

чую схему элементов усиления, относятся наклоненные крепостные и подпорные стены, а также ограждающие стены и столбы зданий с обрушенными или разобранными междуэтажными перекрытиями. Если восстановление этих перекрытий трудноосуществимо или не оправдано методически, то чрезмерная свободная длина стен и колонн может быть снижена с помощью стержневых связей-затяжек и распорок, объединяющих элементы в пространственные блоки.

Отдельно стоящие гибкие стены при отсутствии близких жестких модулей (лестничных клеток, угловых сопряжений стен и т. п.) могут быть укреплены открытыми подкосами трубчатого и иного сечения, решетчатыми диафрагмами, а также контрфорсами (рис. 97).

Контрфорсы — достаточно распространенный способ укрепления в реставрации. В зависимости от архитектурных требований и характера нагрузки они выполняются либо из традиционных материалов — кирпича и камня, либо из железобетона. Эффективная работа контрфорса возможна лишь при надлежащей устойчивости его основания. Практика показывает, что многие исторические контрфорсы, возведенные как до, так и после начала деформаций, своих функций не выполняют, существуя независимо от укрепляемого объекта. При укреплении подпорных стен возможно применение обратных контрфорсов, а также буроинъекционных свай в сочетании с распределительными подхватками, зачеканкой и иньещированием кладки.

Выпрямление стен, столбов, пилонов. Если наклон стен, пилонов, башен и т. п. достаточно заметен, а укрепление с помощью открытых конструкций не представляется возможным, например, из эстетических соображений, возникает необходимость в их подъеме (повороте).

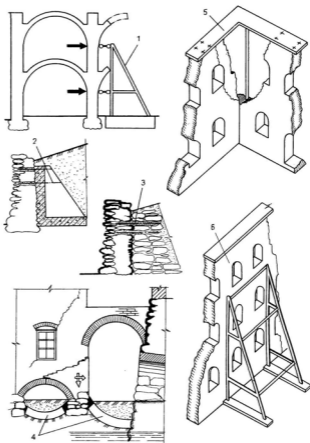
Наиболее просто выпрямление отдельно стоящих сплошных сооружений

или компактных жестких объемов — обелисков, пьедесталов, пилонов, невысоких декоративных башенок, крепостных зубцов и консольных простенков, масса которых не превышает 10—15 т. В этом случае подъем может производиться легкими винтовыми и гидравлическими домкратами при минимальных трудозатратах. В основание выпрямляемой конструкции врезается временная обойма из металлических профилей (железобетона), служащая либо непосредственно наддомкратной балкой, либо упором при рычажном приложении сил (выпрямление надгробия Ахмета Ясави в г. Туркестане). Нижним упором домкрата может быть фундаментная кладка или специально укрепленная плита. Для подъема наклоненных барабанов горьковского Благовещенского собора в качестве нижнего упора домкрата использованы железобетонные пояса стягивающего собор корсета. Если выпрямляется целиком все сооружение, а какая-то его часть или ярус, то усилие домкрата расходуется не только на подъем этой части, но и на «разрыв» сооружения, т. е. на преодоление сил сцепления раствора. Поэтому в зоне предполагаемого разрыва производится штрабление кладки или расчистка шва.

Сравнительно высокие столбы, а также сквозные или расчлененные трещинами конструкции выпрямляются с применением страховочных креплений — оттяжек, траверс, рам и т. п. Усилие домкратов с помощью наклонных бревенчатых или металлических упоров передается на вертикальный распределительный элемент или в обойму одного из верхних ярусов крепления.

Выпрямление звонниц, минаретов и башен, т. е. зданий с очень высокой расположенным центром тяжести, представляет собой сложную задачу, требующую постатейного расчета устойчивости и разработки системы взаимосвязанных подъемных и удерживающих устройств. Так как длина

97. Укрепление неустойчивых конструкций
 1 — саркофажный сквозной контрфорс, компенсирующий распор сводов; 2, 3 — сарытые обратные контрфорсы подпорных стенок; 4 — перевернутые арки-контрфорсы; 5 — угловой фрагмент, укрепленный железобетонной накладкой; 6 — фрагмент гибкой стены, укрепленный контрфорсом



толкающих упоров ограничивается предельной их гибкостью, массой и углом наклона (не более 45°), выпрямление высотных сооружений осуществляется натяжными тросовыми системами. Существуют методы выпрямления, основанные не на подъеме, а на опускании сооружения с помощью домкратов, мешков с песком, сборных шпальных клеток, закладываемых в специальные штрабы и проемы со стороны, противоположной на-

клону. Как при подъеме, так и при опускании промежуточное положение конструкции фиксируется временными прокладками и контролируется системой отвесов. При достижении проектного положения штрабы закладываются, швы зачеканиваются и инвентаризуются.

Особого рода сложность возникает при выпрямлении длинных волнообразно наклоненных стен (например, крепостных) или фрагментов деформи-

рованных зданий. Принцип подъема или опускания сохраняется, однако возникает необходимость в искусственном расчленении конструкции на блоки — вертикальном распиливании и горизонтальном штрابلении стен. Подъем крепостных прясел многометровой толщины и стен так называемой полубутовой кладки требует двухстороннего или сквозного крепления, так как может сопровождаться расслоением кладки и выпучиванием лицевого слоя. Подъем крепостных стен успешно проведен при реставрации Кирилло-Белозерского, Боровского и Даниловского монастырей, Псковского кремля. Тонкостенные прясла и кирпичные ограды иногда могут быть выпрямлены и без разрезания на блоки с помощью распределительных траверс при дифференцированных усилиях в домкратах.

5.2.4. Укрепление элементов распорных систем

Как отмечалось выше, почти любой вид деформации арок и сводов есть заключительный или промежуточный этап многоходового процесса общей деформации здания или системы «памятник — среда». Поэтому полный комплекс укрепления распорных конструкций включает мероприятия по укреплению не только самих сводов, но и стен, столбов, связей и других конструкций, несущих эти своды или воспринимающих их распор.

Укрепление опорного контура сводов. Наибольшую опасность для распорных конструкций представляет горизонтальная подвижка опор, при которой снижается подъем, высота сжатой зоны сечений и, соответственно, несущая способность арочных элементов. Поэтому одна из важнейших задач — обеспечение несмещаемости опор арок и сводов (рис. 98).

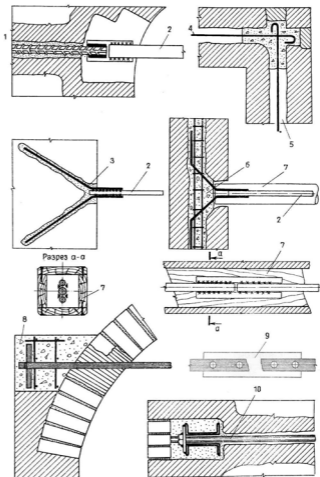
Распространенным приемом служит восстановление функций утраченного или поврежденного связевого каркаса. В расщиненные каналы древних деревянных стеновых связей устанавлива-

ются металлические стержни из арматуры или проката, соединяемые в углах для образования замкнутого контура. В зонах приложения наибольшего распора, например в плоскости подпружных арок, между распалубками или в средней части лотков сомкнутых сводов стеновой каркас соединяется с элементами воздушных связей, что снижает его деформативность и увеличивает зону удержания воздушной связи. Каналы бетонируются. При надлежащем армировании и сечении каналов стеновые связи могут работать как железобетонные пояса, способные воспринимать кроме растяжения и изгибающие моменты от действия распределенного распора на участках между анкерами связей.

Иногда при отсутствии каналов древних связей или по иным причинам возникает необходимость устройства наружного бандажа, стягивающего опорный контур в уровне пят сводов или выше. Например, свод Никольской церкви на Соловках укреплен постановочной наружной комбинарованной (металлического с железобетонными анкерными подушками) пояса, скрытого под конструкцией кровли.

Для предотвращения развития деформаций, связанных с неравномерными осадками, подвижками или поворотами стен и столбов, применяются, как правило, жесткие конструкции усиления, способные воспринимать большие сжимающие и изгибающие усилия. Иногда они сочетаются с гибкими связями, работающими только на растяжение. Например, в новгородском Знаменском соборе независимые перемещения стен и центральных столбов, вызвавшие критические деформации сводов подклета, предполагается остановить устройством системы пересекающихся металлических обетонированных связей в уровне перекрытия (над сводами), а также установкой мощных железобетонных распорок между фундаментами. Все обоймы и распорки располагаются ниже уровня современного пола, но являются, тем не

98. Конструкция связного яруса
 1 — «глухой» железобетонный анкер; 2 — воздушная связь; 3 — вклеенный анкер; 4 — условная заделка современной стеновой связи; 5 — канал деревянной связи; 6 — сопряжение современных воздушной и стеновой связей; 7 — имитация деревянной связи; 8 — опора железобетонная подушка-анкер; 9 — болтовое соединение разнородной металлической связи; 10 — анкер в виде пакета металлических профилей



менее, открытыми конструкциями, так как между ними экспонируются фрагменты стен и столбов древней церкви Знамения.

В горьковском Благовещенском соборе укрепление опорного контура сводов верхнего яруса произведено с помощью системы монолитных железобетонных поясов, причем общий стяги-

вающий пояс врезан по периметру с анкеркой в кладку стен с внутренней их стороны.

В Соловецком монастыре в 1983 г. выполнено укрепление сползающей в ров восточной стены Новобратского корпуса с помощью системы перевернутых кирпичных полуарок, упирающихся верхним концом в низ цоколя

здания, а нижним — в валунный фундамент крепостной стены XVI в. Перевернутые арки и полуарки могут, видимо, использоваться как скрытые контрфорсы для фиксации взаимного положения блоков здания, расположенных на разных уровнях и на небольшом расстоянии друг от друга. Основным достоинством перевернутых арок стало то обстоятельство, что обратный распор от потенциальной подвижки пят компенсируется пассивным отпором грунта (постели) под аркой.

Существуют и открытые неперевернутые арки-распорки, в которых противодействие сжатию и смещению пят достигается пригрузкой арки, т. е. искусственным отпором. Применению арок-распорок, как и вообще открытых арочных конструкций укрепления, может препятствовать их архитектурная «активность». Более нейтрально выглядят контрфорсы обычной или современной конструкции.

Укрепление сводов, деформированных при смещении опор и при пригрузках. Восстановление несущей способности сводов при их выполаживании, провисании, волнообразной деформации и т. п. представляет сложную, порой трудноразрешимую задачу, так как снижение высоты сжатой зоны сечений при названных деформациях связано с необратимыми (в основном) изменениями геометрии сводов. Незначительное увеличение высоты сжатой зоны происходит при расклинке раскрытых швов снизу, так как при этом несколько увеличивается длина нижней поверхности и свод как бы поднимается вверх, а кривая давления опускается. Следует расклинивать одновременно обе поверхности. Естественно, что расклинка трещин и швов имеет смысл лишь при положительной кривизне свода, так как расклинка провисающих участков еще больше увеличивает их провис (рис. 99).

Эффективным, но редким способом изменения геометрии свода служит его «выдавливание» сверху до расчетного рабочего положения с помощью выд-

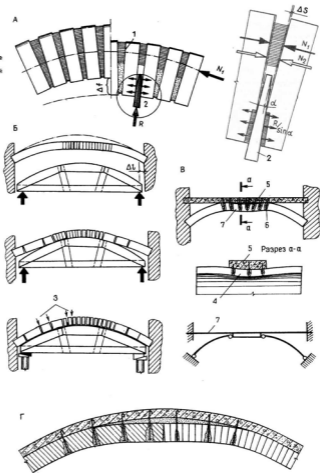
вижной опалубки — так называемого зонта. При достаточно равномерном давлении снизу кладочные элементы раздвигаются, образуя временно совсем необжатые участки кладки, удерживающиеся на опалубке. Далее производится равномерная зачеканка раствором раскрытых швов и трещин, и опалубка убирается. Приведенный способ уместен для пластичной кладки (слабый раствор, пустошовка) и при отсутствии какой-либо нагрузки на свод.

Часто применяющаяся зачеканка трещин и пустых швов не изменяет геометрии свода и не увеличивает высоты сжатой части сечения. Положительное действие данного способа заключается только в стабилизации существующей формы и в повышении сопротивляемости поперечным сдвигам (от местных нагрузок) за счет бокового сцепления раствора. Зачеканка или инъекция швов необжатых, так называемых висячих, зон не изменяет их характера, они остаются необжатыми, не работающими участками свода и удерживаются от падения лишь сцеплением раствора. Фиксация «висячих» зон возможна с помощью их подвески к дублирующим элементам — аркам, балкам, плитам, проложенным над сводом и передающим нагрузки на здоровые участки кладки или на опоры. Подобные решения осуществлены при укреплении сводов перекрытия Московской консерватории и других объектов. Следует помнить, что подвешивание рабочих зон сводов, как и их подпирание снизу, недопустимо, так как нарушает принцип существования распорных конструкций.

В некоторых случаях увеличения высоты сжатой зоны укрепляемого свода можно добиться и без изменения существующей геометрии за счет включения в совместную работу деформированной полосы свода и дублирующего арочного элемента, который выкладывается и бетонируется поверху. Совместная работа слоев составного сечения обеспечивается радиальными

99. Укрепление деформированных сводов

A — расклинка; *Г* — заделка оси сводной зоны до и после деформации; *2* — клин; *N₁* — начальное приложение нормальной силы; *K/sin α* — продольное усилие от расклинивания; *N₂* — приложение суммарной нормальной силы после расклинивания; *B* — стадии «выдавливания» свода «зонтом»; *3* — зачеканка пустых швов между отдельными камнями и блоками; *B* — подвеска «висячей» зоны; *4* — провисшая часть свода; *5* — железобетонная плита; *6* — анкеры; *7* — рабочая схема; *Г* — укрепление свода дублирующим арочным элементом



стержневыми шпонками и инъекцией существующих зазоров между слоями. Шаг и диаметр шпонок при этом определяются по величине сдвигающих усилий в составном сечении. Такой способ применен в 1981 г. в Астрахани при усилении деформированных крестовых сводов и подпружных арок Большой трапезной палаты кремлевского Троицкого собора.

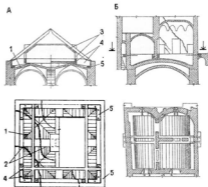
Разгрузка деформированных сводов. В тех случаях, когда нерационально приложенная нагрузка создает недопустимые напряжения в кладке или когда нет возможности погасить действие возросшего распора за счет ужесточения опорного контура, целесообразна частичная или полная разгрузка свода. Разгрузка сводов с помощью одиночных или перекрестных балок,

подведенных под стены, нагружающие свод, выполнена в Трапезной палате Андроникова монастыря, в Верхоспаском соборе Большого Кремлевского дворца, в соловецкой Никольской церкви.

В Трапезной палате Андроникова монастыря тонкие (в один кирпич) своды третьего яруса, сложенные в 1506 г., неоднократно деформированные, имеющие расчлененный опорный контур, не могли считаться надежным основанием для конструкций помещения, организуемого при приспособлении чердака над сводами. Поэтому в 1977 г. стены и перекрытие нового помещения (облегченной фахверковой конструкции) выполнены с опиранием на монолитные железобетонные балки ($l=15,2$ м, $h=0,8$ м), забетонированные с зазором 5—10 см от поверхности сводов. Балки опираются на угловые бетонные подушки, заанкеренные в кладку стен (рис. 100, а). Разгружая своды, балки одновременно работают как связевые элементы, препятствующие горизонтальным подвижкам стен, несущих эти своды.

Перекрестные железобетонные двухветвевые балки, разгружающие аварийный свод над Золотой Царицыной палатой Большого Кремлевского дворца, выполнены в 1979 г. различной высоты в соответствии с величиной потенциальных нагрузок (рис. 100, б). Их верхняя арматура соединена с анкерными шайбами в торцовых стенах с целью уменьшения пролетного момента. Ветви балок и соединяющие их диафрагмы врезаны в кладку нагружающих сводов стен на 7—8 см с инъекцией усадочных швов. Зазор между низом балок и сводом составляет 5 см, воспринимаемая балками расчетная нагрузка — 1300 кН.

В соловецкой Никольской церкви помимо железобетонных балок, снимающих тяжелую продольную нагрузку с восстановленного участка свода Ризничной палаты, введены и две монолитные железобетонные арки с затяжками, усиливающие подпружные арки



100. Схемы разгрузки сводов

А — система железобетонных балок над крестовыми сводами Трапезной палаты Андроникова монастыря (разрез, план); 1 — своды; 2 — трещины деформации; 3 —

конструкция чердачного приспособления; 4 — система балок; 5 — угловые опорные подушки; Б — система перекрестных балок над сводом (разрез, план)

свода в местах приложения чрезмерной поперечной нагрузки.

Эффективный способ разгрузки неустойчивого опорного контура от распора восстанавливаемых сомкнутых сводов, шатров и куполов — их замкнутое поярусное армирование. Качественно выполненное армирование кладки в средней трети высоты сводов способно существенно компенсировать нерациональность формы, снизить значение изгибающих моментов и напряжений в сечениях. Кольцевое армирование кладки заложено в проекте реконструкции купола мечети Рабия Султан в г. Туркестане. Поярусное армирование свода в сочетании с воздушными связями выполнено при восстановлении завершения надвратной церкви московского Даниловского монастыря (1984 г.).

Иногда представляется методически и логически оправданной замена восстанавливаемой распорной конструкции на ее безраспорную или «малораспорную» имитацию. Тонкостенные железобетонные оболочки, имитирую-

щие своды Трапезной палаты церкви Богоявления в Иркутске, способны гасить свой распор за счет жесткости армированных нервюр и опорных ребер.

Бетонные имитации небольших пологих сводов междуэтажных перекрытий могут выполняться с горизонтальной верхней поверхностью и плоским плитным армированием. В целях улучшения контакта с сохранившимися фрагментами старой кладки для изготовления бетонных сводов может быть применен так называемый кирпичный бетон с кирпичным боем вместо щебня и известково-цементным вяжущим.

Известную сухость, свойственную бетонным сводам, можно в значительной степени устранить «смягчением» опалубки, т. е. устройством ее поверхности без острых углов и кромок, со сплошной прокладкой из картона или строительного войлока, как это, например, успешно сделано в Иркутске на церкви Богоявления. При устройстве бетонных имитаций или при введении в кирпичные своды больших бетонных фрагментов и заплата резко меняется акустика помещений. Поэтому в их конструкциях должны быть предусмотрены отверстия-голосники, снижающие мембранный эффект, а по верхней поверхности устроена засыпка из керамзита или другого легкого звукопоглощающего материала.

Укрепления при структурном разрушении сводов. Особую сложность представляет укрепление кладки при ее морозном или солевом структурном разрушении. Исследование большого числа сводов выявило достаточно «типовой» вид слоистого разрушения, когда регулярно замораживаемая мокрая кладка сводов расчленена на ряд самостоятельно существующих сводчатых образований толщиной 3—6 см, пролетом 1,5—3 м с чрезвычайно малой собственной устойчивостью формы. Любое давление на нижнюю поверхность таких сводов способно вызвать падение слабо скрепленных слоев как из растянутой, так и из сжатой зоны общей толщины свода.

Укрепление кладки сводов, имеющей слоистый характер разрушения, проведено на объектах Соловецкого монастыря, некоторых памятниках Ленинградской области и др. Временно подкрепленная нижняя поверхность сводов была «обобрана» от заведомо висячих элементов. Затем в швы были аккуратно забиты металлические костыли длиной 10—15 см с целью некоторой расклинки кирпичей в нижних слоях кладки, а также для крепления штукатурной сетки, используемой для армирования толстого намета при восстановлении утраченных зон кладки. Шаг костылей определялся по месту. Далее выполнялся последний намет специального штукатурного раствора, включающего известь, цемент, цементку и песок.

Перечисленные меры позволили получить достаточно устойчивые участки, способные воспринимать давление электродрели при сверлении скважин. Скважины иногда проходились на всю толщину свода и пересекали все расслоения. Часть скважин использовалась для установки анкерных стержней, а другая — для заделки инъекционных трубок, через которые производилось заполнение пустот и трещин раствором.

5.2.5. Укрепление деревянных конструкций

Основной вид усиления стержневых систем: ферм, стропил и завершающих конструкций — частичная или полная замена их поврежденных элементов. Способ замены и стыковки зависит от характера работы стержня в системе. Сжатые элементы — верхние пояса ферм и различные подкосы соединяются и включаются в работу с помощью лобовых и угловых врубок, подстрахованных хомутами и шпильками. Наиболее ответственно в сжатых частях ферм опорный узел. При его неплотном соединении, допускающем люфт, происходит «расползание» контура верхнего пояса. Соответственно опускаются подвесные к

нему конструкции перекрытия или затяжка. Провис нижнего пояса тем больше, чем острее угол наклона верхнего: при 18-градусном наклоне верхних поясов ферм московского Манежа провис затяжек и потолка составляет 40—60 см.

Замена растянутых элементов — подвесок и нижних поясов ферм сложнее, так как при любом способе соединения материал стыкуемых конструкций работает в невыгодном режиме скалывания или поперечного смятия волокон. Обычно стык нижних поясов осуществляется с помощью боковых деревянных или металлических накладок, стянутых болтами. Иногда при небольших растягивающих усилиях применяется старый способ соединения — так называемый «голландский зуб».

Короткая вставка в поясах ферм, стропил, а также в балках перекрытий называется обычно протезом. Протезирование изгибаемых элементов, например концов длинных потолочных балок, требует высокой точности работ, применения тщательно подогнанных хомутов и стержней. Протезируются обычно уникальные неразрезные пояса ферм и балки или потолочные конструкции, несущие ценный лепной декор и имеющие акустическое значение (конструкции перекрытия Московской консерватории).

Если по какой-либо причине протезирование элементов и подтяжка узлов не обеспечивают несущей способности конструкции (или надлежащей геометрии подвесного перекрытия), фермы и стропила либо усиливаются дополнительными стержнями, либо дублируются современными конструкциями. К частичному дублированию относится, например, устройство металлических затяжек, разгружающих нижние пояса ферм и распорных завершающих систем, стойки и прогоны металлических фахверков в каркасных деревянных зданиях. При полном дублировании разружаются все элементы исторических конструкций, которым отводится

главным образом экспозиционная роль. Пропорциональное и контролируемое разделение функций между дублирующими и основными элементами, например стальными и деревянными балками перекрытий, представляется нереальным как из-за различных жесткостных характеристик материалов, так и из-за сложности передачи нагрузки.

Помимо решения методических проблем, а также вопросов статки и конструирования узлов из разнородных материалов, усиление и консервация деревянных сооружений подразумевают и обеспечение оптимального температурно-влажностного режима, вентиляции и пожарной защиты. Лесоматериал, заменяющий разрушенные элементы, должен быть кондиционным и ни в коем случае не служить стимулятором распространения гриба и жуков.

Укрепление и консервация срубов. Укрепление массивных деревянных сооружений в виде простых и сложных срубов, мостов, ряжей и т. п. заключается главным образом в переборке венцов стен, подвалов, наката. Выборочная замена сгнивших венцов производится с местным «разжимом» сруба клиньями или домкратами. При замене подряд нескольких целых венцов, углов и несущих простенков вышерасположенная часть сруба вместе с конструкцией перекрытия предварительно вывешивается.

Следует заметить, что введение свежих бревен в сильно деформированные (перекошенные и провалившиеся) срубы мало влияет на их устойчивость. Более того, новые элементы, не будучи связаны в самостоятельный каркас, могут оказаться чужеродными жесткими включениями в пластичную структуру старого сруба, концентрирующими нагрузки и напряжения. Угловые соединения при высыхании новой (сырой) древесины расходятся, причем чем больше диаметр венцов и их влажность, тем больше зазор во врубках. Неплотные и пустые угловые сопряжения могут стать причиной выпадения

целой стены или обрушения всего сруба под действием ветровой и любой другой боковой нагрузки. Наиболее сложно укрепление высоких срубов — башен, церквей, мельниц.

Среди способов сохранения срубов — полная их переборка с предварительной нумерацией венцов и последующая специальная обработка древесины, например пропитка в вакуумных камерах. Необработанный, разобранный материал, оставаясь на площадке или в штабеле, может быстро потерять свои кондиции — сохнуть, загнить или разрушаться из-за смены среды существования. Вновь собираемые на старом или, тем более, новом месте срубы из необработанной древесины часто настолько меняют свою геометрию, что их столярные и декоративные элементы — двери, окна, причелины и др. — оказываются совершенно непригодными, значительно не «вписываясь» в свои проемы и места. Любая разборка и транспортировка исторических срубов на территории специальных заповедников, как и использование для вычки современной древесины, должны быть строго аргументированы.

5.3. Системы инженерного оборудования в памятниках архитектуры

5.3.1. Специфика проектирования инженерных сетей и оборудования в памятниках архитектуры

При приспособлении памятника архитектуры необходимо оснастить его рядом технических систем, которые обеспечат необходимые комфортные условия для работающих в помещениях людей, сохранения музейных ценностей, а также для ограждающих конструкций самого памятника. Обычно в старых зданиях такие системы не соответствуют современным требованиям либо отсутствуют, и их приходится проектировать заново.

Современные строительные нормы и правила проектирования определяют

очень большой перечень необходимых технических систем и сетей в зависимости от назначения сооружения. Полное обеспечение всех оптимальных комфортных условий на уровне этих требований нередко может привести к нарушению художественного облика памятника, его ограждающих конструкций, декора. Поэтому современная практика проектирования систем инженерного обеспечения в памятнике архитектуры по большей части сводится к значительному отклонению от действующих нормативов в сторону разумного уменьшения числа систем, ограничения их функциональных возможностей. Предпочтение отдается техническим системам, которые необходимы для обеспечения оптимального температурно-влажностного режима самого памятника, а также контроля за параметрами воздуха (отопление, вентиляция, контрольно-измерительные приборы и автоматика).

При реставрации памятников архитектуры, особенно с сохранившимся убранством интерьера, решающим фактором в выборе уровня комфортных параметров (температура, освещенность, кратность обмена воздуха) и числа инженерных систем обычно служит не новое назначение помещений, как в новом строительстве, а необходимые, с точки зрения сохранности старых конструкций, живописи, экспонатов, температура и относительная влажность воздуха и необходимые, с точки зрения сохранности исторического интерьера, традиционные условия освещения (расположение источников света, уровень освещенности).

При проектировании технических систем в памятниках проектировщик имеет дело с ограждающими конструкциями, существующими длительное время. Материал их существенно изменил свойства, структуру, теплотехнические характеристики. По этой причине расчет теплообмена, выполнимый по современным таблицам и методикам, для памятника архитектуры может

быть только приближенным. Для выполнения точного расчета необходимо знать реальные свойства материалов по всему объему конструкций с учетом зоны их местоположения. Только в этом случае можно ожидать более точного совпадения расчетных параметров теплообмена в памятнике архитектуры с реальными.

В отличие от современных сооружений, памятники архитектуры часто имеют различную толщину ограждающих конструкций по их высоте. Так, в культовых зданиях обычно составляет около полутора метров в нижней зоне при толщине стен барабана порядка 30—60 см. Значительная неравномерность распределения температур по высоте помещения влияет на теплообмен сооружения в целом. Это должно быть учтено при проектировании систем отопления в памятниках архитектуры.

Многие памятники имеют очень большую высоту при сравнительно небольшой площади. Обычно вытянутый вверх объем этих сооружений разделяется внутренними столбами и арками на более мелкие объемы. Недостаточная вентиляция в подобных помещениях должна учитываться при расчете их теплообмена. Изучение циркуляции воздуха дает возможность более правильного выбора мест установки отопительных приборов, вентиляционных отверстий, скоростей движения воздуха и пр.

Еще одна особенность проектирования инженерных систем и сетей в памятниках архитектуры со сложной внутренней структурой заключается в невозможности однозначно задать параметры внутреннего воздуха. Для разных «составляющих» памятника — самого здания, живописи на его стенах, предметов внутренней обстановки, различных экспонатов, а также для человека, работающего в помещении, требуется соблюдение различных параметров. Поскольку никакая техническая система не дает принципиальной гарантии обеспечения двух и более

граничащих условий, ее приходится рассчитывать либо на параметры, оптимальные для какой-либо одной из этих «составляющих», либо на некоторые усредненные компромиссные параметры, которые ни для одной из них не могут быть оптимальными. Поддержание микроклимата в памятнике должно быть прежде всего направлено на обеспечение сохранности ограждающих конструкций и декора. Исходя из этого условиями оптимального температурно-влажностного режима обычно принимаются условия невыпадения конденсата на внутренней поверхности ограждающих конструкций, а также минимизация потоков влаги и температуры в них.

Трудности создания оптимального режима эксплуатации памятников осложняются требованием не исказить облик сооружения.

Для оптимизации параметров внутреннего воздуха в памятнике используются:

ограниченное проветривание здания в такое время года, когда наружный воздух, попадая внутрь здания, может прогреть внутренние поверхности ограждающих конструкций, не вызывая при этом выпадения конденсата на внутренних поверхностях ограждения. В этом случае в здании практически отсутствуют какие-либо технические устройства поддержания параметров температурно-влажностного режима, кроме контролирующих их приборов. Оно обеспечивается проветриванием, осуществляемым в соответствии со специально разработанной инструкцией; ограниченный подогрев воздуха внутри помещений. Температура подогрева выбирается с таким расчетом, чтобы температура внутреннего воздуха была выше точки росы (т. е. температуры, при которой в воздухе происходит выпадение конденсата);

традиционные системы отопления, обеспечивающие нормированный уровень параметров ($T=18^{\circ}\text{C}$, относительная влажность $\varphi=55\%$);

кондиционирование с параметрами воздуха (T и φ), плавно меняющимися в течение года в зависимости от изменения параметров наружного воздуха.

Таким образом, обеспечение более высокого уровня оптимизации параметров воздуха связано с усложнением и увеличением объемов технических систем и средств, что в итоге может привести к значительным потерям как в интерьере памятника, так и в его ограждающих конструкциях. Это обстоятельство должно учитываться уже на стадии выбора новой функции памятника, поэтому его изучение, с точки зрения возможности внедрения современных технических систем при минимальном ущербе для сохранности, следует начинать как можно раньше.

Следующая особенность проектирования технических систем обеспечения параметров внутреннего воздуха в памятниках архитектуры — значительная тепловая и влажностная инерционность ограждающих конструкций, обусловленная их массивностью, что вызывает необходимость принимать во внимание такое понятие, как «теплоустойчивость» здания, а также влажностный режим ограждающих конструкций. Параметры, реально создаваемые в памятнике внедренными системами, часто отличаются от запроектированных. Это приводит к необходимости предусматривать в этом случае более широкие возможности их регулирования. Кроме того, всякая система их стабилизации по этой же причине требует в обязательном порядке индивидуальной наладки и экспериментальной доводки.

Приходится сталкиваться еще с целым рядом технических трудностей, непосредственно вытекающих из особенностей памятников. Это отсутствие вспомогательных технических площадей, большие толщины стен, наличие сводов, живописи, декора и т. п., а также отсутствие закладных и проходных деталей. При проектировании систем отопления и вентиляции необходимо максимально использовать все

имеющиеся на памятнике технические и конструктивные возможности, заложенные при его строительстве (все возможные продухи, вентиляционные каналы, печи, дымоходы, пробитые проемы, подлежащие заделке, и т. п.). Все эти возможности необходимо изучить на объекте до начала проектирования систем. Их использование снижает стоимость технических систем, а также уменьшает степень искажения интерьера памятника.

Для правильного решения этих вопросов инженеры-проектировщики должны подробно ознакомиться с материалами архитектурного исследования, а иногда и принимать в них участие. Архитектор — автор проекта реставрации участвует в выборе или согласовывает типы используемых приборов (особенно осветительных и отопительных), места их установки, места прокладки трубных и кабельных коммуникаций, места расстановки оборудования, места прохода коммуникаций через перекрытия, стены и т. п. Вся эта работа, в отличие от нового проектирования, требует корректировки на объекте, в натуре.

5.3.2. Особенности проектирования систем отопления и вентиляции

При приспособлении памятника архитектуры к новой функции системы отопления привносятся в существующие строительные конструкции и планировку помещений и должны быть тактично вписаны в интерьер. В этом случае наиболее важными из предъявляемых требований к отопительным системам вообще становятся следующие:

архитектурно-строительные (соответствие интерьеру помещений, компактность, увязка со строительными конструкциями);

санитарно-гигиенические (поддержание равномерной температуры помещений, ограничение температуры нагревательной поверхности и возможность ее очистки);

эксплуатационные (долговечность,

простота и удобство управления и ремонта, бесшумность, тепловая устойчивость).

Производственно-монтажные требования, предъявляемые к установкам отопления в современных зданиях, в реставрации не могут быть выполнены, так как механизация работ в памятниках архитектуры, как правило, невозможна, работы по монтажу систем отопления и сопутствующие строительные работы (пробивки отверстий, штраб и т. д.) выполняются вручную. Возможность использования типовых деталей и узлов минимальна.

В современных условиях старые традиционные способы отопления, как правило, не могут быть использованы. Они должны быть заменены на современные системы отопления с безусловным и максимальным использованием существующих в здании элементов старых отопительных систем (каналов, продухов и т. п.).

В современной практике в памятниках архитектуры используются системы отопления с различными теплоносителями. Наиболее часто применяются водяные системы с центральной теплосетью или местной котельной (угольной, газовой, электрической). Используются также системы воздушного отопления, реже — электроотопление с прямой трансформацией электроэнергии.

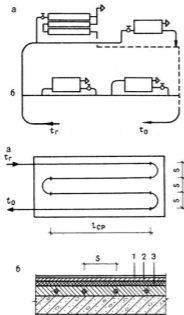
Водяное отопление. В памятниках наиболее широко используются горизонтальные однотрубные или двухтрубные системы с нижней разводкой магистралей (рис. 101). Положительное качество этой схемы — малое число стояков, что сокращает число пробивок отверстий в перекрытиях. Нижняя разводка магистралей улучшает восприятие интерьера. Магистрали по возможности прокладываются скрыто в конструкциях здания (в полу, подпольных каналах, иногда в каналах и штрабах, расположенных в ограждающих конструкциях). При скрытом размещении магистралей требуется обеспечить свободный доступ к ним

для осмотра, ремонта и замены в процессе эксплуатации систем.

В качестве отопительных приборов чаще всего используются гладкоповерхностные радиаторы или ребристые конвекторы. Иногда в качестве отопительных приборов используют так называемые отопительные шкафы различных конструкций (водяные и электрические). Широкое распространение они нашли при отоплении памятников культовой архитектуры больших объемов, имеющих стенописи, что не позволяет установить другие отопительные приборы. В таких сооружениях применяется также система «панельно-лучистого» отопления, нагревательные элементы которой размещаются в конструкции пола (рис. 102). При реставрации памятников архитектуры, имеющих старые отопительные печи, часто используют прием размещения современных отопительных приборов в реставрируемых и восстанавливаемых печах, создавая эффект их работы.

В очень высоких помещениях (например, в памятниках культового зодчества) обычные отопительные системы работают как бы только на нижнюю зону, верхняя же зона не прогревается. Теплый воздух из нижней зоны, поднимаясь вверх, соприкасается с холодными ограждающими конструкциями верхней зоны, имеющими малую строительную толщину и, следовательно, малую термостойкость. Создаются условия выпадения конденсата, образования наледей, промерзания. В этих случаях желательно, во-первых, утепление верхней зоны современными эффективными утеплителями (что не всегда оказывается возможным) и, во-вторых, устройство верхнего яруса отопления (при отсутствии настенной живописи).

Для поддержания теплового режима помещений на заданном уровне необходимо в процессе эксплуатации регулировать теплопередачу отопительных приборов. Система отопления памятников должна иметь средства, обеспечивающие индивидуальный ре-



101. Горизонтальная система отопления с нижней разводкой магистральной
а — двухтрубная, б — однострунная

102. Пачельно-лучистое отопление

а — схема нагревательных элементов в отопительной пачели; б — конструкция бетонной отопительной пачели; 1 — пол; 2 — цементная стяжка; 3 — тепловая изоляция; 5 — шаг решеток

жим работы с учетом особенностей каждого здания. Количественное регулирование теплопередачи приборов также должно быть индивидуальным, т. е. выполняться по каждому отопительному прибору.

Принимая во внимание большую роль оптимальных параметров воздуха для сохранности ограждающих конструкций памятников архитектуры, все системы отопления должны проектироваться со средствами регулирования параметров температуры и влажности воздуха в широких пределах. Для регулирования влажности воздуха предусматриваются различного рода автоном-

ные приборы увлажнения и осушения воздуха. Для наблюдения за параметрами температурно-влажностного режима и его стабилизации в каждом помещении устанавливаются контрольно-измерительные приборы: баротермогигрометр, термограф, гигрограф.

Воздушное отопление использовалось и в прошлом, во многих случаях элементы его системы сохранились в памятниках архитектуры. При реставрации памятников необходимо стремиться использовать эти элементы в их старой функции, хотя часто это весьма затруднительно. Современные отопительные агрегаты не размещаются в старых помещениях, а воздуховоды и газоходы обычно оказываются в разрушенном состоянии, и их использование практически невозможно. Поэтому чаще всего используются современные схемы и элементы отопления.

Воздушные системы отопления бывают местные и централизованные, бесканальные и каналные (рис. 103). При бесканальной системе внутренний воздух, имеющий температуру t_1 , нагревается первичным теплоносителем в калорифере до температуры t_2 и перемещается вентилятором в помещение. Отопительные приборы — калориферы в этом случае размещаются непосредственно в помещении, иногда они устанавливаются в старых печах, каминах.

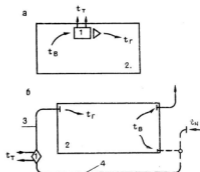
В каналных системах теплый воздух из калорифера подается в транспортирующий канал и через вентиляционные решетки раздается в помещении более равномерно. Калориферы размещаются в тепловой камере вместе с элементами управления и контроля работы системы и сигнализации. Воздушные каналы обычно выполняются подпольными, иногда используются существующие в памятнике архитектуры элементы старых систем отопления.

Для выравнивания температурного поля подача воздуха в помещение

должна быть равномерной. Увеличение числа воздухораспределительных решеток дает возможность также уменьшить скорость выхода воздуха в интерьер, а это весьма существенно для помещений, имеющих настенную живопись или другой декор. Скорость воздуха должна быть достаточной для обеспечения переноса тепла и создания циркуляции, но не избыточной, с точки зрения сохранности живописи, декора. Регулирование температуры воздуха осуществляется на калорифере путем включения необходимого числа элементов-секций и т. п. Регулирование влажности при воздушном отоплении может быть достигнуто с помощью увлажняющей установки. Увлажняющие форсунки устанавливаются в воздухораспределительных каналах при непосредственной подаче воздуха в помещение.

Электроотопление находит широкое применение при реставрации памятников архитектуры, особенно в случае значительного удаления их от теплофикационных магистралей, котельных. Электроотопление имеет ряд преимуществ: оно дешево, доступно в любом месте, при применении электроотопления отсутствует необходимость в устройстве каких-либо каналов, существует возможность переделок и расширения уже существующей установки и т. п. Но главное преимущество электроотопления заключается в простоте регулирования температурного режима и возможности ведения режима отопления по индивидуальному графику.

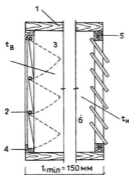
Электроэнергия чаще всего используется для питания электродеталей, а схема отопления в этом случае строится как система водяного отопления с некоторыми особенностями. Но иногда электроэнергия используется при отоплении помещений по схеме прямой трансформации электроэнергии в тепловую. В качестве отопительных приборов в этом случае используются различные ребристые электронагреватели радиаторного типа, небольшие



электродетали, которые устанавливаются как водяные радиаторы под оконными проемами, на наружных стенах. Часто используются в качестве отопительных приборов электронагреватели для воздушной среды типа тэн, которые монтируются в металлическом шкафу (отопительный шкаф) или размещаются в конструкции старой отопительной печи с некоторой ее реконструкцией. Регулирование температуры воздуха производится автоматически, по сигналу датчика температуры. Регулирование влажности в этом случае возможно только с помощью автономных приборов увлажнения.

Кроме основной системы отопления в музейной практике и для памятников архитектуры электроотопление чаще всего используется в качестве дополнительной системы отопления на наиболее трудные для памятника периоды (весна — осень), когда основное отопление по графику отключено. Для этих целей применяются переносные приборы, подключаемые к электросети через розетки.

Кондиционирование — это система поддержания оптимального значения температуры, относительной влажности, давления и чистоты воздуха внутри помещений, рассчитанная на создание санитарных условий, но не на отопление. Именно поэтому многие кондиционеры рассчитаны на летний режим. Системы же, работающие по полному



103. Продольные сечения систем воздухоотопления и — системы; б — центральная система; 1 — клапан; 2 — панель; 3 и 4 — подающий и обратный воздуховоды

104. Конструкция вентиляционного клапана: 1 — корпус; 2 — ось-шестерня; 3 — клапан (длина 3 мм ± 0,2 мм); 4 — опорная рама; 5 — шарнир; 6 — жалюзиная лопатка

циклу, громоздки, требуют больших производственных площадей, наличия водоснабжения, канализации, источников не только тепла, но и холода, хорошей герметизации помещений, а также большого числа воздуховодов внутри помещений. В памятнике архитектуры все эти требования осуществить по большей части невозможно.

Вентиляция. Вентиляционные установки наравне с отопительными установками призваны обеспечивать создание в обслуживаемых ими помещениях гигиенической обстановки, с точки зрения температуры, влажности и чистоты воздуха, для персонала, находящегося в помещении. Однако при реставрации памятников архитектуры основное внимание уделяется сохранности ограждающих конструкций и декора памятников, и вентиляционные системы в этом случае призваны обеспечить необходимый для памятника температурно-влажностный режим.

Число вентиляционных установок, их мощность зависят от приспособления памятника. Вентиляционные установки в полном объеме по классической схеме «приток — вытяжка» в памятнике архитектуры проектируются в редких случаях, если он приспособлен

вается под помещения с массовым пребыванием людей. При необходимости устройства системы приточно-вытяжной вентиляции в памятнике архитектуры применяется практика отказа от централизованных систем, принятых в новом проектировании, так как это вызывает необходимость устройства вентиляционных коробов практически по всему объему помещений.

В практике реставрации чаще всего проектируются локальные системы вентиляции. Это приводит к некоторому увеличению вентиляционных агрегатов, но дает возможность избежать пробок перекрытий, сводов, ограждающих конструкций. В этом случае необходимо найти вариант системы, максимально удовлетворяющий техническим требованиям и наносящий минимальный ущерб памятнику архитектуры, его интерьеру. Часто ограничиваются устройством только вытяжной вентиляции с неорганизованным притоком воздуха через неплотности дверных и оконных проемов.

В качестве вентиляционных каналов необходимо использовать имеющиеся в памятниках элементы старой конструкции (воздушные каналы, каминные, печные трубы и т. п.) по возможности не только для вытяжки, но и для организации притока воздуха в помещение. Если в памятнике архитектуры нет элементов, которые можно использовать для целей вентиляции, то вытяжная шахта проектируется внутри помещений с выходом на чердак или кровлю и лишь в исключительных случаях во внешних стенах. Все такие возможности надо учитывать при определении назначения отдельных помещений. В большинстве же случаев в памятниках архитектуры предусматривается естественная вентиляция, и специальные системы вентиляции не проектируются.

В культовых сооружениях для обеспечения естественной вытяжки в окнах барабана предусматривается установка автоматических клапанов-хлопушек (рис. 104). Клапан имеет две жалю-

зийные решетки: наружную стационарную для предохранения от проникания в помещение наружного воздуха; внутреннюю рабочую, выполненную из легких подвижных латунных лепестков, которые под давлением восходящего потока внутреннего воздуха приподнимаются и выпускают излишки воздуха наружу. Живое сечение клапана рассчитывается на однократный обмен воздуха в помещении при скорости движения воздуха, близкой к естественной $W=0,5\div 1$ м/с. Эти клапаны вписываются в фрагменты столярки и устанавливаются в окна, ориентируемые на благоприятные по розе ветров стороны света. В зависимости от направления наружного ветра и его силы работают клапаны с подветренной стороны, а клапаны, установленные с наветренной стороны, остаются закрытыми.

В случае использования в здании воздушного отопления система вентиляции рассчитывается совместно с отоплением.

5.3.3. Особенности электроосвещения и электрооборудования в памятниках архитектуры

Системы электроосвещения, проектируемые для памятников архитектуры, обладают рядом особенностей. Число и места установки осветительной арматуры, ее типы (часто традиционные) определяют архитектурой существующего здания и имеющимся декоративным убранством интерьера. Источниками света служат в основном лампы накаливания, создающие эффект освещения, также более близкий к традиционному. Достижимый таким образом уровень общей освещенности, как правило, значительно ниже требуемого современными нормами. Существует несколько способов его повышения в условиях использования старых типов осветительных приборов и мест их расположения. Первый из них — увеличение мощности отдельных источников света (ламп накали-

вания) в традиционных осветительных приборах до 60 и иногда до 100 Вт. При втором способе световая мощность традиционных осветительных приборов (люстр) увеличивается путем установки в их конструкции дополнительных мощных ламп (типа зеркальных). Эти лампы устанавливаются либо открыто, либо в маскирующих тубусах и направляются на отражающую поверхность либо на поверхность осмотра (фреску, картину, иконостас и т. п.). Этот способ повышения общей освещенности находит широкое применение, когда объектом экспозиции служит сам памятник. Третий способ заключается в устройстве различных подвесных конструкций типа «рама» по периметру помещений («оторванно» от архитектуры) с размещением на ней современных источников света. Так решен вопрос повышения общей освещенности во многих памятниках, приспособленных под музеи.

Требуемый уровень освещенности при современном использовании памятников архитектуры достигается также устройством систем дополнительного местного освещения (локальных систем). Эти системы обычно выполняются подчеркнуто оторванными от архитектуры в виде современных светильников для освещения какой-либо поверхности в помещении (фрески, картины, иконостаса и т. п.). Для этой цели могут быть использованы различные напольные конструкции типа «торшер», подвесные, консольные конструкции для крепления различных типов современных светильников, зеркальных ламп, театральных софитов, прожекторов, различного светораспределения. Локальные системы освещения по возможности выполняются встроенными в витрины, стелды индивидуального изготовления и т. п.

Для обеспечения работы таких локальных систем освещения в памятнике архитектуры должна быть запроектирована разветвленная сеть штепсельных розеток, увязанная с планом

экспозиции или другим приспособлением помещения. Розеточная сеть в этом случае проектируется более разветвленной и мощной, чем в современном проектировании. Иногда для освещения используются подлиннее старые осветительные приборы (панникадила, люстры, бра и т. п.), которые для этого электрифицируются, что обеспечивает установку современных источников света, разводку питающих линий, фазировку групп осветительных точек, дистанционное управление группами источников света.

В связи со спецификой помещений, а также с индивидуальностью характеристик отдельных осветительных приборов запроектированные системы освещения живописи и других элементов декора после монтажа должны пройти стадию экспериментальной доводки по месту. Для того, чтобы световые потоки отдельных осветительных приборов можно было направлять под разными углами к освещаемой поверхности, световая часть приборов должна быть подвижной в различных плоскостях.

В качестве источника света чаще всего используются лампы накаливания небольшой мощности (40, 60 Вт), а для установки в осветительных приборах старых типов — лампы «миньон», а также лампы в виде свечей. Иногда для повышения общей освещенности помещений применяются и люминесцентные лампы в качестве карнизного освещения, в освещении витрин, стендов. В случае приспособления памятников архитектуры под административное здание или учреждение также могут быть использованы люминесцентные источники света с соответствующей арматурой.

Кроме осветительных приборов, системы электроосвещения включают в себя сети электроосвещения, подразделяемые на магистральные (от распределительной панели вводного устройства до поэтажного щитка) и групповые (от поэтажного щитка до осветительного прибора или группы ро-

зеток), которые прокладываются кабелем или проводом в трубах. Способ прокладки сетей в каждом конкретном случае решается индивидуально архитектором — автором реставрации совместно с инженером-проектировщиком с учетом наличия и характера декора.

Для магистральных сетей используется способ скрытой прокладки в трубах, под плинтусами, по чердаку, под полом. Иногда используется прокладка провода в металлорукаве. Групповые распределительные сети устраивают скрыто в штрабе, под обмазкой, штукатуркой, но часто прокладываются и открыто. Для музеев первой категории вся проводка должна быть выполнена медными проводами и сменной, т. е. в трубах. Медные провода применяются во всех деревянных памятниках архитектуры. Прокладка электросетей освещения должна выполняться с учетом определенных противопожарных мер (по слою асбеста или алебастра). Штепсельные розетки обычно устанавливаются на высоте 0,8—1 м, но в зависимости от экспозиционного плана могут размещаться над плинтусом, в полу, под карнизом и пр.

При приспособлении памятника с массовым одновременным пребыванием в нем людей необходимо устройство системы аварийного освещения. Питание сети аварийного освещения должно осуществляться от независимого источника питания. Кроме осветительных сетей, в памятнике в зависимости от его приспособления могут находиться силовые электросети для питания электроустановок и сети управления ими. Прокладка сетей и установка оборудования (распределительных щитов, щитов управления, коммутационной аппаратуры сигнализации) определяются в соответствии с общими правилами.

Энергоснабжение памятников архитектуры должно обеспечиваться двумя электрокабелями от двух независимых источников. Ввод кабелей в здание осуществляется через отверстие в фун-

даменте с применением закладных обоев. Необходимо предусмотреть помещение для электрощитовой, где размещаются вводные и распределительные устройства.

5.3.4. Системы пожаротушения и сигнализации

Все памятники архитектуры, в особенности приспособляемые под музейные помещения, экспозиционные залы, хранилища и т. п., должны оснащаться системами охранно-пожарной сигнализации и пожаротушения. Системы пожаротушения состоят из датчиков, сигнализирующих о повышении температуры в помещении (тепловые) или появлении дыма (дымовые или комбинированные); системы трубопроводов, транспортирующих средства гашения, а также узлов подготовки средств гашения. По использованию средств гашения системы пожаротушения делятся на водяные, газовые, пенные. Используемые водяные и пенные установки в музеях, хранилищах и фондах ограничиваются, в основном рекомендуются к исполь-

зованию в качестве системы пожаротушения газовые системы.

Наиболее современные системы пожаротушения громоздки, требуют значительных площадей для устройства газовых станций, разводки трубопроводов в интерьере памятника, устройства мощных автономных систем вентиляции. Все это в значительной мере сводит на нет использование их в практике приспособления памятников архитектуры, и чаще всего приходится ограничиваться сетями пожарного водопровода. Радиус действия гидранта и место его установки выбираются с учетом возможности защиты всех помещений.

Широкое применение в последние годы получили различные системы пожарной сигнализации, которые состоят из сигнальных датчиков — дымовых, тепловых, комбинированных — и оконечных устройств-коммутаторов, подающих сигнал о срабатывании датчика на пункт охраны данного объекта, а также слаботоковых сетей, соединяющих датчики и коммутатор. Датчики устанавливаются в помещении открыто.