с.

Учебное пособие
по дисциплине

**«ПРИМЕНЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ
В ОСОБЫХ УСЛОВИЯХ СТРОИТЕЛЬСТВА»**

для подготовки магистров
по направлению подготовки 08.04.01 Строительство
всех форм обучения

Составители: Хадыкина Е.А., Борсук О.Ю.

Подписано в печать 10.12.2019. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Формат бумаги 60x84/16. Печать цифровая. Усл. п. л. 9,0. Тираж 300. Заказ 0154.

Отпечатано с готового оригинал-макета на участке оперативной полиграфии ИП Магарин О.Г.
385008, г. Майкоп, ул. 12 Марта, 146. Тел. 8-906-438-28-07. E-mail: olemag@yandex.ru