БИБЛИОТЕКА

ОТДЕЛА "ОБСЛЕДОВАНИЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ"

ПНИИПКУ "ВЕНЧУР"

И.А. ФИЗДЕЛЬ

ДЕФЕКТЫ И МЕТОДЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ В КОНСТРУКЦИЯХ И СООРУЖЕНИЯХ

МОСКВА
Издательство литературы по строительству
1970

И. А. ФИЗДЕЛЬ

ДЕФЕКТЫ И МЕТОДЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ В КОНСТРУКЦИЯХ И СООРУЖЕНИЯХ

2-е издание, дополненное и исправленное

ИЗДАТЕЛЬСТВО ЛИТЕРАТУРЫ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ
Москва — 1970

УДК 69 059.2

В книге рассматриваются характерные деформации, дефекты, обрушения и аварии строительных конструкций и сооружений, вызванные воздействием времени и среды, а также недостатками при проектировании, производстве работ и эксплуатации

Приводятся примеры из практики устранения и предупреждения дефектов, излагаются принципы организации контроля за качеством выполнения работ на строительстве.

Книга рассчитана на широкие круги инженеров-строителей, занятых проектированием и строительством жилых, гражданских и промышленных зданий

3—2—7
155—70

ПРЕДИСЛОВИЕ

С каждым годом увеличивается объем капитального строительства. Нет такой области народного хозяйства, успешное развитие которой не было бы связано с капитальным строительством.

Главным направлением технического прогресса в строительстве остается его индустриализация, улучшение экономических показателей и повышение качества.

Все шире внедряются новые строительные и отделочные материалы, пространственные конструкции, высокомарочные бетоны, совершенствуется технология производства сборных и монолитных железобетонных конструкций. Увеличивается этажность зданий, в результате чего возрастают сосредоточенные нагрузки на несущие элементы сооружений. Высокие требования предъявляются к стыкам, соединениям и сопряжениям конструкций. Эти малоисследованные и наиболее трудоемкие процессы в полносборном строительстве часто служат причиной того, что конструкции зданий и сооружений протекают и промерзают.

Качество строительства и отделка зданий и сооружений постоянно повышаются. Однако требования к качеству заводского изготовления всех видов изделий, выполнению строительно-монтажных работ и проектных решений полностью еще не удовлетворяются.

Опыт показывает, что в практике строительства до сих пор допускаются дефекты, снижающие эксплуатационные качества сооружений и требующие раннего ремонта. Явные и скрытые дефекты, даже незначительные по своим размерам, но развивающиеся во времени и своевременно не устраненные, могут вызвать серьезные повреждения и ослабления несущих конструкций и быть причиной обвалов, аварий зданий и сооружений, больших убытков и даже несчастных случаев.

Изучение разнообразных дефектов в строительных конструкциях и сооружениях, выявление ошибок, допущенных по различным причинам, своевременное их уст-

ранение имеют большое практическое значение, позволяя избегать повторения старых и возникновения новых дефектов

Для повышения качества строительства широкое оповещение о различных случаях из практики, объективный разбор и исследование причин возникновения дефектов столь же важны, как и изучение лучших примеров строительства

Большая часть дефектов вызывается недостатками в производстве работ, заводской технологии, ошибками в проектировании, инженерно-геологических изысканиях и является часто результатом пренебрежительного отношения технического персонала к возможным последствиям, которые могут причинить эти недостатки

Возникновение многих дефектов связано с производством работ в зимнее время и низким качеством их выполнения В книге описываются мероприятия по обеспечению прочности и устойчивости несущих конструкций при весеннем оттаивании

Необходимо предупреждать возникновение дефектов на всех этапах строительства

Строители, проектировщики и студенты всегда с большим интересом относятся к изучению причин возникновения аварий, повреждения конструкций и дефектам в строительстве. Причины аварий, как и вопросы качества строительства, надежности, долговечности конструкций и отделки зданий, должны изучаться в специальных курсах средних и высших учебных заведений

Как часто технический персонал на производстве является свидетелем досадных дефектов и даже аварий из-за неосведомленности об аналогичных случаях в строительной практике

Ценным материалом для предупреждения дефектов и аварий являются регистрация, технический анализ и систематизация дефектов, включая отбор различных поврежденных образцов и деталей конструкций, прошедших длительные испытания в условиях эксплуатации сооружений

В книге рассматриваются наиболее характерные дефекты и часто повторяющиеся ошибки в строительстве

Приведенные примеры из практики строительства и рекомендуемые методы устранения дефектов позволят принимать правильные решения по их предупреждению в конструкциях и сооружениях.

I. КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕФЕКТОВ

1. Виды дефектов и причины их возникновения

Дефекты и аварии в конструкциях, зданиях и сооружениях вызываются различными причинами: недостатками инженерно-геологических изысканий, проектирования, выбора территории для строительства; старением и недолговечностью строительных материалов; низким качеством строительно-монтажных работ; плохим уходом за конструкциями и сооружениями в процессе их эксплуатации.

Дефекты конструкций и сооружений подразделяются на несколько категорий.

К одной из них относятся видимые и скрытые недостатки, которые снижают прочность материалов и несущую способность конструкций. Эта категория дефектов при развитии деформаций через некоторое время может вызвать разрушение конструкций или отдельных участков здания и служить причиной аварий.

Такого рода дефекты могут встречаться в конструкциях и зданиях, находящихся в строительстве, в выстроенных сооружениях или в зданиях, находящихся длительное время в эксплуатации.

Если по результатам обследований устанавливается ненадежность конструкций, в первую очередь проводят временные охранные мероприятия: ограждение участка здания, установку стоек, связей, распоров и креплений, засыпку пазух, отвод талых, дождевых и промышленных вод; разгрузку перекрытий и при необходимости временное крепление конструкций с выводом из опасной зоны людей.

После выполнения охранных мероприятий, когда уже исключена возможность обрушения, приступают к усилению ослабленных конструкций; заменяют и перекла-

дывают отдельные элементы; устраивают железобетонные, металлические или смешанные обоймы, которые выполняются в металле и бетоне; подводят фундаменты; вводят дополнительное армирование элементов; устраивают протезы в деревянных конструкциях; проводят искусственное оттаивание зданий при выполнении работ в зимнее время; выполняют зачеканку и замоноличивание швов, стыков в сопряжениях элементов; устанавливают дополнительные связи; осуществляют бетонирование монолитных вкладышей и др.

К другой категории дефектов относят частичные ослабления конструкций, которые не вызывают нарушения их устойчивости и не угрожают целостности зданий и сооружений, но со временем могут привести к снижению несущей способности.

Незначительные на первый взгляд изъяны, своевременно не устраненные, могут прогрессировать и в конечном счете служить причиной полного разрушения конструкций. Это, например, глубокие раковины и пустоты в железобетонных конструкциях; прогибы настилов; развитие трещин в конструкциях; длительное увлажнение металлических и деревянных конструкций, скрытых для осмотра; коррозия металла; смещение арматуры в железобетонных конструкциях; недостатки в опираниях элементов; просадка и вымывание грунта из-под фундаментов.

К дефектам и недостаткам, снижающим прочность и эксплуатационные качества конструкций и вызывающих повышенные расходы на ремонт зданий и сооружений, относятся:

1) протечки через кровли и стыки; проникание грунтовых и талых вод в подвальные помещения; низкие теплотехнические качества ограждающих конструкций; повышенная звукопроводность; зыбкость полов, лестничных маршей и перекрытий; старение отделки зданий;

2) переустройство зданий без учета фактических нагрузок на данные конструкции, пробивка сводов, стен, перекрытий, перемычек, вырезки тяжей; подкопы и выемки грунта из-под фундаментов; увлажнение, подмачивание и вымывание грунта; увлажнение несущих конструкций при порче системы отопления; протечки, вызванные отсутствием профилактического ремонта кровель, внутренних водостоков, стилобатов, швов, примыканий, трапов, соединений; разрушение стен, карнизов, балко-

нов, металлических остекленных фонарей, связей с систематическим попаданием в них талых и дождевых вод.

По влиянию на качество отделки, прочность, надежность и устойчивость сооружений дефекты в зависимости от степени нарушения конструкций можно разделить на следующие виды:

1) неровности, каверны, поры, изъяны, раковины, пустоты, необработанные рабочие швы, околы, сколы, трещины, рыхловатость структуры бетона и раствора, пористость, различие в цвете бетона, наплывы, нарушение линейно-угловой строгости и формы конструкций, оголение металла;

2) низкое качество и нарушения в отделке поверхностей внутренних и внешних стен, перекрытий и полов;

3) деформации и повреждения конструкций;

4) разрушения конструкций и отдельных частей зданий и сооружений;

5) аварии зданий и сооружений;

6) катастрофы и крушения сооружений.

Неровности на поверхности бетона и раствора являются результатом нарушения лицевой пленки нестроганой и шероховатой поверхностью деревянной и металлической опалубки, всплытия и выделения граней щебня и гравия на поверхности конструкции, нарушения горизонтальных и вертикальных линий изделия. Этот наиболее распространенный вид брака в строительстве снижает качество внутренней и наружной отделки помещений, приводит к быстрому загрязнению и шелушению поверхности, образованию отрывов на побелке стен и потолков и требует очень раннего после ввода в эксплуатацию ремонта.

Каверны и поры на поверхности конструкций возникают вследствие вовлечения воздушных пузырьков в бетон и раствор, вмятин или выступов нестроганой опалубки, скопления при вибрировании наиболее жидкой части цементного теста и раствора на поверхности конструкций, усадки смеси при повышенных и резких температурных режимах обработки бетона, рябоватости и неоднородности структуры. Поры могут также появляться при бетонировании конструкций в металлической опалубке из-за отсутствия отсоса влаги и недостаточного уплотнения смеси.

Изъяны — это небольшие углубления в бетоне, недостаточный защитный слой, обнажение арматуры, ко-

торые вызывают на поверхности бетона ржавые пятна и потеки на фасадах; различные механические повреждения, возникающие при изготовлении, транспортировании или монтаже конструкций.

Раковины — разновидность дефекта, встречающаяся довольно часто. Раковины могут быть поверхностные, глубинные и сквозные; одиночные или семейство раковин.

Образование раковин вызывается обычно следующими причинами: технологическими — несоблюдение правил подбора состава бетона, расслоение бетонной смеси при длительном транспортировании, неправильная укладка и уплотнение смеси; конструктивными — насыщенность конструкций и узлов гибкой и жесткой арматурой, малый защитный слой, оголение металла, сложное скопление закладных металлических деталей в сопряжениях элементов конструкций.

Пустоты. Если раковины в бетоне рассматриваются как разновидность скопления слабосцементированного гравия, щебня или крупного песка, разобщенных между собой при полном отсутствии раствора в местах контакта, то пустоты в железобетонных конструкциях представляют собой участки, где образуются полости неопределенных размеров при полном отсутствии бетона. Пустоты чаще всего возникают в конструкциях, насыщенных жесткой и гибкой арматурой, в местах скопления и пересечения закладных деталей, при бетонировании тонкостенных конструкций, обетонировании колонн с жесткой арматурой, заполнении бетоном асбестоцементных и металлических колонн, при недостаточном уплотнении, зависании бетона в бетонируемых конструкциях, а также при сложном профиле примыканий элементов друг к другу.

Кроме того, такие дефекты встречаются в нижних частях колонн, балок и прогонов на участках различной длины с обнажением арматуры на опорах и узлах примыкания балок, в прогонах, бункерах, ядрах жесткости, в сопряжениях монолитных железобетонных стен с днищами.

Необработанные рабочие швы и разрывы в бетонируемых конструкциях встречаются довольно часто в монолитных железобетонных конструкциях.

Хорошо подготовленный и обработанный рабочий шов, возникший в результате перерыва в бетонирова-

нии, обеспечивает хорошее сцепление с новым бетоном. Недостаточная подготовка поверхности снижает качество сцепления бетона, вызывает коррозию арматуры, фильтрацию грунтовых вод, снижение прочности и монолитности конструкций.

К общим недостаткам нужно отнести грубые и случайные обрывы рабочих швов без устройства организованных вертикальных выгородок в установленном проектом производства работ порядке; расплыв бетона в бетонируемой конструкции; скопление рыхлых прослоек и посторонних включений илистых налетов, строительного мусора, опилок, древесины. При вынужденных перерывах в бетонировании в зимних условиях в рабочих швах обнаруживают прослойки рубероида и шлаковаты и другой утепляющий и защитный материал, который используется для предохранения бетона от замерзания. По недосмотру рабочих и технического персонала при возобновлении работ временно уложенный материал не удаляется. Рабочий шов с прослойками посторонних материалов снижает монолитность конструкций, возникает необходимость в удалении из швов случайных материалов.

Сколы в бетоне чаще всего возникают от механических повреждений при распалубке недостаточно окрепшего бетона, транспортировании, складировании или монтаже конструкций Они встречаются в эксплуатируемых промышленных сооружениях при креплении к конструкциям технологического оборудования, трубопроводов. Сколы защитного слоя появляются, но значительно реже, при коррозии металла в конструкциях. В этом случае через пористый бетон или недостаточный защитный слой проникает влага, вызывающая коррозию металла, продукты которой, увеличиваясь в объеме, приводят к сколу бетона в углах колонн и к образованию продольных трещин вдоль арматуры в балках. В углах колонн возможны сколы и при повышенных размерах защитного слоя.

Своеобразные сколы бетона можно наблюдать в колоннах со сферическими опорами. Эти сколы проходят вдоль стержней в нижних и верхних краях опор, возникают при монтаже и в процессе сварки, выверки и особенно при оттяжке колонн, когда они уже сварены между собой.

Из-за плохого армирования или смещения арматуры

могут появиться сколы бетона в консолях колонн и подстропильных балках.

При тушении огня во время пожаров напорной струей воды лицевой слой бетона отпадает в виде лещадок разной величины, как бы выпучивается. При простукивании поврежденного бетона прослушивается типичный глухой звук, свидетельствующий о нарушении монолитности бетона. Чем продолжительнее воздействие огня, тем глубже слой нарушенного бетона. В тонкостенных конструкциях сколы обнаруживают уже через 10—20 *мин*, при этом изменяются цвет, объемный вес, плотность и прочность бетона.

Трещины. Любые трещины должны быть освидетельствованы для установления причин возникновения, характера развития, допущенных пределов раскрытия, при этом сопоставляют их с аналогичными типичными трещинами в подобных ранее обследованных конструкциях, а также определяют влияние трещин на прочность, устойчивость и несущую способность конструкций.

Рыхловатость структуры встречается при замораживании бетона в раннем возрасте. Если бетон не прошел необходимой тепловой обработки в начальный период твердения, он при оттепелях способен впитывать талую и дождевую воду, которая при последующем замораживании делает его структуру еще более рыхлой. Многократное повторение процессов оттаивания и замораживания бетона и раствора приводит к полному или частичному разрушению структуры материала. Поверхностное шелушение бетона сопровождается отделением лицевого слоя до 1—3 *мм*, при более интенсивном нарушении отслаивается бетон на глубину 4—7 *см* и арматура обнажается В колоннах, подколонниках, фундаментах нарушение и распад поверхностного слоя при неблагоприятных условиях твердения бетона на морозе распространяется на глубину 10—30 *см*.

В тонкостенных конструкциях бетон разрушается в поле плиты на полную толщину; разрыхление и скол ребер наблюдается в плитах, косоурах, балках, несущих железобетонных перегородках и поясах.

Признаками подобных разрушений бетона является нарушение сцепления крупного заполнителя с раствором, набухание и «пучение» бетона, отделение лещадок, частичная или полная потеря бетоном механической прочности.

Деформации и повреждения, возникающие в сооружениях, указывают на неблагоприятное состояние и отказ в работе отдельных конструкций. Каждая деформация должна быть оценена с точки зрения прочности, устойчивости, несущей способности конструкций по результатам испытаний материалов, производственных наблюдений, актам на скрытые работы, геодезическим съемкам и натурным инструментальным замерам.

При потере прочности или снижении несущей способности конструкции должны быть оценены как предаварийные, при этом разрабатываются и осуществляются первоочередные охранные мероприятия, обеспечивающие безопасность эксплуатации.

Разрушения, связанные с полной потерей прочности и несущей способности конструкций, сопровождаются перекосами и разрывами соединительных элементов, обвалами и падениями элементов сооружений.

При разрушении и падении конструкций необходимо приостановить эксплуатацию здания в зоне повреждений и оградить смежные участки.

Деформации, как и разрушения, могут быть вызваны ударными, вибрационными и другими динамическими и внезапными нагрузками, упущениями в расчетах и армировании, использованием некачественных материалов, нарушениями тепловой обработки бетона и технологии монтажа, разнородностью по прочности, упругости и жесткости используемых материалов, потерей прочности основания, подкопами под фундаменты.

Аварии зданий и сооружений — это внезапные разрушения и обвалы, сопровождающиеся полным или частичным обрушением конструкций или отдельных частей зданий и сооружений, причиняющие большие потери; могут сопровождаться травмами и жертвами.

При авариях конструкции, обрушившиеся на одном участке, могут вызвать потерю устойчивости и на других участках здания. Анализ многих аварий показывает, как часто повторяются одни и те же ошибки из-за неосведомленности строителей и проектировщиков об аналогичных авариях. Каждая авария проходит некоторые закономерные последовательные стадии: ослабление, перенапряжение, потеря устойчивости, внезапное разрушение конструкций.

Катастрофами называют внезапные разрушения зданий и сооружений, вызванные стихийными бедствия-

ми — оползневыми явлениями, наводнениями, землетрясениями, ураганами, взрывами и др.

Если при авариях подвергаются разрушению отдельные участки зданий и сооружений, то при катастрофах может быть разрушен одновременно ряд зданий, сооружений и даже районов.

2. Методика обследования конструкций и сооружений

В процессе строительства или эксплуатации может возникнуть необходимость в обследованиях конструкций или здания в целом для установления прочности материалов, теплотехнических, звукоизоляционных и других качеств, безопасности работы конструкций.

Основанием для обследований служат плановые проверки сооружений, конструкций, переоборудование или переустройство зданий, требования специальных комиссий, юридических органов, Госархстройконтроля, проектных, строительных и жилищно-коммунальных организаций, жильцов (жалобы на отдельные недостатки).

В состав натурных обследований входят:

1) определение состояния отдельных конструкций, узлов или здания;

2) оценка физико-механических качеств материалов, отобранных непосредственно из сооружений, качество выполненных работ, сопоставление полученных результатов с проектными требованиями и начальным состоянием;

3) наблюдения за конструкциями во времени, проверка выполнения ранее выданных рекомендаций по устранению дефектов;

4) установление степени износа материалов и конструкций, а также условий для проживания — наличие сырости, повышенной влажности, протечек, внешней и межквартирной звукопроводности, зыбкости полов, вибрации и др Состояние конструкций может быть проверено с целью получения от научной организации письменного заключения о благополучном их состоянии либо при расхождении во мнениях специалистов и организаций по вопросам надежности отдельных конструкций.

В заключении, составленном по материалам обследования, должно быть охарактеризовано состояние освидетельствованных конструкций, степень их надежности при дальнейшей эксплуатации; установлены режимы и

условия работы материала, отступления от действующих ГОСТов, проектных решений, недостатки в выполнении строительно-монтажных работ; фиксируются также наличие ослабления, повреждения или аварийности конструкций; степень поражения бетона и металла от действия огня (при пожарах), химических реагентов, глубина коррозии металла, поражения древесины грибковыми заболеваниями; нарушения прочности кирпичных стен, столбов, пилястр, сводов, простенков, оснований; прочность и надежность опираний сборных элементов зданий.

Отобранные из конструкций образцы проходят необходимые лабораторные испытания, анализы и исследования. Результаты испытаний прилагаются к заключению

В заключении приводятся рекомендации по устранению дефектов. Рабочие чертежи усиления конструкций разрабатываются проектной организацией, осуществляющей авторский надзор за строительством, исходя из данных обследований.

В зависимости от состояния конструкций проводятся охранные, конструктивные или организационные мероприятия.

Охранные мероприятия. При обрушениях конструкций и завалах участков сооружений выполняют в первую очередь следующие работы: ограждение здания; осмотр смежных участков, расположенных в непосредственной близости от поврежденных; составление рабочей схемы проекта организации разборки завалов; установление временных охранных связей, распоров, стоек; закладка проемов.

После разборки и укрепления конструкций в зоне обрушения проводят вторичное обследование всех элементов, выполняя необходимые вскрытия, инструментальные измерения, зарисовку и фотографирование в первоначальном состоянии и в процессе выполнения отдельных вскрытий.

Конструктивные мероприятия разрабатываются после получения всех данных обследования с характеристикой развития или стабилизации деформаций.

В тех случаях, когда выявляются опасные для несущей способности прогибы плит, сколы опор, срезы кирпичных пилястр, деформации колонн, выпучивания подпорных или отдельно стоящих стен, в подвальных частях или коллекторах, принимают меры по упрочнению этих

конструкций. Конструктивные мероприятия должны выполняться в кратчайший срок.

Предварительные мероприятия включают лабораторные подборы составов и рецептур бетонных смесей для данных условий, расчистку трещин, удаление налетов коррозии, обработку сопряжений старого бетона, кладки, металла для соединения с новыми элементами, удаление налетов пыли, грязи, цементной пленки.

Работы по усилению должны выполняться в полном соответствии с выданными проектной организацией рабочими чертежами и рекомендациями лаборатории.

При выполнении отдельных операций по усилению конструкций могут потребоваться уточнения в связи с более точным определением размеров подготовленных участков, состояния трещин, положения отдельных стержней арматурной стали, развития глубоких раковин в железобетоне, пустот в кладке и сопряжениях элементов и др. Зафиксированные данные в процессе окончательной подготовки конструкций к заделке или усилению заносятся на исполнительную схему.

Отобранные пробы и зафиксированный материал хранятся в архивах и стендах лаборатории, конструкторских бюро и строительных организациях, выполняющих эти работы.

3. Оценка степени надежности

При обследовании на основании анализа и по совокупности полученных материалов устанавливается степень надежности конструкций при данных условиях их работы в сооружениях.

Под надежностью продукции в промышленности обычно принято называть безотказную работу изделий в заданных условиях и на протяжении заданного времени.

В строительстве, поскольку надежность связана с полной безопасностью эксплуатации сооружений, это понятие охватывает неизменяемость несущей способности, устойчивости и прочности в течение длительного срока службы строительных материалов и несущих конструкций зданий и сооружений. Нарушенные либо ослабленные по тем или иным причинам конструкции после соответствующего усиления могут быть признаны надежными для дальнейшей эксплуатации.

В зависимости от характера дефектов несущие кон-

струкции по надежности могут быть условно подразделены на три категории.

К первой категории относятся ненадежные и опасные для строительства и эксплуатации конструкции, требующие до выполнения основных мер по усилению, замене или разборке, организации наблюдения за сооружениями с ограничением загрузки конструкций.

К таким конструкциям могут быть отнесены:

1) балки и фермы, имеющие повышенные прогибы, разрушения в опорах, отступления в армировании, хладоломкость металла, низкое качество бетона, дефекты в сварке, развитые трещины;

2) плиты, настилы, несущие перегородки, козырьки, балконные плиты, обладающие сверхдопустимыми прогибами, трещинами, смещениями в армировании, незначительным опиранием, низкой прочностью бетона;

3) железобетонные колонны, пояса, ростверки, консоли, имеющие повышенные эксцентриситеты, низкую прочность бетона, смещения рабочих стержней и горизонтальных сеток в опорах, вертикальные трещины, нарушение монолитности бетона, разрывы в стыках колонн с балками с полным оголением закладных деталей.

Кроме того, к этой категории относятся конструкции, в которых отмечаются следующие недостатки:

1) несоответствующие по прочности требованиям проекта кирпич в кирпичных столбах, пилястрах и простенках, отклонения в эксцентриситетах, трещины, срезы кладки, неравномерное оттаивание раствора в швах каменных конструкций и полносборных зданий, низкое качество раствора и потеря способности к набору прочности раствора в теплое время года;

2) коррозия металла и бетона в балконных плитах, козырьках, карнизах и деталях архитектурного оформления;

3) повышенные наметы в штукатурке потолков, слабое сцепление штукатурки с основанием, низкое качество раствора, коррозия металлических сеток, недостаточное сцепление штукатурного намета с металлической сеткой и дранкой;

4) нарушения в облицовке фасадов керамическими плитками и блоками — появление выколов, срезов облицовки в тычковых рядах, расслоение неморозостойкой керамической облицовки;

5) разрушения фундаментов и несущих перегородок,

выполненных из кирпича и блоков, в результате промораживания водонасыщенных глинистых, суглинистых и илистых грунтов, провалов и просадок грунтов, вымывания, выноса и оползания его; потеря прочности деревянных свай и грунта, служащего основанием фундаментов, смещения фундаментов при боковом давлении;

6) коррозия арматуры, металлоконструкций, закладных и других скрытых для осмотра деталей, подвергающихся периодическому увлажнению; потеря прочности металла от химического или электрохимического взаимодействия с внешней средой;

7) полная или частичная потеря механической прочности деревянных конструкций, разрушение или повреждение древесины дереворазрушающими грибками и насекомыми.

Ко второй категории надежности конструкций могут быть отнесены дефекты их, которые не изменяют устойчивости, но могут развиваться во времени и служить причиной нарушения Такие конструкции требуют наблюдения за ними до полной стабилизации деформаций.

К третьей категории относятся конструкции с дефектами, связанными с низким качеством отделки помещений и фасадов зданий, промерзаемостью и промоканием стен и стыков, высокой звукопроводностью конструкций.

4. Учет и систематизация дефектов

Дефекты, деформации и аварии конструкций и сооружений фиксируются в виде 1) описаний, иллюстраций, схем и показателей прочности; 2) отбора и коллекционирования наиболее типичных натурных образцов, материалов, элементов конструкций; 3) сбора информационного материала, характеризующего состояние конструкций и сооружений, прошедших эксплуатационную проверку и получивших те или иные нарушения или изменения по сравнению с первоначальным состоянием.

В описаниях дефектов, деформаций и аварий приводятся натурные инструментальные замеры положения нарушенных конструкций или участков поврежденного здания, отражаются отклонения в положении закладных деталей и арматуры от проектных размеров; характер развития трещин, их раскрытие; положение опор, сдвиги и смещение конструкций; глубина просадок и обрушение котлованов и траншей, состояние фундаментов; физико-

механические качества и изменения свойств материалов; нарушения конструкций, кладки, бетона, металла, древесины, раствора, грунта; данные поверочных расчетов с указанием степени надежности конструкций. Приводится также динамика обрушения с указанием дат начала и конца строительства, нарушения конструкций и причин, повлекших за собой деформации или разрушения материалов.

Иллюстративный материал — фотографии и детальные рабочие схемы и зарисовки — должны фиксировать состояние нарушения до разборки завалов или перемещения конструкций и материалов. Это позволяет наиболее достоверно установить причины нарушения конструкций, сделать объективные выводы. Кроме того, такой материал необходим для экспертизы.

На фотографиях, детальных рабочих схемах и зарисовках дается общий вид объекта; более рельефно и в большем масштабе — детали участков, узлов, повреждений, структуры материала сразу же после обрушения.

Все фотографии представляются размером 13×18 *см*. Они подбираются по темам и наклеиваются по два вида на листы ватмана размером 20×30 *см*. Под каждой фотографией делается надпись, в которой указывается наименование объекта, время строительства, дата съемки и нарушения конструкций, характеристика, основные размеры и показатели материала и последовательность развития нарушения во времени. При обычных обследованиях фиксируются также наиболее типичные для данного случая изменения.

По мере вскрытия следует фиксировать характерные и скрытые явления в исследуемых конструкции и материале. На фотографиях должно быть показано и восстановление конструкции до полного завершения работ.

На схемах того же формата размером 20×30 *см* наносятся планы, разрезы конструкций и объекта с приведением более подробных сведений, характеристик, инструментальных замеров состояния дефекта, показывается последовательное выполнение операции по усилению конструкций и исполнительные схемы выполненных работ со ссылкой на соответствующие акты и заключения.

Исследуемая прочность подтверждается показателями физико-механических испытаний материалов и проб, отбираемых непосредственно из конструкций зданий и сооружений.

В результатах испытаний материалов, прошедших длительную проверку временем, кроме наименования объекта, конструкции, времени строительства должны отражаться также внешние особенности материала, среда, климатические условия, размеры нарушений и основные показатели качества.

На строительстве необходимо постоянно осуществлять контроль за качеством поступающих материалов и их соответствием паспортным данным: кирпичом, раствором, бетоном, цементом, металлом, щебнем, песком, древесиной, рулонными и отделочными материалами. Фактическая прочность, полученная при лабораторных испытаниях, сравнивается с данными заводских паспортов.

После статистической обработки результатов испытаний устанавливается закономерность роста или снижения прочности материалов по месяцам и годам, выпускаемых предприятием и заводом. Результаты испытаний направляются в строительные, проектные организации и заводам-поставщикам.

При неудовлетворительном качестве материалов строительные организации должны их отбраковывать, предъявлять рекламации поставщикам и не допускать использования материалов, не отвечающих требованиям ГОСТов и проекта.

Проектные организации при применении материалов с пониженной прочностью должны учитывать в расчетах фактические показатели прочности.

5. Отбор и хранение образцов

Для изучения поведения материалов и конструкций во времени и получения сравнительных характеристик эксплуатационных качеств строительных материалов и их долговечности проводят отбор и коллекционирование образцов строительных материалов и элементов конструкций, выдержавших длительное испытание, эксплуатировавшихся в определенной среде или потерявших первоначальную прочность, структуру и вид под воздействием химической коррозии, несовместимости свойств материалов, выщелачивания, неморозостойкости и других явлений, нарушающих прочность и стойкость материалов.

Образцы должны отбираться при плановых обследованиях конструкций и сооружений, исследованиях каче-

ства материалов, при авариях, ремонте и реконструкции зданий.

Изучение и сравнивание отобранных образцов облегчает решение задач при обследовании конструкций, выборе методов устранения дефектов, прогнозировании прочности для данных материалов и конструкций, эксплуатируемых в определенных условиях.

Образцы, взятые из конструкций в натурных условиях, наглядно характеризуют прочность, структуру, причины, понижающие качество и вызывающие старение материала, являются более убедительным свидетельством, чем специально поставленные эксперименты.

Критерием для выбора материалов в возводимых зданиях и сроков их службы могут быть показатели качества в отобранных образцах, ранее использовавшихся в аналогичных сооружениях

Образцы группируются по видам строительных материалов и конструктивным элементам, каждый из них должен иметь следующую характеристику: наименование конструкций, объект, время строительства и отбора пробы и испытания, прочность, агрессивность среды, влажность и температурные условия, сила ветра, место расположения конструкции.

Пробы бетона небольших размеров отбираются непосредственно из обследуемых конструкций: колонн, ригелей, плит, балок, фундаментов, перемычек, несущих перегородок, дорожных плит, бордюрного камня и др.

На отобранном образце обязательно должна быть лицевая сторона бетона, по которой определяются фактура, защитный слой, вид применявшейся опалубки, наличие пор, выветриваемость, по сколотой части устанавливается характеристика щебня или гравия, его крупность, загрязненность, примерная прочность, водопоглощаемость, распределение щебня в бетоне, крупность песка, сцепление щебня с цементным камнем, наличие посторонних включений, вязкость, хрупкость. К образцу прилагается соответствующая бирка с краткой характеристикой пробы.

Исследование пробы завершается оценкой прочности бетона. Имеющиеся сведения о времени бетонирования и условиях выдерживания бетона отражаются в описании образца. Образцы группируются по конструктивным элементам, а внутри группы — по прочности и годам изготовления.

При каждом новом обследовании отобранный образец сравнивается с аналогичными образцами ранее обследованных конструкций. По показателям качества и прочности бетон определяется как высокопрочный, прочный, неудовлетворительной и низкой прочности, бетон на кирпичном, известняковом, гранитном щебне или гравии, на мелком или крупном песке, крупном щебне или гравии.

Группировка таких образцов позволяет установить эталон бетона по прочности и качеству.

Иллюстративный материал и образцы строительных материалов должны дополнять друг друга и давать исчерпывающую информацию о показателях качества и прочности конструкций, причинах аварий и допущенных ошибках в строительстве.

II. ДЕФЕКТЫ В ОСНОВАНИЯХ, ФУНДАМЕНТАХ И ПОДЗЕМНЫХ ЧАСТЯХ СООРУЖЕНИЙ

1. Состояние оснований и фундаментов в старых зданиях и сооружениях

Прочности, устойчивости и неизменяемости оснований сооружений всегда придавалось большое значение. Еще в далекой древности для упрочнения слабых грунтов, служащих основаниями сооружений, во всех странах мира широко использовались деревянные сваи и колья.

При строительстве здания ратуши в Амстердаме (1655 г.) в болотистый грунт было забито более 30 тыс. деревянных кольев.

Большое внимание всегда уделялось качеству древесины и ее обработке для свай. В V в. при строительстве Венеции для упрочнения грунта применялись сваи из лиственницы; их было забито в грунт более 400 тыс. Произведенные в 1827 г. обследования показали, что древесина свай находится в исключительно хорошем состоянии, она как бы окаменела.

Тентори, автор двенадцатитомной истории Венеции, вышедшей около двухсот лет назад, о надежности свайных оснований писал: «... Благополучие населения Венеции обеспечивается всемирной торговлей и прочностью свайных сооружений города на островах — пермскими карагаями».

Глубина заложения фундаментов, отдельно стоящих опор и столбов, выбор материалов и методы упрочнения оснований устанавливаются в соответствии с местом заложения здания, его капитальностью и состоянием грунтов.

Однако иногда в массивных фундаментах с большой глубиной заложения кладка выполнялась без необходимой перевязки и на весьма слабых вяжущих и глинистых растворах. Повреждения кладки фундаментов и ослабление ее монолитности и прочности наблюдались там, где создавались неблагоприятные условия для оснований — постоянное увлажнение, производство подземных работ вблизи зданий и др. Многие здания возводились на фундаментах, заглубленных только на 40—60 *см* от уровня земли, а при соответствующих благоприятных гидрогеологических условиях закладывались непосредственно на поверхности с удалением растительного слоя и заменой его песчаной подушкой толщиной 25—30 *см*.

Деформации оснований во многих старых капитальных зданиях, продолжающиеся в течение многих лет без затухания осадок, угрожают устойчивости этих зданий.

Например, наклон такого уникального сооружения, как известная башня в г. Пизе (Италия), продолжается много веков. Фундаменты башни были заложены в 1173 г. В 1817 г. ее отклонение от вертикали достигало 4 *м* 18 *см* при высоте 54,5 *м* и весе 14,5 тыс. *т*. В настоящее время величина наклона башни достигла 4 *м* 80 *см*.

Несмотря на большой интерес, проявляемый со стороны ученых и инженеров многих стран к этому сооружению, удовлетворительных и эффективных методов укрепления основания, которые предотвратили бы дальнейшее отклонение башни от вертикали, до сих пор не найдено.

Усиление оснований и фундаментов в старых, а также в частично и полностью возведенных зданиях и сооружениях требует весьма трудоемких работ.

Почти каждая подводка фундаментов вызывает развитие новых деформаций в наземных частях зданий, которые в свою очередь нуждаются в укреплении, возникает к тому же необходимость в отделке помещений.

Проектировщикам и строителям из-за отсутствия полноценных данных о состоянии грунтов и других факторов, оказывающих влияние на динамику развития осадки, не всегда удается выбрать оптимальное решение. Часто

принимаются чрезмерно громоздкие укрепления оснований и фундаментов, влекущие за собой излишние и неоправданные затраты средств.

2. Причины дефектности оснований и фундаментов

В современном строительстве, когда капитальность и этажность зданий и сооружений неизменно возрастают, вопрос об устойчивости и прочности оснований и фундаментов требует особого внимания проектировщиков и строителей.

В городских условиях часто приходится закладывать новые здания на месте старых ветхих, в густо заселенных районах, на территориях с насыпными и разнородными грунтами большой мощности, которые в свое время упрочнялись доступными средствами. Следует поэтому не только предусмотреть необходимую прочность оснований возводимого здания, но и не допустить нарушения оснований и фундаментов соседних зданий, расположенных в непосредственной близости от места строительства.

Только всесторонняя, заблаговременная проверка качества грунта, правильно выбранное и подготовленное основание могут обеспечить прочность и долговечность фундаментов.

Отсутствие необходимых данных об инженерно-геологических изысканиях и тщательных проверках в натуре, о состоянии грунтов в открытых котлованах до закладки фундаментов является источником многих неясностей и разноречивых мнений при выяснении причин нарушения конструкций в связи с просадками грунтов.

К наиболее часто встречающимся причинам просадок грунтов, неравномерных осадок фундаментов, подтапливания подвальных частей зданий можно отнести:

1) недоучет качества и несущей способности материковых и насыпных грунтов, неполноценность инженерно-геологических изысканий участков, выбранных для строительства, возможность расположения под фундаментами, на некоторой глубине от отметок заложения, торфяных, илистых и других прослоек, а также неоднородных грунтов с органическими примесями, сжимающимися под нагрузками и подвергающимися разложению;

2) нарушения оснований в вырытых котлованах, вызванные механическими повреждениями при разработке

грунта экскаваторами; промораживание, переувлажнение и затапливание котлованов, в течение длительного времени находящихся до закладки фундаментов открытыми;

3) использование в нарушение существующих требований в качестве оснований насыпных песчаных и других грунтов без необходимого послойного уплотнения; попадание снега, наледи, посторонних включений и комьев замерзшего грунта;

4) изменения физико-механических свойств грунтов при подъеме или понижении уровня грунтовых вод и гидрогеологических условий при благоустройстве территории в данном районе, отводе подземных вод в систему коллекторов;

5) нарушения грунтов под фундаментами при производстве подземных работ, откачке и понижении уровня грунтовых вод вблизи существующих зданий и сооружений, вынос грунта при недостаточном креплении откосов траншей и котлованов шпунтовыми ограждениями;

6) вымывание, унос и разжижение грунтов при порче подземных водопроводных, канализационных и других систем;

7) просадки и обвалы, вызванные вибрацией и ударами, при разработке грунта тяжелыми падающими приспособлениями, забивке свай и шпунтовых ограждений вблизи зданий;

8) недоучет особенностей строительства в районах распространения вечномерзлых и микропористых грунтов.

3. Водонепроницаемость бетона

Нередко на строительстве вода и другие жидкости могут просачиваться через бетон и кладку в резервуарах и подземных сооружениях различного назначения. Устранение фильтрации грунтовых и других вод в построенных и эксплуатируемых сооружениях — процесс весьма трудоемкий, особенно при условиях, когда в результате установки оборудования, перегородок, дверных проемов участки фильтрации оказываются скрытыми для осмотра. Из-за подтапливаемости некоторых подземных помещений может быть задержан ввод в эксплуатацию сооружений, технологически связанных между собой.

В подвальных помещениях, где размещаются котельные установки, кондиционеры, лифтовые приямки, насосные и хранятся товары и другие материальные ценности, приходится устанавливать насосы для постоянной откачки воды.

Протечки в подвальных помещениях и резервуарах вызываются неправильным выбором конструктивных решений, материалов для ограждающих конструкций и некачественной укладкой бетона.

Для наружных стен подвалов, находящихся под постоянным подпором грунтовых вод, иногда используются кирпичная и бутовая кладки, бетонные стеновые блоки, в которых с внешней стороны применена рулонная гидроизоляция. Такие конструкции со множеством швов не обеспечивают водонепроницаемости стен и примыканий. Гидроизоляция из рулонных материалов, заглубленная в землю, служит недолго.

В железобетонных резервуарах жидкость может просачиваться через раковины, неплотности, примыкания конструкций днища к стенам, в местах крепления закладных деталей и патрубков, при попадании в бетон деревянных распорок и стоек и наличии различных прослоек в бетоне.

Плотно уложенный бетон представляет собой практически непроницаемый материал для воды, нефтепродуктов, вина и других жидкостей. Водонепроницаемость бетона подтверждается многолетней эксплуатацией железобетонных трубопроводов, кораблей, яхт, выполненных из армоцемента, железобетонных резервуаров для питьевой воды, различных шламовых и других отстойников для горячей воды.

Некоторые строители склонны считать, что бетон пропускает воду. Однако нельзя отождествлять два различных понятия — проницаемость и протекаемость бетона. Вода может проникать через бетон, как уже говорилось, только через раковины и другие изъяны, допущенные при небрежной укладке бетона, в результате неправильного или недостаточного уплотнения и ухода за бетоном в конструкциях.

Так, железобетонная водопроводная башня емкостью 465 $м^3$ для резервной воды экспериментального завода эксплуатируется с 1924 г. Несмотря на незначительную толщину стенок, фильтрации воды через бетон не наблюдается.

Резервуар покоится на шести железобетонных колоннах сечением 40×60 *см*, раскрепленных в двух уровнях железобетонными балками. Глубина резервуара у боковой поверхности 5,4 *м*, в середине 4,5 *м*; расстояние между железобетонным шатром и емкостью 48 *см*. Толщина стенок шатра 25 *см*, резервуара для воды вверху 12, внизу 18 *см*; днище выпуклое толщиной 18 *см*. Некоторые повреждения бетона вызваны нарушением режима эксплуатации — замерзанием воды, попадавшей при переливах в пространство между шатром и емкостью. Это приводило к повреждению бетона в шатре.

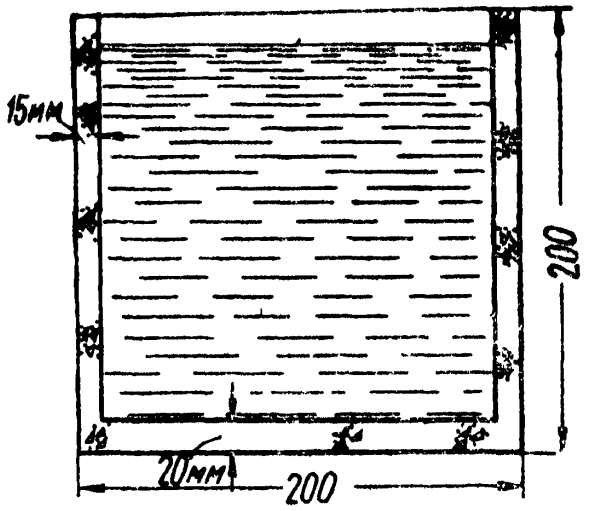


Рис. 1. Модель резервуара для воды, изготовленная из цементного раствора

Для исследования водонепроницаемости бетона в лабораторных условиях производились длительные наблюдения за моделями, заполненными водой (рис. 1). Модели изготовлялись из цементного раствора состава 1:2 и 1:3 на портландцементе марки 400 и песке с модулем крупности 2,6 двух типов: размером 20×20×20 *см*, при толщине стенок 15 и 20 *мм*, днища 20 *мм* и цилиндрические диаметром 13 *см*, высотой 45 *см* при толщине стенок и днища 20 *мм*. Некоторые из них армировались тканой металлической сеткой. Другая партия образцов из тех же материалов приготовлялась с добавкой 2,5—5% (от веса цемента) алюмината натрия.

Проверка плотности производилась заполнением резервуаров водой через семь суток после изготовления.

Стенки и днище резервуаров, изготовленных из раствора без химических добавок, оказались абсолютно водонепроницаемы. На наружных поверхностях резервуаров, заполненных водой, не обнаруживалось даже отсыревания. По мере испарения подливали воду до принятого уровня (рис. 2). В указанных резервуарах, наполненных водой в течение более семи лет, с внешних сторон признаков протечек или потемнения от просачивания воды обнаружено не было.

В отдельных моделях допускали полное испарение воды и выдерживали их в течение 10—25 и более суток.

Затем резервуары вновь на длительное время заполняли водой, при этих условиях обеспечивалась полная их водонепроницаемость.

Стенки моделей, изготовленных из раствора с добавкой алюмината натрия, при тех же режимах заполнения водой и выдерживания оказывались постоянно влажными от капиллярного просачивания воды. Процесс испа-

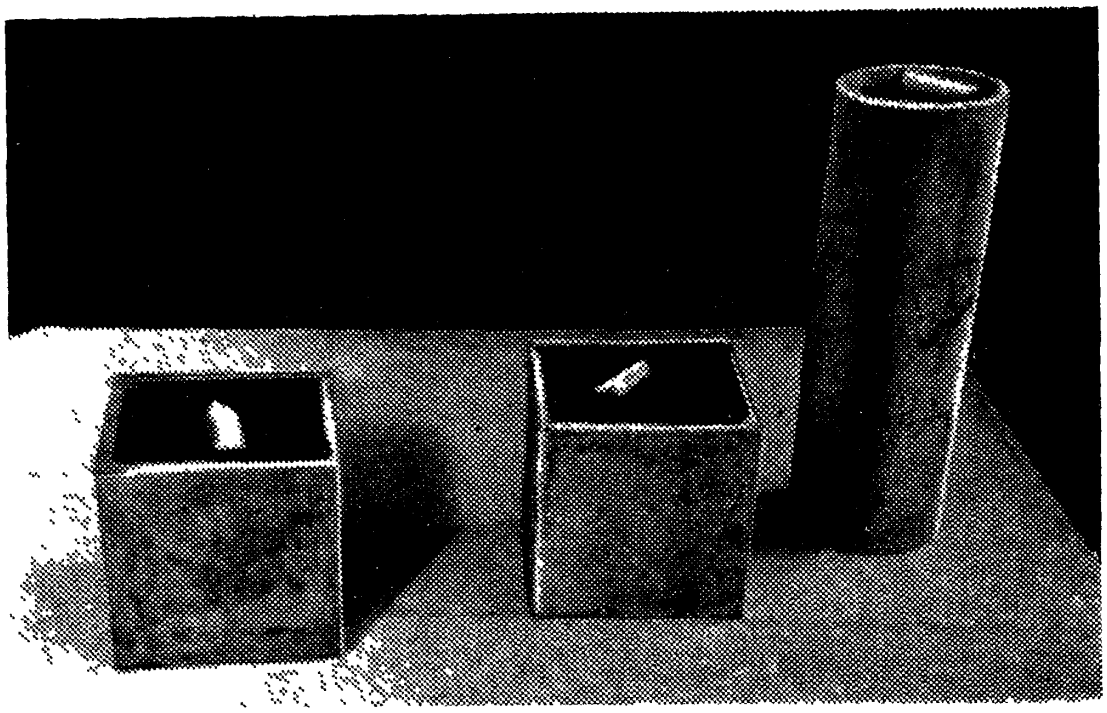


Рис. 2. Длительные испытания на просачиваемость воды через тонкостенные резервуары

рения воды через стенки протекал быстрее в 4—6 раз, чем в резервуарах, изготовленных из раствора без добавок алюмината натрия.

4. Способы усиления фундаментов

Усиление бутовых фундаментов

В Москве за многовековое ее существование построены различные каменные здания, техника возведения и архитектурный облик которых менялись с течением времени. Многие из этих зданий и сооружений представляют собой непревзойденные по ценности памятники древнего зодчества. Они находятся под охраной государства.

В бутовых фундаментах старых зданий встречаются пустоты и неплотности в каменных забросках. При воз-

ведении таких фундаментов производилась грубая укладка разнородного по форме, размерам и прочности камня, битого щебня и обломков различных плит и кирпича, оставшихся после разборки ранее существовавших зданий и пожарищ. За лицевым рядом забутовка часто производилась бессистемно, пустоты не заполнялись известковым раствором или глиняным тестом.

Большинство фундаментов в результате воздействия неблагоприятных гидрогеологических условий, порчи деревянных свай, выполнения подземных работ, прокладки трубопроводов, тоннелей, изменения планировки территории, проникания дождевых и талых вод подверглись значительным повреждениям — образовались трещины, переломы одного участка фундамента относительно другого, слабые известковые и глиняные растворы были вымыты, отдельные камни выпали из плоскости кладки.

Ослабление фундаментов старых зданий происходит при строительстве в непосредственной близости от них новых зданий, фундаменты которых заглублены больше. Некоторое ослабление фундаментов вызывает также пробивка их для вводов коммуникаций без соответствующей заделки и укрепления пробитых отверстий.

Нарушение прочности фундаментов неизбежно приводит к появлению трещин в стенах, перемычках и кирпичных сводах. Нарушаются даже фундаменты, которые имели достаточно высокую плотную и монолитную кладку.

В зависимости от характера развития деформаций принимают решения по усилению фундаментов. Наиболее часто используют подводку под фундаменты, устройство обойм, цементацию кладки и частично оснований, установка столбов и крепление балками.

Нельзя приступать к выполнению работ по цементации трещин в наземных частях сооружений до тех пор, пока не будут устранены дефекты в основании и фундаментах.

Практика показала, что наиболее радикальным способом усиления нарушенных и ослабленных бутовых и кирпичных фундаментов является устройство одно- или двусторонних бетонных рубашек с последующим инъецированием раствора в кладку фундаментов через оболочку рубашки.

Для выполнения такого рода работ отрывают траншею вдоль намечаемого к усилению участка фундамен-

та до отметки его заложения. В зависимости от длины здания и степени нарушения конструкций грунт отрывают на участках длиной 2—6 *м* при ширине траншеи 70—100 *см*.

Перед бетонированием полностью очищают поверхность кладки от грунта; недопустимо при этом применение напорной струи воды и увлажнение грунта. Длительное увлажнение камня, кирпича и раствора, в особенности слабых известняковых пород, приводит к интенсивному разрушению кладки.

Кладку нужно просушить; наиболее благоприятна естественная сушка с активным проветриванием подвальных помещений в местах, где фундамент открыт.

После просушки в развитых пустотах кладки устанавливают инъекционные трубки и с поверхности заделывают их раствором. Бурить отверстия не следует, так как можно попасть в плотную кладку и доступ раствора в тело фундамента приостановится. Противоположный конец трубок выводят вдоль стены вверх, за пределы фундамента, выше намечаемого уровня бетонирования на 40—50 *см*.

При устройстве обоймы производят подчеканку под фундамент на глубину 20—30 *см* с каждой стороны, заполняя неровности и ниши в самом фундаменте. Для лучшего сцепления бетонируемого участка со старым фундаментом делают углубления в кладке, удаляют слабые камни, заполняя эти выемки затем бетоном. С этой же целью в швы кладки фундамента забивают отрезки арматурной стали диаметром 20—32 *мм*.

Подчеканку под фундамент, заполнение выемок и шпонок в кладке производят пластичной бетонной смесью. Установка штырей и последующее инъецирование пустот внутри фундамента обеспечивают его монолитность.

Бетонная обойма предохраняет фундамент от увлажнения, подмыва, вымывания и разжижения раствора.

Бетонирование производят при глубине заложения фундамента 1,6—2 *м* по высоте в два-три приема с перерывами между ними не менее 1—2 суток. После полного заполнения подготовленной выемки вдоль фундамента под давлением производят цементацию кладки. Раствор нагнетают последовательно в каждую трубку, повторяя этот процесс несколько раз до полного «отказа». Под отказом принято считать момент, когда прекращается по-

глощение кладкой водоцементной смеси, резко повышается давление (по показаниям манометра) и трубка заполняется спрессовавшимся цементным тестом.

По окончании работ выступающие над уровнем земли трубки срезаются заподлицо с фундаментом. При бетонировании предусматривается уширение контрфорса в соотношениях 1 : 0,5; 1 : 1; 1 : 1,5 к высоте фундамента.

В случаях, не предусматривающих устройства обоймы, для установки трубок вырывают в разных местах по длине фундамента небольшие шурфы. В кладке фундамента таким же способом, как и при устройстве обоймы, закрепляют трубки, а шурфы засыпают грунтом с послойным его уплотнением.

После приобретения раствором прочности не менее 25 *кГ/см*^{2} приступают к инъекции. В данных условиях экраном, защищающим раствор от вытекания, служит грунт. Часть раствора может попадать в образовавшиеся в грунте пустоты, вызванные уносом или просадками оснований. Такое заполнение пустот может оказаться только полезным.

Если наблюдаются значительные утечки раствора, инъецирование нужно производить с перерывами. Это позволит затвердеть раствору, а при последующем нагнетании проходные каналы от наслоения раствора будут суживаться, пока совсем не закупорятся; дальнейшая утечка раствора вне зоны инъекции прекратится. Повторное нагнетание смеси в другие трубки позволит заполнить пустоты уже в самой кладке.

Здание Дома Союзов (б. здание Благородного собрания) впервые появилось на генеральном плане Москвы в 1775 г., впоследствии оно переделывалось арх. М. Ф. Казаковым в 1781 и 1793—1801 гг. В 1812 г. деревянные конструкции здания сгорели. Восстановительные работы проводились арх. А. Н. Бокаревым в 1814 г.; в этом же году был надстроен еще один этаж и изменены фасады. В таком виде здание сохранилось до наших дней.

Перестройки и надстройки не могли не сказаться на устойчивости оснований и фундаментов, которые при этом не перестраивались и не усиливались.

Грунты в основании подошвы фундамента представляют собой мелкие и средние пески со щебнем, разным мусором и органическими включениями. Фундаменты заглублены на 2,7—2,9 *м*. С лицевой стороны они выложены из тесаного бутового камня; внутри забутованы

камнем неправильной формы с кирпичом. В качестве вяжущего использован известковый раствор, прочность которого в натуре в увлажненном состоянии не превышает 4—6 *кГ/см*². Для кладки фундамента использован также жирный глиняный раствор, который находился в состоянии большой влажности и вязкости.

Обнажение фундамента по всей длине позволило произвести детальное обследование состояния кладки на усиливаемом участке. От длительного увлажнения раствор утратил свои свойства, в результате на разных участках произошло выпучивание и выпадение отдельных камней, местами образовались просадки с продольными широкими трещинами, частично заиленными грунтом. Все это явилось следствием размыва основания вешними водами, неисправности системы отопления и спуска воды из нее в грунт.

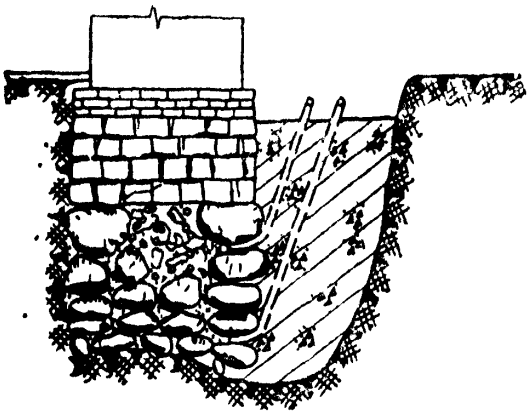


Рис 3. Усиление нарушенного фундамента

Причинами разрушения отдельных участков кладки были засорение водостоков и подтапливание фундаментов. Появление трещин в наземных частях здания могло быть также вызвано строительством здания Совета Министров (1932—1934 гг.), метрополитена на Пушкинской ул. (1935—1937 гг.), общим понижением уровня грунтовых вод и изменением благоустройства территории.

Опыт показал, что такие фундаменты наиболее целесообразно усиливать одно- или двусторонней обоймой, заглубленной до уровня заложения основных фундаментов, с последующим инъецированием старой кладки (рис. 3).

Подводка фундаментов

В основаниях под зданиями, где встречаются слабые грунты, утратившие первоначальную несущую способность, и наблюдается процесс распада грунта, прибегают к подводке фундаментов. Это сложная в инженерном отношении работа, она требует точности и осторожности. Работы выполняют опытные рабочие и технический персонал высокой квалификации.

Подводку обычно выполняют небольшими заданными проектом участками, в определенной последовательности. Этот процесс распадается на несколько операций, следующих одна за другой: 1) устройство траншей вдоль фундамента и крепление грунта; 2) удаление слабого грунта из-под фундамента; 3) крепление фундамента путем подводки под него деревянных или стальных стоек; 4) устройство опалубки с боковых и поперечных сторон, ограничивающих захватку; 5) бетонирование подготовленного участка; 6) зачеканка сопряжений между старыми и новыми участками фундамента; 7) инъецирование зазоров после усадки бетона.

Обязательным требованием при подводке фундаментов является удаление грунта, потревоженного в основании фундамента. Грунт нарушается достаточно глубоко при выемке его из котлована, хождении рабочих и креплении стоек. Для уплотнения основания в грунт втрамбовывают щебень. Глубина погружения щебня 5—7 *см*. Осуществляется также проливка уложенного щебня жидким цементным раствором. Эти меры полностью обеспечивают обжатие и закрепление грунта и исключают осадку.

При бетонировании верх нового фундамента не доводят до старого на 15—20 *см*. После того как бетон приобретет прочность 75—100 *кГ/см*^{2}, производят подчеканку зазора. Эта работа не всегда выполняется с той необходимой тщательностью, которая требуется для создания плотного контакта между кладкой и новым фундаментом. Правда, при большой ширине фундамента не всегда удается протолкнуть бетон равномерно по всей сопрягаемой поверхности. Кроме того, фундамент имеет неровности, которые затрудняют продвижение смеси. Отсутствие плотного контакта может также привести к возрастающим деформациям в стенах. Работа считается законченной и хорошо выполненной только тогда, когда обеспечивается полное заполнение зазора бетоном или раствором (рис. 4).

По опыту работы на многих объектах после выполнения зачеканки раствор нагнетают через установленные трубки. Они перфорируются по длине заделки, диаметр отверстий принимается 4—6 *мм*; расстояние между ними 5—7 *см*. После полной зачеканки зазоров приступают к инъецированию.

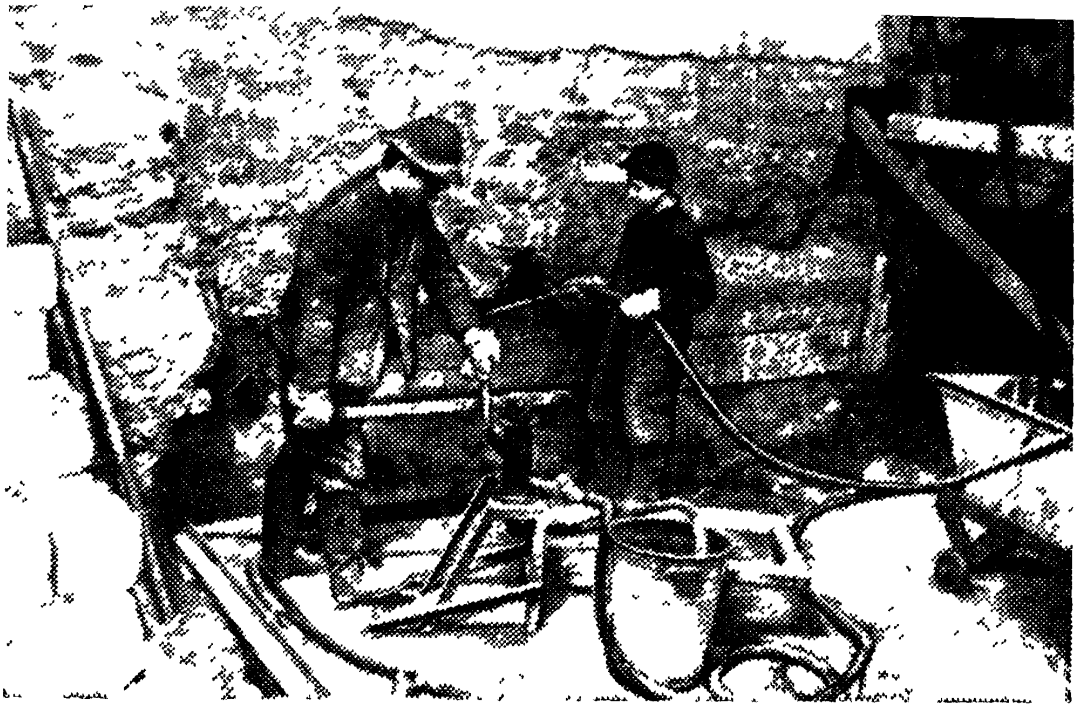


Рис. 4. Зачеканка и инъецирование стыка фундамента со стеной

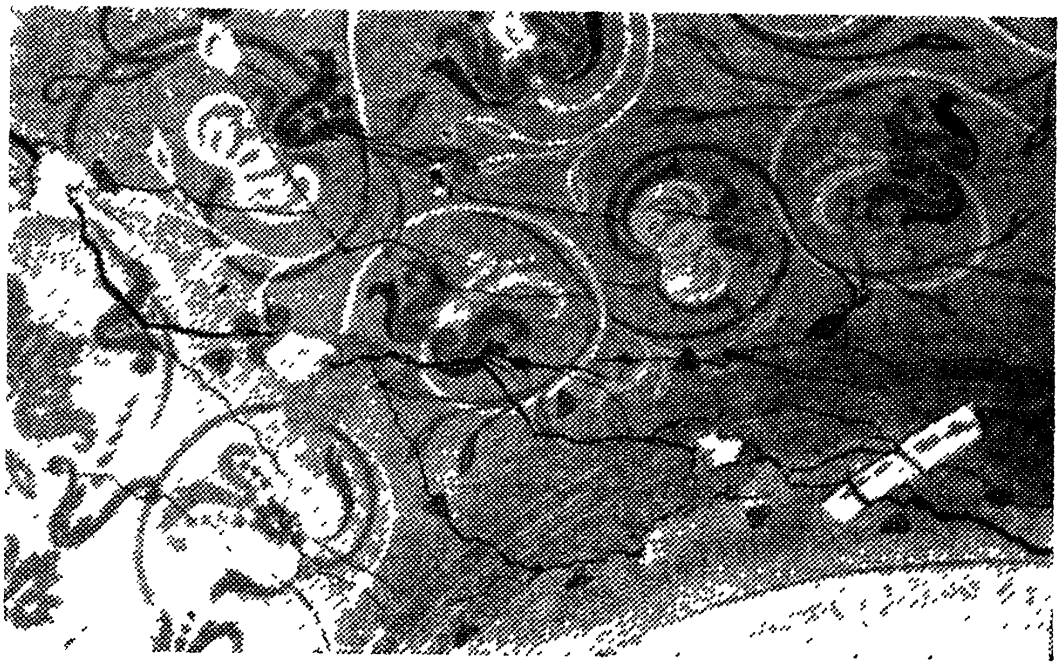


Рис. 5. Трещины в кирпичных сводах, образовавшиеся при подводке фундамента

Даже при тщательном выполнении работ по зачеканке зазоров в процессе инъецирования водоцементная смесь может проникать в стык. Часть раствора поднимается вверх, попадает в пустоты кладки и распространяется внутри нее, одновременно заполняя все неплотности между уложенным бетоном и старым фундаментом.

В процессе подводки в стенах наземной части сооружения обычно развиваются старые и появляются новые трещины (рис. 5).

Трещины в кладке заделываются раствором, а затем инъецируются.

По объему поглощаемой смеси устанавливают размеры пустот в кладке. Нужно следить за движением смеси в кладке и определять вероятные места вытекания раствора в соседних стенках и помещениях.

Интересные работы по подводке фундаментов выполнялись в церкви Двенадцати апостолов в Кремле, где в настоящее время размещается музей.

Под кирпичной стеной толщиной 3 и 3,5 *м*, выполненной из разноразмерного кирпича с плотным заполнением швов известковым раствором, начинался бутовый фундамент. Непосредственно под стеной проходила прослойка толщиной 30 *см*; с внешней стороны она состояла из обтесанного известнякового камня, ниже ее располагался выравнивающий слой из раствора без щебня толщиной 5—6 *см*. Основная часть фундамента имела глубину 1,5—1,6 *м*, затем следовал слой насыпного грунта глубиной 1,2—1,5 *м* с включениями костей, перегнившей щепы, домашней утвари; еще ниже находился сухой мелкозернистый песок.

В бутовом фундаменте вперемежку с кирпичом попадались известняковый камень, щебень твердых изверженных пород и битый кирпич. Основные слои уложенной кладки чередовались с прослойками пролитого по фундаменту раствора.

В насыпном грунте темного цвета находились забитые при строительстве короткие дубовые свайки диаметром 15—17 *см*, которые своим острием заглублялись на 10—15 *см* в песчаный грунт или только касались его.

Насыпной грунт с органическими включениями превратился в черную весьма плотную вязкую однородную смолянистую массу без признаков продолжения процессов гниения. Дубовые сваи в этом грунте находились в хорошем состоянии. В отдельных шурфах на глубине 4 *м* от существующей поверхности попадались остатки срубов жилищ. С поверхности древесина, хотя и почернела, но после сделанного скола на 5—7 *см* было обнаружено, что ее первоначальный цвет почти не изменился.

В отдельных местах древесина свай полностью исчезла, по очерченному сверху рисунку окружности можно

было только предполагать, что в этом месте некогда находилась деревянная свая: внутри древесина полностью утратила свои качества и превратилась в такую же массу, как окружающий ее грунт. Точно такое же полное исчезновение свай наблюдалось и в других местах.

При подводке фундамента не связанная раствором кладка осыпалась, отдельные камни выпали.

Работы по подводке всего фундамента продолжались около двух лет. По периметру здания были сделаны 24 отдельные подводки, каждая длиной 2—2,5 *м*. По окончании бетонирования производилась подчеканка оставленных пространств на возможно доступную глубину.

Процесс инъецирования заключался в последовательно повторяющихся нагнетаниях в одну и ту же скважину. Во все установленные трубки было заинъецировано 12 $м^3$ водоцементной смеси состава 1 : 1,5 (*В* : *Ц*). Деформации, вызванные неравномерными осадками и перераспределениями нагрузок, потребовали заделки трещин.

Нет почти таких каменных зданий или протяженных стен, где бы полностью отсутствовали трещины. Появление трещин в зданиях не всегда требует упрочнения фундаментов или выполнения других работ.

Задача экспертизы состоит в оценке характера их развития и определении возможности возникновения серьезных нарушений конструкций здания.

В одном из пятиэтажных зданий, возведенном в 1900 г., появились отдельные трещины; лишь одна из них носила развитый характер.

Наибольшие раскрытия наблюдались на пятом-четвертом этажах с постепенным и полным затуханием их на первом этаже.

По данным первоначального обследования и составленному проекту было намечено выполнить подводку под ленточные фундаменты. Глубина их заложения от уровня пола первого этажа составила 7,25—8,1 *м*; толщина стен 72 *см* на пятом этаже, 87 *см* на втором, 115 *см* на первом и 119 *см* в подвале. Расчетное давление на грунт 1,5—4 $кГ/см^2$. В подвальной части здания трещин или других нарушений фундамента обнаружено не было.

Копка траншей глубиной более 8 *м* вдоль здания и выемка грунта из-под фундамента на глубину 1,7 *м*, как это намечалось проектом, хотя и небольшими участка-

ми, но при крайне стесненных условиях работ вызвали бы появление новых трещин.

Детальные обследования позволили признать нецелесообразным выполнение работ по подводке фундаментов. Ограничились только усилением двух простенков и заполнением трещин раствором. Дальнейшие наблюдения за состоянием конструкций позволили установить, что после ремонта и окраски фасадов трещины не появлялись.

Усиление железобетонных фундаментов

Характерными дефектами в монолитных, и в первую очередь ступенчатых, фундаментах являются глубокие швы, образующиеся при вынужденных перерывах в бетонировании, создающие своего рода горизонтальную разрезку фундаментов на несколько частей, не связанных между собой (рис. 6). Этот недостаток, как правило, появляется при производстве работ в зимнее время.

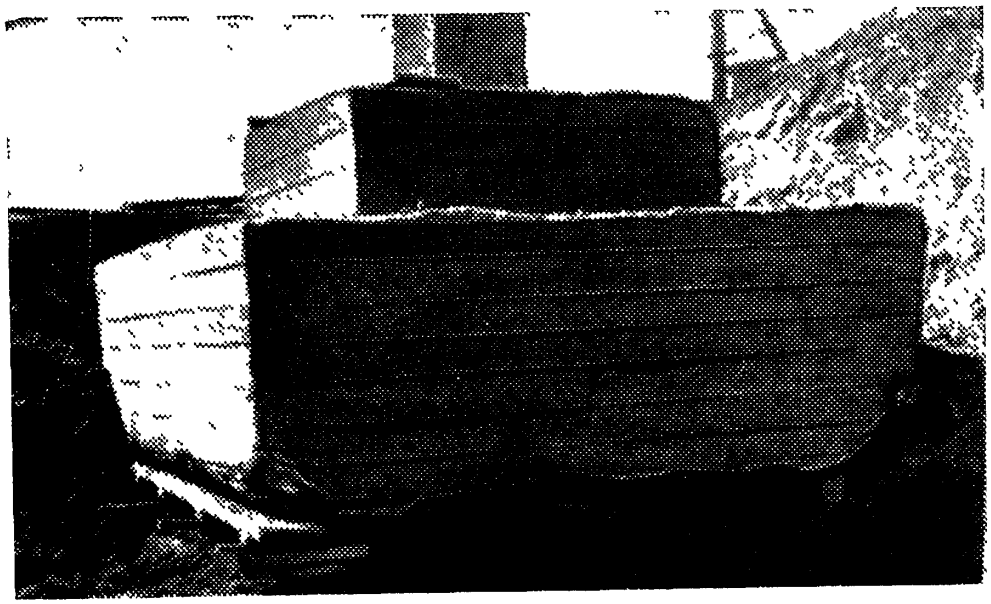


Рис. 6. Глубокий разрыв в ступенчатом фундаменте

При длительных перерывах в бетонировании поверхности заносятся снегом, который при оттаивании и заморозках уплотняется. Удалить смерзшуюся с арматурной сеткой и бетоном наледь можно лишь путем обогрева фундаментов острым паром, тепловыми калориферами и другими теплонагревательными приборами. Если эта работа по тем или другим причинам своевременно не выполнена, образуются глубокие швы. Поло-

жение еще более усугубляется, если эти щели заполняются при паводках наносным грунтом.

Прежде чем приступить к устранению подобных дефектов, необходимо хорошо промыть швы напорной струей воды и затем заполнить щели цементным раствором.

Эта несложная работа должна выполняться в определенной последовательности:

1) освобождают шов от ила и грязи;

2) устанавливают трубки, концы которых доводят до середины фундамента; на каждый сквозной шов закрепляют по две трубки;

3) заделывают швы цементным раствором состава 1 : 3 со всех доступных сторон фундамента на максимальную глубину;

4) нагнетают раствор через установленные трубки.

Другим видом дефектов в массивных фундаментах являются внутренние пустоты. Причиной их возникновения может быть недостаточное уплотнение бетона при выгрузке его из автосамосвалов или бадей непосредственно в конструкции. В результате в местах скопления арматуры или пересечения каркасов образуются отдельные или связанные между собой раковины. Они также возникают при расслоении смеси и при неправильном подборе состава бетона.

Внутренние раковины обычно сообщаются между собой и в отдельных местах выходят на наружную поверхность. Через наиболее развитые раковины производят нагнетание раствора.

Появление раковин или неплотностей в бетоне с обнажением арматуры указывает на неблагополучное состояние конструкций.

В подземных сооружениях плотность бетона своеобразно контролируется подпором грунтовой воды. Места, где она просачивается, свидетельствуют, что плотность бетона недостаточна.

Известен случай, когда в основании фундаментов под оборудование компрессорных установок был уложен пористый бетон. Из-за большого количества раковин по требованию заказчика монтаж технологического оборудования был приостановлен.

В нескольких массивных фундаментах, связанных между собой, были обнаружены отдельные и групповые раковины, некоторые из них были замазаны раствором.

По контрольной закачке раствора в отдельные скважины можно было установить, что внутри фундамента имеются довольно объемные пустоты. Последующие работы показали, что радиус распространения смеси в бетоне довольно большой, он устанавливался по вытеканию раствора в разных участках фундамента, отстоящих от места закачки на 1,5—4 *м*.

Объем заинъецированной смеси в каждый фундамент приводится в табл. 1.

Таблица 1

№ фундамента	Количество установленных трубок	Объем заинъецированной смеси в *л*	Объем бетона в фундаменте в $м^3$	Радиус распространения в *м*
1	8	85	24	—
2	12	102	32	0,8
3	15	170	17	4
4	14	100	48	2,7
5	4	93	40	1,3
6	18	202	62	3,5

При нагнетании раствора нужно вести наблюдения за соседними конструкциями и сопряжениями элементов. По сообщающимся ходам возможно попадание раствора в пустоты настилов, анкерные колодцы, подземные помещения и пустоты, имеющиеся в грунте вблизи фундамента.

Так, в одном из старых зданий производилось нагнетание водоцементной смеси в трещины наружных массивных кирпичных стен. Спустя двадцать лет при разборке этого здания, на месте которого намечалось новое строительство, случайно удалось обнаружить остатки разрушенных деревянных свай с отвердевшим инъекционным раствором большой прочности. Раствор при нагнетании проник через сообщающиеся в стенах трещины и пустоты в фундамент и далее в грунт и разрушенные от времени сваи.

Даже при незначительном давлении раствор, если он не встречает препятствий, распространяется на 15—25 *м*.

При нагнетании в трубку, установленную в месте примыкания днища к стенам тоннеля, раствор начал вытекать из незначительной по размерам раковины, от-

стоявшей от места нагнетания по горизонтали на 12 *м* и по вертикали на 1,5 *м*. Раствор при этом вытекал из отверстия синхронно с нагнетанием его в тело бетона.

При инъекции пустот в кладке стен, облицованных семищелевыми камнями, раствор начал вытекать в месте крепления радиаторов, установленных в комнате. В других простенках вытекание раствора наблюдалось в подвальном помещении на расстоянии 4 *м* от места установки трубки, через которую производилось нагнетание.

Радиус распределения смеси устанавливался по потемнению от насыщения влагой поверхности бетона и его отсыреванию.

III. ДЕФЕКТЫ В КАМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

1. Виды дефектов каменных конструкций

Конструкции, выполненные в камне и кирпиче в старых зданиях, считаются наиболее долговечными. При неблагоприятных условиях — длительном увлажнении материала кладки с попеременным замораживанием и оттаиванием, переустройстве помещений без учета особенностей комплексной работы конструкций, пробивке сводов и стен, удалении тяжей и других креплений, перегрузке конструкций в связи с новыми требованиями, предъявляемыми к зданиям,— возникают деформации и разрушения.

Ослабление конструкций и постепенное их разрушение могут быть вызваны и другими причинами. Например, в зарубежной прессе появились сообщения, что древнейшему шедевру греческой архитектуры Парфенону на Акрополе угрожает опасность быть полностью разрушенным «под действием влаги, атмосферных явлений, сотрясений, вызываемых полетами сверхзвуковых самолетов, и от заводских газов». Разрушаются также ступени и плиты полов миллионами туристов. От коррозии металлических креплений, установленных в начале века, в деформированных конструкциях подвергается разрушению кладка.

В современных зданиях могут встретиться и другие дефекты — нарушение фасадной облицовки, потеря

прочности кирпича, конструктивные недостатки, выявленные при эксплуатации зданий. Нарушения в каменных конструкциях редко сводятся к дефектам лишь отдельных мест, как правило, они взаимно связаны между собой.

Нарушение на одном участке часто вызывает деформации на других и может потребовать усиления всего здания. Это в особенности касается тех конструкций, которые ослабляются из-за нарушений оснований и фундаментов.

К наиболее характерным дефектам в каменных конструкциях можно отнести:

1) низкую прочность кирпича и раствора;

2) продуваемость стен при некачественном выполнении кладки;

3) ослабление кладки из-за нарушения перевязки, утолщения швов, забутовки стен и простенков кирпичным боем;

4) конструктивные недостатки и недоучет в совместной работе различных по жесткости и загруженности каменных материалов, например: керамической облицовки в сочетании с кладкой из силикатного кирпича, облицовки из силикатного кирпича с кладкой из пустотных блоков; продольных стен, несущих двойную нагрузку по отношению к незагруженным торцовым стенам;

5) использование каменных материалов не по назначению, например силикатного кирпича для зданий с повышенной влажностью (бани, пропарочные камеры, молокозаводы и другие предприятия с повышенным влагообменом);

6) некачественная перевязка пилястр со стенами;

7) ослабления кирпичных столбов и простенков в местах опираний перемычек балок и ригелей;

8) деформации в стенах, связанные с промерзаемостью грунта;

9) внешние нарушения кладки стен при выщелачивании, шелушении, отпадании облицовки, неморозостойкости материалов;

10) комплекс нарушений, связанных с производством работ, выполняемых в зимнее время.

Некоторые из перечисленных дефектов и каждый в отдельности или в сочетании с другими являлись причиной обрушения конструкций и аварий зданий.

2. Дефекты в кирпичных стенах

Такого рода дефекты можно наблюдать в каменных конструкциях здания, построенного в 1958 г. по типовому проекту. В 1968 г. обнаружился весьма существенный дефект в простенках над третьим этажом со стороны торцовых стен этого здания. Кладка простенков

Рис. 7. Обрушение облицовки простенка, выполненного из силикатного кирпича

выполнялась из семищелевых блоков в $1^1/_2$ кирпича, снаружи она облицовывалась силикатным кирпичом. Через каждые пять рядов облицовка перевязывалась с основной кладкой двумя тычковыми рядами.

В течение некоторого времени теплофикационный стояк, примыкающий к этому простенку, пропускал воду. Этот изъян в трубопроводе не был своевременно устранен. Кирпич в кладке насыщался водой, а при замерзании постепенно разрушался. Силикатный кирпич, особенно чувствительный к увлажнению и замерзанию, начал интенсивно разрушаться. Изменения, которые происходили в кирпиче на фасаде, не привлекали внимания технической службы. Лишь после обрушения облицовки, выполненной из силикатного кирпича, со всего простенка были приняты меры по обеспечению безопасности — установлены охранные стойки и выполнено ограждение участка (рис. 7).

При обрушении облицовки обнажились кладка стены и остатки тычковых рядов из силикатного кирпича, перевязанных с основной кладкой. Кладка простенка выполнена без необходимой перевязки с утолщением горизонтальных швов до 3 *см*. Все это создало критические условия для работы конструкций. На всех этажах были установлены деревянные стойки, после чего пришлось вновь выполнить и усилить нарушенные простенки.

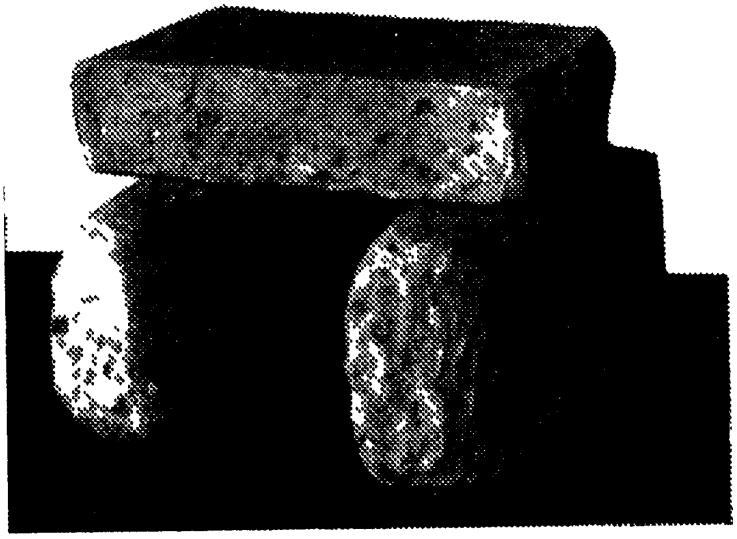


Рис. 8. Разрушенный силикатный кирпич, отобранный из кладки стен

При перевязке двух разнородных по свойствам материалов почти во всех простенках в обследуемом и других домах этой серии появились трещины в кладке продольных и торцовых стен. В результате увлажнения облицовки на фасаде обнаружились следы выщелачивания и отпадения отдельных лещадок; значительная часть кирпича потеряла механическую прочность.

Обследования зданий и производственных помещений, облицованных силикатным кирпичом или полностью выполненных из этого кирпича, показали, что в помещениях с повышенной влажностью и мокрыми процессами разрушение стен обнаруживается на второй год эксплуатации. Оно сопровождается потерей формы кирпича, закруглением его граней, отпадением лещадок, осыпанием материала (рис. 8).

Разрушенные участки стен приходится обычно полностью разбирать и закладывать заново обыкновенным красным кирпичом. Особенно подвержены разрушению карнизы, пояски и стены вдоль водосточных труб, где чаще всего из-за порчи кровли увлажняется кладка.

Силикатный кирпич, как показали наблюдения, подвергается интенсивному выветриванию. В недостроенном перед Великой Отечественной войной здании театра, выложенном из силикатного кирпича, стены толщиной 38 *см*, ограждающие боковые стороны сцены, в

значительной мере утратили первоначальную прочность, а кирпич потерял форму.

В кирпичной кладке было обнаружено применение раствора, приготовленного на шлаковом песке удовлетворительной прочности (25—40 *кГ/см*^{2}) и весьма низкой прочности (2—6 *кГ/см*^{2}). От выветривания на глубину 2—4 *см* оголились швы, легко выбирался раствор из швов кладки. Лицевая сторона кладки приобрела пористую, ноздреватую структуру.

При реконструкции такую кладку следовало разобрать, но к моменту обследования стен и проведения лабораторных испытаний кирпича и раствора поверх стены был уже уложен монолитный железобетонный пояс и были смонтированы фермы. При создавшемся положении стену на участке длиной 8 *м* и высотой 3,7 *м* пришлось заключить в железобетонную обойму, в которой в качестве арматуры использовался профильный металл из швеллеров, стянутых болтами, и арматурная сетка.

3. Продуваемость через швы в кладке стен

Не заполненные раствором швы в кладке стен могут и не оказать влияния на прочность конструкций, но такой недостаток при ограниченной толщине стен снижает эксплуатационные качества здания и ухудшает условия проживания в нем. Устранение дефектов такого рода всегда сопряжено с выполнением больших работ по утеплению стен.

Продуваемость стен вследствие неудовлетворительно выполненной кладки встречается в практике строительства довольно часто. Значительное охлаждение помещений по этой причине наблюдалось в жилом пятиэтажном доме, построенном в 1952—1954 гг.

Стены в жилых комнатах были облицованы листами сухой штукатурки. В отдельных комнатах зимой температура понижалась до 10—12° С, при этом следов отсыревания на поверхности стен или в местах примыкания перекрытий к кирпичной кладке не наблюдалось. Проверкой установлено, что на фасадных стенах не выполнена расшивка швов кирпичной кладки, швы не заполнены раствором на глубину до 30 *см* и более. После того как листы сухой штукатурки были сняты, обнаружились просветы в вертикальных швах шириной до 12 *мм*. Зазо-

ры по периметру оконных блоков были проконопачены неудовлетворительно, что способствовало еще большему охлаждению помещений.

Во многих местах по фасадам часть стены со стороны балконов оштукатуривалась слоем цементного раствора толщиной 2—2,5 *см*. В комнатах, обращенных к оштукатуренным стенам, температура воздуха повышалась до 20° С, а в комнатах, где наружные стены не оштукатуривались, температура воздуха снижалась до 7° С.

Для снижения воздухопроницаемости и утечки тепла через неудовлетворительно выполненную кладку стены должны оштукатуриваться. Если это по каким-либо причинам не может быть выполнено со стороны фасада, необходимо в комнатах с большой воздухопроницаемостью с внутренней поверхности наружных стен снять листы сухой штукатурки и затем оштукатурить поверхность стен известково-цементным раствором с одновременной заделкой швов в кладке. Следует также плотно законопатить обнаруженные пустоты по периметру оконных блоков.

Охлаждение квартир в кирпичных зданиях наблюдается и как следствие некачественого уплотнения температурно-осадочных швов.

В одном из кирпичных пятиэтажных жилых домов постоянно поступали жалобы жильцов на охлаждение квартир. В некоторых квартирах зимой температура резко снижалась, в других она не превышала 17—18° С. На пятом этаже в квартире, примыкающей к температурно-осадочному шву, температура воздуха снижалась до 12° С.

Произведенные обследования показали, что шов шириной 6 *см* заполнен канатным жгутом только с поверхности и не по всей толщине. За пределами этой заделки шов оказался пустым; в других местах жгут выпал и повис на стене. Этот недостаток и послужил причиной охлаждения комнат, которые примыкали к температурно-осадочному шву.

Заделка на всю глубину шва просмоленной паклей и обмазка его с поверхности тиоколовым герметиком полностью исключила охлаждение помещений.

В некоторых старых кирпичных зданиях причинами появления сырости в период, когда еще не начат или уже кончается отопительный сезон, бывает значительное

количество межквартирных перегородок, нарушение воздухообмена из-за неотрегулированности действующей системы отопления и недостаточного обогревания лестничных клеток.

Покрытие стен масляной краской на всю высоту и нерегулярное проветривание помещений нарушает воздухообмен, способствует образованию сырости и отпотеванию стен. Кроме того, масляная краска выделяет вредные пары.

Здание, в котором наблюдались перечисленные дефекты, было построено в 1914 г. Ширина стен по произведенным замерам составляет в двух нижних этажах 90 *см*, монолитность стен создана полным заполнением швов под залив.

В плане реконструкции предусматривается полное переустройство таких зданий с учетом современных санитарно-гигиенических норм и с внутренней перепланировкой, рассчитанной на устройство отдельных квартир.

4. Трещины в сопряжениях стен

Со своеобразными трещинами приходится встречаться в выстроенных и эксплуатируемых кирпичных пятиэтажных многосекционных домах типовой серии I-511. Наружные стены этих домов выполнены из красного обыкновенного кирпича или семищелевых керамических камней; фасады облицованы лицевыми камнями. Толщина наружных стен 51 *см*; внутренней средней продольной стены 38 *см*, обычно она выкладывается из силикатного кирпича. В стене расположены вентиляционные каналы. Плиты перекрытий типа НУ-59-12 и НУ-59-10 опираются на наружные и внутренние продольные стены.

Трещины в таких домах обычно появляются в примыканиях средней продольной стены к торцовым. Реже они проходят строго по примыканию вертикально либо отклоняются под углом 15—30° и развиваются в средней стене. Ширина трещин колеблется от 10 до 25 *мм*, отдельные из них достигают 40—60 *мм*.

Трещины, как правило, сквозные и распространяются во всех этажах неравномерно. В верхних этажах раскрытие трещин больше, чем в нижних. Во многих домах трещины проходят в примыкании стен, затем под углом переходят на среднюю стену и далее распространяются

в поперечном направлении между крайней и второй плитой по русту заделки, которая при этом нарушается. Наблюдаются также сколы бетона в плитах в местах прохождения трещин.

Причиной возникновения таких трещин являются главным образом конструктивные особенности дома.

Кладка внутренней продольной стены из силикатного кирпича обладает повышенной деформативностью за счет свойств (ползучести) стенового материала. Внутренняя стена по сравнению с наружными больше нагружена и имеет при этом меньшую толщину. Количество швов в кладке в 2 раза больше, чем в наружных стенах, выполненных из семищелевых стеновых блоков толщиной 14 *см*.

Трещины появляются уже в первый год эксплуатации и стабилизируются обычно на 7—8-й год. Такие трещины появляются и в процессе строительства; одна из таких трещин была предъявлена к осмотру, когда заканчивалась кладка стен четвертого этажа.

На развитие трещин оказывает также влияние и неравномерность обжатия грунта, служащего основанием для ленточных фундаментов. Фундаменты в наружных стенах заглублены ниже по сравнению со стеной, проходящей внутри здания. Наблюдения за трещинами в домах серии I-511 ведутся и в настоящее время.

Трещины в примыканиях и стенах, как правило, заделываются цементным раствором, а там, где позволяет величина раскрытия, производятся проконопачивание и обычная отделка. Однако работы этим не исчерпываются, к заделке трещин приходится возвращаться по нескольку раз. Если при повторных раскрытиях трещины невелики, их зашпаклевывают. Многие из них требуют более капитального ремонта, в отдельных случаях приходится прибегать к устройству металлических тяжей. Они проходят по чердаку и закрепляются в наружных поперечных стенах на шайбах. Тяжи состоят из двух или трех отрезков стальных прутьев диаметром 30—40 *мм* и фаркопфов для натяжения. Там, где трещины большие и возможен отрыв поперечной стены от торцовой, на двух этажах устанавливаются дополнительно тяжи, которые крепятся к поперечным стенам на уровне пола.

5. Разрушения облицовки фасада здания

На протяжении ряда лет наблюдается разрушение и отпадение облицовочной плитки марок МК, РК, КГ и др. с фасадов зданий.

Принимаются различные меры по созданию безопасных условий эксплуатации: производится периодическое простукивание плиток на фасадах с удалением поврежденных, предусматривается устройство охранных сеток и ведутся длительные наблюдения за фасадами, облицованными этими плитками.

После того как эти плитки были сняты с производства, облицовку фасадов стали выполнять семищелевыми лицевыми камнями размером 25×14×12 *см*. Однако при использовании этой облицовки на фасадах зданий обнаруживаются разрушения, сопровождающиеся полным срезом и отпадением облицовки с одного или нескольких простенков одновременно (рис. 9).

В 1965 г. Главмосстроем велись работы по ремонту фасадов 50 зданий, облицованных керамической плиткой, семи- и девятищелевыми лицевыми камнями.

На фасаде девятиэтажного трехсекционного здания разрушилась облицовка. Стены здания из силикатного кирпича отделаны двухрядными лицевыми керамическими камнями. Перевязка облицовочного слоя выполнена тычковыми рядами через три ложковых ряда. Дом построен в 1958 г. В 1968 г. произошло отслоение облицовки в крайнем простенке у торца здания со второго по пятый этаж. Выше пятого этажа облицовка оказалась срезанной и отошла от стены до шестого этажа. На первом этаже облицовка обрушилась на участке площадью 7 $м^2$. В местах, где облицовка обрушилась или отбита из-за непригодности, кладка имеет неравномерные по толщине швы. Выполнена она из разнообразного стенового материала: кирпича красного и силикатного, семищелевых блоков, в некоторых случаях с некачественной перевязкой.

По тем же причинам в 1967 г. произошло обрушение облицовки здания, находящегося в эксплуатации семь лет. Облицовка обрушилась мгновенно в нескольких простенках.

С фасада другого здания после десяти лет эксплуатации обрушилась облицовка на первом, втором и третьем этажах на участке площадью около 40 $м^2$. В вось-

миэтажных домах, построенных в 1956—1957 гг., стены выполнены из силикатного кирпича, три нижних этажа зданий облицованы со стороны главных фасадов керамической плиткой типа МК, в верхних пяти этажах стены отделаны керамическими лицевыми камнями. Уже

Рис. 9. Срез облицовки стен из семищелевых камней на фасадах зданий

в первые годы эксплуатации наблюдалось интенсивное выпадение плиток. Возникла необходимость в устройстве металлической сетки вокруг дома над первым этажом, но и эта мера защиты оказалась недостаточной.

Проверка показала, что 60—70% облицовочной плитки на фасадах нарушено, образовались трещины, наблюдается бучение, отслоение и выпучивание плиток. Потребовалась полная замена облицовочной плитки.

Фасады были оштукатурены. В частности, после удаления всей облицовки был оштукатурен в 1965—1966 гг. фасад 12—14-этажного многосекционного жилого дома по Госпитальному валу, построенного в 1950—1952 гг.

Причины отслоения плитки разнообразны, но основные из них связаны с различиями в свойствах облицовки и кладки стены. Относительные деформации керамических камней во много раз меньше деформаций кирпичной кладки. Швы в облицовке одинаковы по толщине, в то время как в кладке их больше по высоте и толщина швов превышает нормативные требования.

При одинаковых условиях процесс твердения раствора в швах, обогреваемых снаружи, протекает значительно быстрее, чем внутри самой кладки.

Зимой при возведении кирпичных зданий методом замораживания отставание в наборе прочности раствора в швах внутри кладки по отношению к наружным швам довольно большое. Снаружи раствор к моменту наступления весеннего оттаивания успевает набрать прочность 15—20 $кГ/см^2$ и более, в то время как внутри стен раствор обладает нулевой прочностью или находится еще в замороженном состоянии. Эта разница в показателях прочности оказывает влияние и на деформативность облицовки. Несомненно, отслаивание плиток связано и с низким качеством выполнения каменных работ. После удаления разрушенной облицовки в стенах обнаруживают дефекты: нарушена перевязка кладки, утолщены швы, отдельные участки забутованы кирпичным боем и битой облицовкой.

6. Значение качества кирпича для повышения прочности конструкций

На протяжении столетий основным материалом для стен зданий служил обыкновенный красный кирпич. Столбы, пилястры, перемычки, стены, своды, арки и другие конструкции выполнялись только в кирпиче. Много капитальных зданий, выполненных в кирпиче и камне, охраняются государством как памятники архитектуры.

Значительную часть жилого фонда страны составляют старые и новые здания, выполненные из кирпича. Практика показывает, что при небрежном уходе за такими зданиями наступает преждевременный износ конструкций, поэтому для продления «жизни» зданий сле-

дует избегать перестроек без учета состояния конструкций, предупреждать возникновение дефектов.

Срок службы конструкций в таких зданиях во многом зависит от качества кирпича. Так, во многих кирпичных зданиях, не защищенных даже штукатуркой, не обнаружено разрушения кладки или других внешних изменений, в течение длительных сроков эксплуатации.

Несмотря на широкое развитие полносборного строительства, кирпичные здания в современном строительстве занимают не малый объем. В стране ежегодно выпускается 35—40 млрд. шт. кирпича. Кирпич, поставляемый на строительство, довольно часто не отвечает требованиям заводских паспортов. Результаты выборочных проверок проб, отобранных на строительстве, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Дата отбора и испытания кирпича	Заводская марка	Количество испытанных проб	Фактическая прочность кирпича			
			удовлетворяющий паспортным данным—марке 100	удовлетворяющий марке 75	не удовлетворяющий требованиям ГОСТа	на одну марку выше паспортной
1964 г.	100	364	150	113	23	78
1965 г.	100	227	87	59	23	58
1966 г.	100	170	61	52	19	38
1967 г.	100	118	33	46	35	4
1968 г.	100	130	50	33	14	33

Таблица 3

Дата отбора и испытания кирпича	Количество испытанных партий	Фактическая прочность кирпича			
		удовлетворяющий паспортным данным—марке 100	удовлетворяющий марке 75	марки выше 100	марка не устанавливалась
1965 г.	56	7	13	4	32
1966 г.	159	35	85	4	35
1967 г.	376	7	42	—	327
1968 г.	412	27	61	4	320

Примечание. В последней графе таблицы приводятся результаты испытаний отдельных проб кирпича

При реконструкциях, переустройстве старых зданий и при восстановлении нарушенных конструкций производится отбор кирпича из кладки для определения фактической прочности каменных конструкций. Результаты испытаний этого кирпича приводятся в табл. 3.

По данным испытаний установлено, что наряду с кирпичом низкой прочности встречается кирпич, обладающий высокой прочностью при сжатии и изгибе. Низкая прочность ведет к большим потерям кирпича и вынуждает усиливать отдельные конструкции.

IV. ДЕФЕКТЫ В СБОРНЫХ И МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

1. Трещины в железобетонных конструкциях

Дефекты в сборных и монолитных железобетонных конструкциях обусловливаются различными причинами, однако вид, характер и особенности их развития определяются исходя из наиболее часто повторяющихся случаев. Известны общие причины появления дефектов в таких конструкциях, но некоторые из них характерны только для заводского производства. К этим особенностям, например, относятся кратковременные режимы тепловой обработки бетона, использование бетонных и мелкозернистых бетонных смесей с высокой подвижностью, тонкостенность и значительная пространственность конструкций, резкая смена температур в зимнее время при выгрузке конструкций из камеры на открытый воздух, распалубочные, транспортные, складские и монтажные нагрузки, незначительный защитный слой, многослойность ограждающих конструкций.

Трещины в сборных конструкциях заводского и полигонного изготовления (рис. 10) встречаются значительно чаще, чем в монолитных конструкциях. Это наиболее распространенный дефект сборных элементов.

В некоторых случаях трещины требуют проведения неотложных охранных и конструктивных мероприятий, другие могут быть заделаны при ремонте помещений, за некоторыми следует вести наблюдения во времени путем инструментальных замеров.

К основным видам трещин относятся: усадочные, температурные, осадочные, деформационные и трещины, вызванные недостатками в армировании.

По роду развития трещины могут быть стабилизировавшиеся и нестабилизировавшиеся по времени, раскрытые и сквозные; по размерам: волосные (до 0,1 *мм*), мелкие (до 0,3 *мм*), развитые (0,3—0,5 *мм*), большие и значительные, глубинные и поверхностные; по направлению: поперечные, продольные, вертикальные и горизонтальные; по характеру развития: одиночные, параллельные, пересекающиеся и в виде сетки трещин.

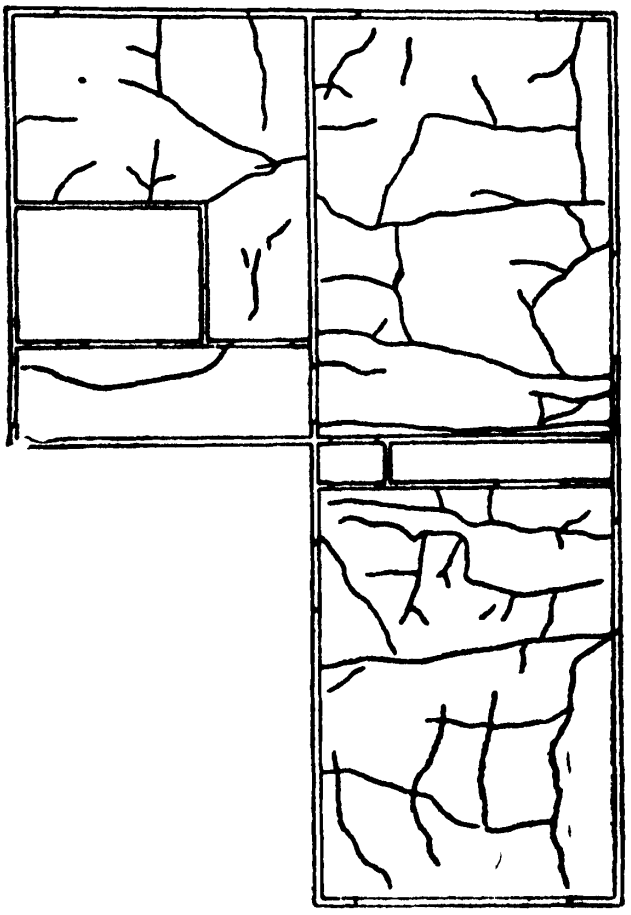


Рис. 10. Трещины в прокатных панелях перекрытий

Отдельную группу составляют так называемые пульсирующие трещины, которые при неуравновешенной работе машин и неотрегулированных мостовых кранах, перемещающих тяжелые грузы по подкрановым железобетонным балкам, появляются в балках, фундаментах и колоннах и как бы вибрируют в такт с работой машин.

Возможно появление трещин в конструкциях при неравномерном натяжении арматуры в напряженно-армированных конструкциях, в результате расклинивающего действия замерзающей воды в раковинах, пустотах настилов, колодцах для анкерных болтов, стаканах для установки колонн, а также из-за коррозии металла в пористом бетоне или при недостаточном защитном слое. Продольные трещины развиваются и от продуктов коррозии — налеты коррозии увеличиваются в объеме до 3—4 раз и расклинивают в этом месте бетон.

Особый вид трещин со вспучиванием бетона встречается в конструкциях, подвергающихся воздействию высоких температур во время пожаров и при их тушении.

От высоких температур при продолжительной и сосредоточенной сварке узлов в сопрягаемых элементах, а также при выравнивании конструкций в процессе монтажа также могут возникнуть трещины.

При фиксации трещин устанавливаются положение их относительно размещения арматуры, степень раскрытия, количество, длина, примерное время возникновения. Старые трещины отличаются от вновь образовавшихся запыленностью, состоянием покраски и граней. Живучесть трещин проверяется по маякам, изготовляемым из свежего алебастра в виде полосок, пересекающих трещину в одну и другую сторону на 5—7 *см*. Однако микроповреждения маяков или шпаклевки еще не указывают на продолжение развития трещин в конструкции. Раскрытие или сужение трещин может наблюдаться в течение суток и зависит от смены температур, ветровых нагрузок и др.

Освидетельствование трещин производится визуально с инструментальными измерениями их раскрытия.

2. Основные причины прогибов железобетонных конструкций

Прогибы в таких распространенных конструкциях, как плиты и настилы для перекрытий, встречаются в условиях эксплуатации довольно часто. Прогибы достигают максимального значения либо сразу же после установления конструкций в рабочее положение, либо развиваются во времени. Если величина прогибов превышает допустимые пределы, то такие конструкции нуждаются в усилении.

Некоторые прогибы вызываются кривизной конструкции в результате изготовления плит и настилов на изношенных поддонах или в поврежденной металлической опалубке. Кривизна конструкции может появиться и при неправильном монтаже. Когда прогиб одной плиты по отношению к другой становится заметен на глаз (например, отпадает раствор в рустах между плитами), производят инструментальные замеры, устанавливая фактические и предельно допустимые прогибы.

Прогибы конструкций в основном могут быть вызваны следующими причинами:

1) смещением рабочей арматуры относительно проектного положения;

2) недостаточной пространственной жесткостью конструкций;

3) особенностями работы самой конструкции, уложенной ребрами вверх, например в прокатных плитах;

4) ползучестью мелкозернистого или песчаного бетона, имеющего повышенное содержание цемента (до 650—750 *кГ/м*^{3});

5) отсутствием совместной работы плит перекрытия;

6) перегрузками перекрытий;

7) неравномерностью натяжения напряженно-армированных конструкций;

8) низкой прочностью материала в сжатой зоне.

3. Дефекты плит и панелей перекрытий

С 1959 г. для чердачных перекрытий жилых домов начали широко применять плиты НЧП-59-12 и НЧП-59-8 — двухслойные предварительно напряженные с выступающими вверх ребрами, состоящие из тонкого слоя железобетона и слоя ячеистого бетона марки 35, выполняющего роль утеплителя и материала сжатой зоны конструкции.

Несущая способность этих плит значительно меньше, чем других распространенных в строительстве настилов.

Конструктивные особенности настилов НЧП определяют повышенную чувствительность их даже к небольшим отклонениям от проектных требований. Это может приводить к отрыву одной плиты от другой и к возникновению повышенных прогибов.

Обследование в 1960—1968 гг. многих плит в зданиях, эксплуатируемых в течение нескольких лет, позволило выявить недостатки как в проектировании, так и в технологии изготовления и монтажа плит НЧП. Это низкая прочность ячеистого бетона, смещение рабочей арматуры от проектного положения, вследствие чего защитный слой сокращается до 2—5 *мм*. Невозможно также обеспечить совместную работу настилов в перекрытии, так как замоноличивание выполняется только в пределах слоя ячеистого бетона, прочность которого при увлажнении еще более снижается.

Значительное влияние на прогибы плит (рис. 11) оказывают условия работы их в перекрытиях — одна из плит может опираться на перегородку, тогда как другая не имеет промежуточной опоры.

При обследовании настилов такой конструкции в одной из квартир жилого дома, построенного по типовому проекту серии I-515, было обнаружено, что из трех плит, уложенных в торцовой комнате, только крайняя имеет промежуточную опору на перегородку. Заделка швов между первым и вторым, а также между вторым

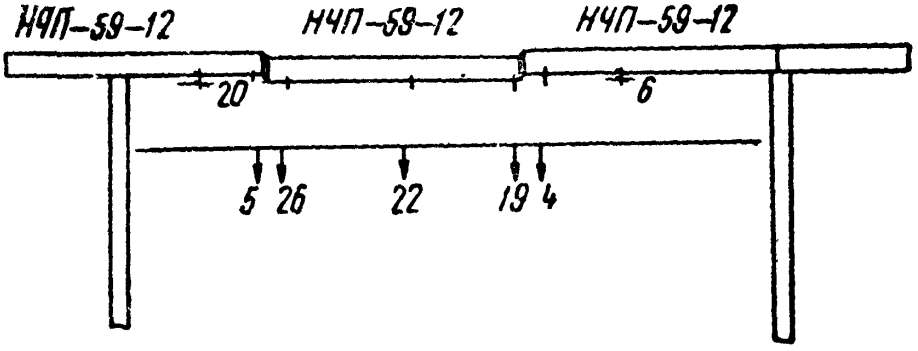


Рис. 11. Прогиб плит перекрытий типа НЧП

и третьим настилами полностью нарушена. Раствор разделки рустов (ширина рустов до 4, толщина 2 *см*) отслоился и отпадает. Между средней и двумя крайними плитами образовался перепад 10—12 *мм*.

Замеры прогибов настилов приводятся в табл. 4.

Таблица 4

Расположение плит в перекрытии у торцовой стены	Место замера	Величина прогиба в *мм*	
		при первом замере	при повторном замере, выполненном через год
Первая плита	В середине	13	19
Вторая »	У края	24	32
	В середине	26	
	У другого края	23	
Третья »	В середине	20	30

Применение в перекрытиях плит разной ширины вызывает нарушение швов между ними — узкие плиты обладают большей гибкостью и не обеспечивают условий совместной работы плит в перекрытии.

В некоторых случаях замечено возрастание прогибов плит во времени, поэтому необходимо вести систематические наблюдения за состоянием плит в перекрытиях подобного типа. Если прогибы не превышают $^1/_{200}$ пролета, ограничиваются зачеканкой швов между плитами,

Плиты с повышенными прогибами следует усиливать путем подтяжки нарушенных плит болтами, пропущенными через стыки между плитами, к укладываемым на чердаке металлическим балкам.

В плитах типа РТ прогибы появляются вскоре после монтажа. В перекрытии плиты РТ укладывают рядом с плитами типа НУ, однако конструктивно плиты отличаются по жесткости и несущей способности.

Коробчатая часть плит типа РТ засыпается песком вровень с ребрами. При возникновении прогибов плит в них появляются отдельные поперечные трещины с раскрытием 0,1—0,5 *мм*, трещины не распространяются на ребра.

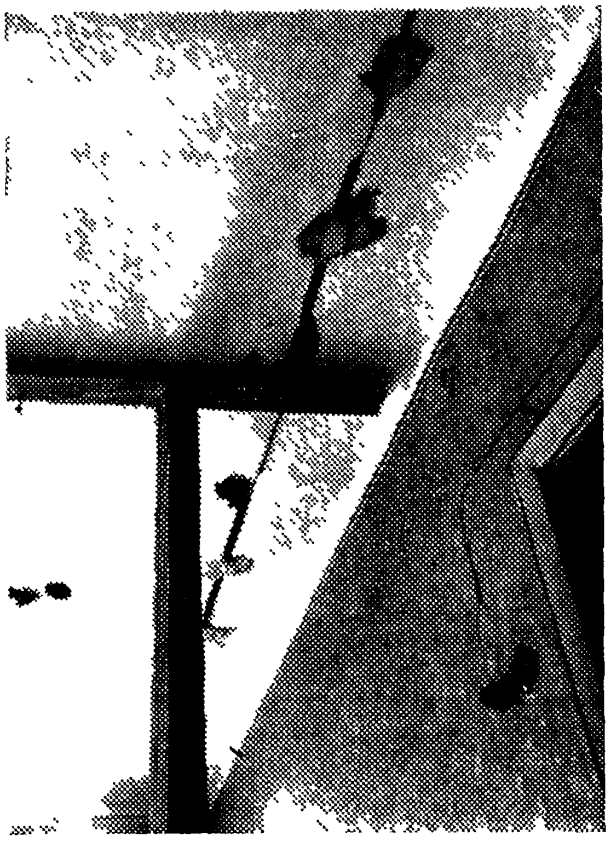


Рис. 12. Деформации раствора в швах перекрытий при прогибах панелей

Своеобразным контрольным маяком служат русты между плитами. Первым сигналом о появлении прогиба, обычно достигающего 20—35 *мм*, являются трещины в рустах; при развитии прогиба раствор заделки отделяется от соседней плиты и при недостаточной прочности сцепления с бетоном отпадает. Отрыв плиты от соседних происходит довольно интенсивно (рис. 12).

Для предупреждения подобных дефектов достаточно хорошо расклинить и зачеканить швы между плитами, что и делается, когда производитель работ осведомлен о недостатках этой конструкции. Но чаще на стройках швы забиваются строительным мусором или в лучшем случае их замазывают свежим раствором.

Устранение дефектов в готовом здании требует больших усилий. Чтобы восстановить первоначальное положение плиты, приходится их поддомкрачивать и выравнивать, подтягивая к балкам болтами с шайбами.

В междуэтажных перекрытиях, чтобы не вскрывать полы, расчеканку раствором с расклиниванием метал-

лическими пластинками производят снизу. Работа при этом должна выполняться особенно тщательно.

На одном из строительных объектов на плите РТ-62-12 лежали штабеля кирпича, в результате плита прогнулась на 45 *мм*. Когда кирпич убрали, прогиб остался большим —38 *мм*. Швы между соседними плитами не зачеканивались. Усиление прогнувшихся плит заключалось в распределении нагрузок на соседние плиты. Для этого поперек плит укладывали отрезки металла и подтягивали к ним прогнувшиеся плиты. Во всех случаях была выполнена тщательная зачеканка швов раствором марки 100 с расклиниванием швов металлическими пластинками, верхняя часть которых пропускалась через шов и загибалась.

В жилых домах серии I-235 для перекрытий на комнату применяли плоские железобетонные панели толщиной 80 *мм*. Эти панели прошли расчетные проверки и оценивались как достаточно прочные для перекрытий. Но через два-три года после ввода жилых домов в эксплуатацию были обнаружены отдельные прогибы панелей величиной 50—60 *мм*.

Тщательные проверки показали, что в местах повышенных прогибов имелось смещение арматуры, а защитный слой составлял 30—40 *мм*. Обнаруживались отдельные прогибы и в панелях с защитным слоем нормальной величины.

Панели с повышенными прогибами необходимо было усилить. Эти работы потребовали выселения жильцов, так как для усиления панелей на вышележащем этаже снимали полы и укладывали спаренные швеллеры, сваренные между собой, к которым подтягивали болтами прогнувшиеся плиты. На конце болтов имелись шайбы размером 10×10 *см*, втапливавшиеся в плиту, которую затем по сетке оштукатуривали.

Для железобетонных панелей, выпускаемых с применением новейшей технологии на прокатных станах, характерно развитие прогибов и возникновение трещин. Появление этих дефектов обусловливается технологией производства, при которой панели, изготовляемые из раствора с большим содержанием цемента, проходят кратковременную тепловую обработку и с более высокими температурными режимами, чем обычные железобетонные конструкции.

Трещины, как показали многолетние наблюдения,

развиваются в течение первых нескольких лет, но в основном в первый год, и в таком виде сохраняются в конструкции. Обследования показали, что трещины с раскрытием 0,1—0,2 *мм* составляют примерно 50%, до 0,5 *мм* —25—30% и более 0,5 *мм* —20%. Примерная длина всех трещин в отдельных панелях составляет 20—50 *пог. м.*

Выборочные замеры трещин в одной панели показали, что длина продольных трещин составляет 16,4 *пог. м* с раскрытием 0,6—0,8 *мм*, поперечных —12,9 *пог. м* с раскрытием 0,2—0,5 *мм.* Трещины проходят рядом с ребрами. По истечении некоторого времени после побелки трещины вновь раскрываются в тех же местах.

Количество и размеры трещин нельзя связывать с величиной прогибов в панелях. Могут встречаться повышенные прогибы в панелях с небольшим количеством трещин, возможны и противоположные случаи. Максимальное развитие прогибов наступает на 3—4-й год эксплуатации с тенденцией к полному затуханию. В отдельных некачественных панелях этот процесс может продолжаться и более продолжительное время.

Фактические замеры прогибов вибропрокатных панелей в домах, находящихся в эксплуатации 7—8 лет, которые выполнялись по запросам строительных организаций и жилищно-коммунальных контор, показали, следующие результаты (всего было проверено 213 панелей).

В домах серии II-32 из 143 панелей 28 имели прогиб 26—40 *мм*, что составляет 19,4%, 15—25 *мм* —79 панелей, или 55,4%, до 15 *мм* —36 панелей, или 25,2%.

В домах серии К-7 из 54 панелей 26 имели прогиб 26—40 *мм*, что составляет 48%, 15—25 *мм* —26 панелей, или 48%, до 15 *мм* — 2 панели, или 4%.

В домах серии II-35 из 16 панелей 8 имели прогиб 15—25 *мм*, 8— до 15 *мм.*

По другим данным прогибы вибропрокатных панелей до 15 *мм* составляют 33%, 15—22 *мм* —50%, 21—25 *мм* —15%; 26—33 *мм* —2%; более 33 *мм* —0,1%.

Усиление панелей выполняется подводкой у свободных неопорных краев панелей металлических уголков и балочек. Трещины закрывают серпянкой в виде полосок с последующей отделкой потолка.

Панели этого типа нашли широкое применение в строительстве; тысячи их уложены в перекрытия домов,

поэтому научная и исследовательская работа по устранению дефектов не должна ограничиваться эпизодическими проверками с разработкой мероприятий для каждого конкретного случая. Для решения этой проблемы необходима всесторонняя углубленная работа коллективов многих специалистов, проектировщиков и работников научных организаций.

4. Недостатки, допускаемые при тепловой обработке бетона

Во многих железобетонных конструкциях, и особенно в конструкциях, насыщенных арматурой, появление дефектов связано с низким качеством уплотнения уложенной бетонной смеси, а в зимнее время и с ее обогревом. Эти дефекты не только портят внешний вид изделий, но в значительной степени снижают прочность конструкций. При применении бетона высоких марок и соответственно возрастающих на колонны нагрузках различные по форме раковины, пустоты, необработанные швы могут оказать решающее влияние на устойчивость сооружений. Именно эти недостатки являются причиной аварий многих железобетонных конструкций.

Довольно часты случаи, когда монолитный железобетон, не набрав прочности, замерзает. Если строительство на данном объекте ведется и завершается в зимний период, загрузка таких конструкций постоянно возрастает, и с наступлением оттепелей бетон низкой прочности начинает разрушаться (рис. 13).

Особенно важно следить за бетоном, укладываемым в конструкции поздней осенью, когда еще тепло и температура наружного воздуха 5—8° С. Строители в этих условиях редко прибегают к прогреву бетона, а этот процесс необходим для того, чтобы к моменту наступления холодов (отрицательных температур) бетон имел достаточную прочность.

Железобетонные конструкции, уложенные поздней осенью, не способны набрать необходимую прочность в естественных условиях и должны находиться на особом учете. Конструкции, прочность которых вызывает сомнения, должны обогреваться в тепляках, паровыми рубашками и другими способами с проверкой фактического роста прочности бетона.

В период наступления весенних оттепелей должны быть проверены все железобетонные конструкции, при этом чрезвычайно важно убедиться в отсутствии замороженного бетона в поясах, ростверках, швах, сопряжениях колонн с балками, бункерах и местах, насыщенных арматурой. Трудно обеспечить необходимое твердение бетона в местах пересечения закладных деталей в узлах — объем укладываемого бетона невелик и обогрев его не всегда эффективен.

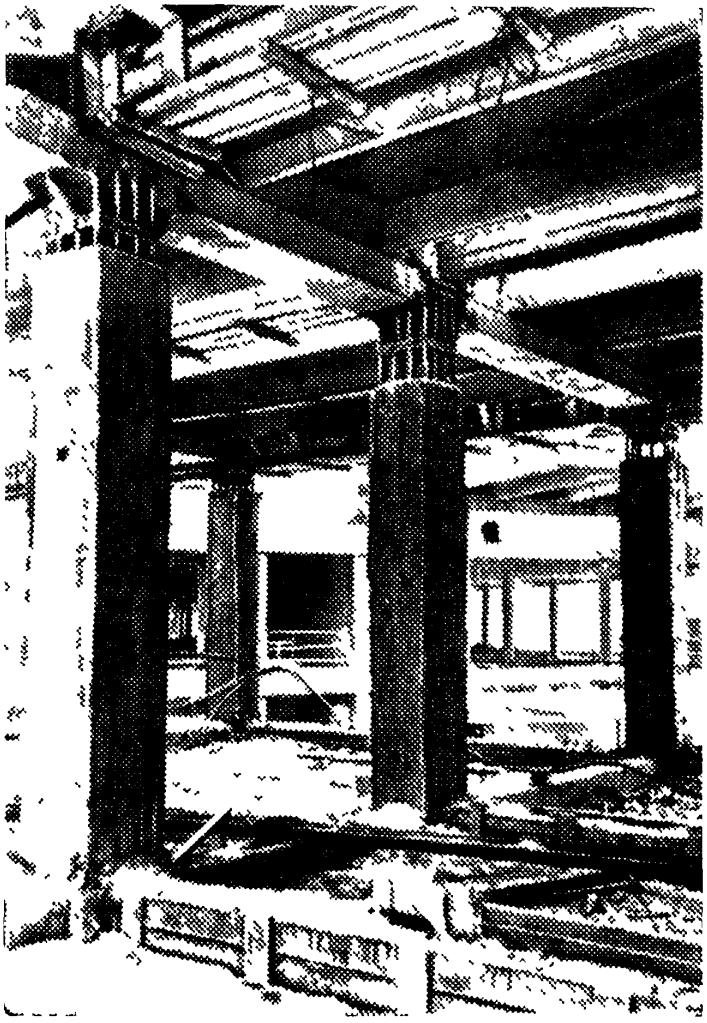


Рис. 13. Промороженный бетон в сопряжениях колонн с ригелями

На строительстве 12-этажного кирпичного дома в начале ноября под аркой были забетонированы железобетонные балки размером 600×60×30 *см*. Твердение бетона в первые дни проходило при температуре +2, +8° С; ночью температура снижалась до 0, +1° С. В последующие дни после бетонирования наступили морозы. В декабре, когда нужно было приступить к кладке стен, на этом участке здания авторский надзор потребовал произвести проверку прочности бетона в балках. Было установлено, что прочность бетона составляет 40—55 *кГ/см*^{2}. Работы по возведению стен были приостановлены не только на этой захватке, но и по всему зданию, так как получался большой перепад по высоте выложенной кладки.

Для повышения прочности бетона организовали обогрев в тепляках.

Вокруг конструкций был устроен простейший вид тепляка, в котором разместили нагревательные приборы. В тепляке удалось создать температуру примерно 20—25° С. Обогрев продолжался 25 суток. Когда бетон при-

обрел прочность 180—190 *кГ/см²*, работы по кладке стен возобновились.

В другом случае забетонированные в октябре в грунте короткие сваи без прогрева не набирали прочности. На сваи успели уложить сборные балки, а по ним возвести цокольный этаж. Проверки, произведенные в феврале, показали, что бетон свай имеет прочность 15—20 *кГ/см²*. Дальнейшие работы по монтажу здания пришлось также приостановить. Вторичная проверка в марте показала, что прочность бетона возросла до 50 *кГ/см²*. На этом участке при снежном покрове 60 *см* грунт промерз на 7—8 *см*. Лишь к концу июля бетон приобрел прочность 170—200 *кГ/см²*.

5. Разрушение бетона из-за недостаточной морозостойкости

Морозостойкость бетона обеспечивается правильным подбором его состава и созданием условий для его твердения.

На снижение морозостойкости оказывают большое влияние загрязненность материалов глинистыми и органическими примесями, доломитовой и известковой мукой, низкое качество цемента, раннее замораживание бетона, нарушения в тепловой обработке конструкций.

Недостаточная морозостойкость бетона ведет к разрушению конструкций в условиях эксплуатации.

Так, монолитные железобетонные обвязочные балки размером 600×40×40 *см* бетонировались в декабре при температуре наружного воздуха —5, —3° С; применялся бетон марки 300. Забетонированные балки не обогревались, лишь утеплялись слоем опилок по уложенному сверху рубероиду. В последующие дни температура воздуха понизилась до —15, —18° С.

С наступлением весенних оттепелей с кратковременными ночными заморозками поверхность конструкций начала шелушиться; без больших усилий можно было легко отделить куски бетона, лишь в ядре бетон обладал прочностью 50—70 *кГ/см²*.

В другом случае в фундаментных блоках заводского изготовления весной с поверхности начали отделяться куски бетона. Глубина нарушения с полным отпадением с каждой стороны составила 12 и 7 *см* при толщине блока 60 *см*.

Разрушались не только смонтированные конструкции, но и блоки, хранившиеся на складской площадке, предназначенные для других зданий.

Бетон для этих блоков марки 200 изготавливали на щебне известковых пород крупностью 15—25 *мм*, содержащем слабые известняковые включения. При увлажнении в кучах материал представлял связную массу, которая при высыхании обладала некоторой сцепляемостью. Бетон готовили на неподогретых материалах. Принятый для пропаривания режим оказался недостаточным для получения 70% проектной прочности.

Шелушение поверхности, отпадение и скол лицевого слоя в блоках и плитах — явление довольно частое.

Из-за недостаточной морозостойкости наблюдались сколы бетона в поперечных несущих железебетонных перегородках и в местах опирания плит перекрытий при монтаже 5—9-этажных домов. Глубина нарушения бетона на отдельных участках достигала 30—35 *мм*, а по высоте составляла 38—40 *см*, нарушения распространялись по всей длине перегородок. Такие же дефекты встречались в плитах, пролежавших два года на площадке из-за приостановки строительства.

Наличие скола бетона или возможность его появления в перегородках, на которые опираются плиты и перегородки вышележащих этажей, должно оцениваться как аварийное (рис. 14).

Можно назвать несколько причин таких разрушений. При изготовлении перегородок вертикально в кассетах в верхней части скапливается наиболее жидкая, а следовательно, и менее прочная бетонная смесь. Проверки показали, что прочность бетона вверху перегородки на 20% ниже, чем на других участках той же конструкции. Менее прочная часть конструкции при таянии снега больше насыщается талой водой, а при последующем замерзании вода в порах как бы расклинивает бетон.

Вдоль трамвайных путей в 1966 г. были уложены сборные бордюрные плиты размером 80×80×12 *см*, изготовленные на гранитном щебне и бетоне марки 400. Следовало ожидать, что такие плиты, менее подвергающиеся воздействиям городского уличного движения и автомобильного транспорта, будут и меньше разрушаться, однако из-за недостаточной морозостойкости весной 1967 г. лицевая поверхность плит начала шелу-

шиться. Этот процесс сопровождался обнажением граней щебня и арматуры, а в 1968 г. в 650 из 700 уложенных плит полностью разрушился лицевой слой. Во всех плитах бетон был поражен на глубину 4—8 *см*; полностью оголилась арматурная сетка, состоящая из прутков периодического профиля диаметром 10—12 *мм* и поперечных стержней диаметром 6 *мм*.

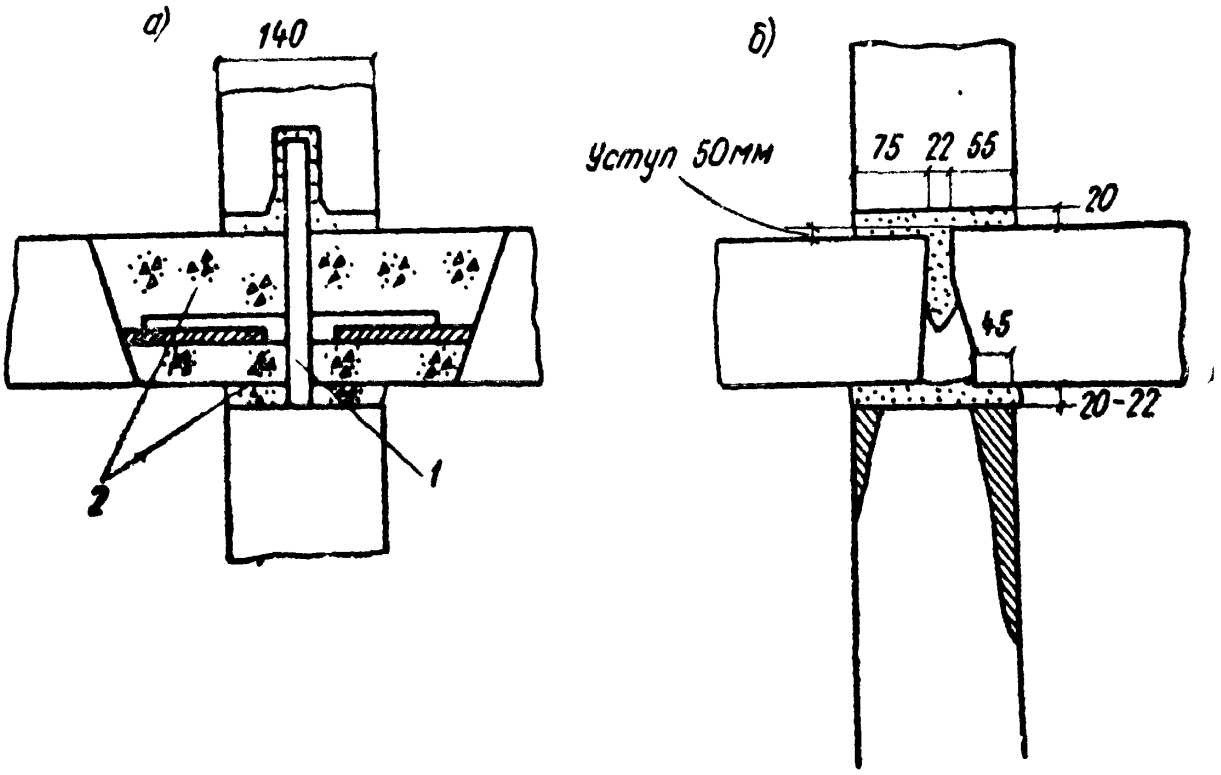


Рис. 14. Нарушение прочности бетона в опорах несущих железобетонных перегородок

а — опорный узел (по проекту); *б* — опорный узел (выполненный в натуре); *1* — металлический фиксатор; *2* — бетон марки 200

Подобные разрушения наблюдались в дорожном покрытии автомобильной 100-километровой кольцевой дороги, построенной вокруг Москвы, — защитный слой частично отслоился, оголились грани щебня и образовались выбоины с глубоким выкрашиванием бетона. Во многих местах для выравнивания дороги был уложен асфальт. Контрольные испытания на морозостойкость образцов из бетона размером 15×15×15 *см* в количестве 1000 циклов, начатые в октябре 1959 г. и законченные в мае 1966 г., не показали каких-либо внешних поверхностных изменений структуры. Образцы бетона изготовлены с применением гранитного щебня предельной крупности 15—25 *мм* на гидрофобном портландцементе марки 400. Водопоглощение для различных образцов

составило 3—5%, потеря в весе после замораживания 2—3%.

Своеобразную длительную проверку на морозостойкость проходят железобетонные конструкции в холодильниках для хранения мяса и других продуктов, где температура постоянно держится на уровне —20, —25° С. Лишь периодически один-два раза в год отключаются фреоновые холодильные установки для снятия нароста льда и снега. Этот процесс длится один-два дня, но не успевают промороженные конструкции полностью оттаять, как температура снова понижается.

На Московском хладокомбинате железобетонные колонны и безбалочные перекрытия находятся в замороженном состоянии с 1933 г. Величина налетов льда и снега достигает 1—1,5 *см*. Контрольные проверки бетона, произведенные в колоннах, показали, что прочность его достаточно высока.

6. Потери цемента и снижение качества железобетонных конструкций

Потери цемента в строительной промышленности еще довольно велики. Экономное и правильное расходование цемента — задача большой важности. Усилиями проектировщиков, строителей, организаций, поставляющих и транспортирующих цемент на приобъектные склады, могут быть найдены пути и резервы по уменьшению потерь и расходования цемента без снижения качества бетона и раствора.

Неоправданный перерасход цемента может вызываться многими причинами:

1) несоответствием фактических марок цемента паспортным данным заводов;

2) превышением веса отдельных изделий против проектного на 10—15% в результате износа форм, например керамзитобетонные панели по проекту должны иметь объемный вес 1100 *кг/м*^{3}, а фактически он часто достигает 1300—1600 *кг/м*^{3};

3) сокращением режимов пропаривания, когда расход цемента увеличивают для получения соответствующей распалубочной и транспортной прочности;

4) получением после пропаривания бетона 100%-ной прочности, тогда как для ряда конструкций нет необходимости в бетоне такой прочности;

5) использованием инертных материалов низкого качества (мелких песков, слабых крупных заполнителей, материалов с большой загрязненностью);

6) смешиванием цементов различных видов и марок (расход цемента при этом учитывается по низшей марке);

7) неоправданным увеличением марок бетона (вместо марки 100 принимается 150; вместо марки 200—300);

8) прямыми потерями при транспортировании и хранении на необорудованных складах, при ручной разгрузке вагонов и автомашин;

9) отсутствием фракционированных материалов;

10) выдачей бетона большей подвижности, чем это требуется для некоторых изделий (для кассетных изделий подвижность бетона принимается 18—22 *см*; для балконных плит, подвергающихся вибрированию, выдается та же смесь вместо требуемой смеси подвижностью 4 *см*).

V. ДЕФЕКТЫ В МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЯХ

1. Область применения металлических конструкций

В промышленном и гражданском строительстве наряду с железобетонными конструкциями большой объем составляют конструкции и сооружения, выполняемые в металле.

Широко используется металл в высотных и повышенной этажности зданиях для несущих колонн и ригелей, которые затем обетонируются. Стальные конструкции в виде готовых пространственных элементов завозят с заводов, устанавливают на место, соединяя их между собой на сварке. Конструкции такого типа применяют в строительстве для монолитных фундаментов высотных и уникальных зданий.

Кроме того, в строительстве применяются различные крепления, металлические профильные фермы, вкладыши, анкеры и другие закладные детали в балках, пролетных строениях мостовых конструкций.

В жилищном строительстве стальные соединения для крепления конструкций находят применение почти на каждом объекте. Прочности креплений, защите и неизменяемости закладных деталей придается исключи-

тельно большое значение; от их надежности и долговечности зависит устойчивость здания в целом.

Немало зданий перекрыто деревянными конструкциями с металлическими затяжками, связями и другими стальными элементами. Стальные конструкции используются также в тех случаях, когда приходится усиливать реконструируемые, ослабленные или утратившие первоначальную прочность части зданий.

Особенно часто приходится применять металлические конструкции в виде прутковых протезов при усилении деревянных ферм, прогонов, балок; кирпичных и каменных столбов, пилонов, простенков, железобетонных конструкций с пониженной прочностью и несущей способностью.

С помощью металла можно в кратчайшие сроки усилить конструкции и тем самым предупредить развитие деформации, не задерживая последующих работ по возведению здания.

Дефекты в стальных конструкциях обусловливаются, как правило, недостатками в конструировании и технологии изготовления; низким качеством сварки элементов и самого металла; нарушениями условий эксплуатации сооружений, выполненных в металле.

Повреждениям и быстрому износу подвергается металл при нарушениях влажностного режима в помещениях, длительных протечках кровель и коммуникационных систем, воздействии агрессивной среды, в результате различных переустройств, ухудшающих условия работы конструкций.

Большое значение в стальных конструкциях имеет качество сварных соединений. Дефекты в сварке устанавливаются различными методами — рентгенографическими и другими, однако наиболее широко используется в массовом строительстве визуально-инструментальная проверка качества сварочных работ и их соответствие требованиям проекта.

Такая оценка качества сварки позволяет в ходе работ выявить недостатки и своевременно устранить их. Наиболее распространенные дефекты в сварке, снижающие качество и прочность соединений: неравномерное сечение швов по высоте и толщине, несоответствие размеров швов проекту, непровары, газовые поры, трещины в зоне термического влияния, трещины по сварному шву, незаделанные кратеры, шлаковые включения, под-

резы основного свариваемого металла, наплывы расплавленного металла на свариваемых деталях, прожоги, плохо обработанные от шлаков и брызг металла сварные швы.

Визуальные проверки выполняются при предварительном осмотре конструкций после выполнения работ и при приемке их главным сварщиком и авторским надзором. Должны быть освидетельствованы готовые и смонтированные металлические конструкции. Выявленные дефекты, такие, как зазоры, закатки и трещины, заносятся на соответствующие схемы и привязываются к осям и положению деталей в конструкциях для разработки мер по их устранению.

Искривления, перекосы и смещения в сварных элементах сборных конструкций, возникающие при монтаже, вызывают необходимость в применении дополнительных накладок из стержней, что значительно увеличивает размеры сварных швов. Но и эти вынужденные меры не всегда обеспечивают равнопрочность сварных соединений. Иногда приходится усиливать такие участки дополнительно металлическими обоймами.

2. Дефекты, вызываемые коррозией

Ни один материал не подвергается столь неумолимому процессу разрушения, как металл под воздействием коррозии.

В результате различных физико-химических процессов ежегодно примерно десятая часть получаемого в стране металла погибает от коррозии; во всем мире потери металла от коррозии составляют около 30 млн. *т*. Наиболее значительная часть этих потерь падает на стальные подземные трубопроводы — от подземной коррозии ежегодно гибнет до 1 млн. *т* стали.

В наземных сооружениях наиболее интенсивной коррозии подвергаются элементы конструкций, работающие в зоне постоянного увлажнения — в гнездах кладки, в местах подпитывания влагой, в цехах с повышенной влажностью.

Заделка металла кирпичной кладкой, древесиной, известковым раствором или засыпка его пористыми материалами, служащими утеплителем, не позволяют производить своевременный осмотр и принимать меры,

предотвращающие развитие коррозии в металлических конструкциях.

В тех случаях, когда металлические конструкции открыты и доступны для осмотра и защиты от воздействия агрессивной среды, они не подвергаются воздействиям коррозии в течение долгих лет эксплуатации.

В старых зданиях для тяжей, консолей, каркасов, хомутов и различного рода креплений каменных конструкций, облицовок, подвесных потолков, штукатурок, архитектурных украшений, выносных балконов и др. широко использовался металл. Наряду с хорошим состоянием подобных металлических конструкций в старых зданиях встречаются конструкции и закладные детали, подвергшиеся значительной коррозии или полностью разрушенные.

В кирпичных пилонах одного из памятников архитектуры (1620 г.) заложенные в кладке поперечные металлические кованые полосы оказались полностью корродированными. Особенно это относится к закладным деталям, расположенным в нижней части пилона.

Причиной разрушения металла пилона, очевидно, следует считать изменение влажностного режима кладки и раствора. При многократных изменениях планировочных отметок покрытие отмостков оказалось выше первоначального положения, эта часть пилона была засыпана грунтом, что и стало причиной увлажнения кладки. Продукты коррозии металла в соединениях с раствором кладки превратили профиль металла в окаменевшую массу.

Уникальное здание музея им. Пушкина, строительство которого было завершено в мае 1912 г., по проекту акад. В. Г. Шухова, перекрыто ажурными металлическими фермами. За сравнительно небольшой срок некоторые элементы ферм — нижние пояса, раскосы, опорные части, заделанные в кладке, подверглись коррозии. Опорные элементы ферм, заделанные наглухо в кладке стен на глубину 40 *см*, покрылись налетом пленчатой коррозии. Их пришлось освободить от кладки, металл очистить от продуктов коррозии и окрасить; наиболее ослабленные из опорных элементов были усилены (рис. 15).

Нижние пояса, часть раскосов на высоте примерно 40—60 *см* оказались изъеденными язвенной коррозией. Причиной коррозии явился утеплитель из шлаковой за-

сыпки. Первоначальная засыпка была заменена около 30 лет назад на шлаковую. В сочетании с другими дефектами — протечками через фальцы в остекленной крыше, нарушениями тепловлажностного режима — создались неблагоприятные условия, способствовавшие развитию коррозии металла. Наиболее интенсивное разрушение наблюдалось в раскосах, оказавшихся засыпанными шлаком на расстоянии 5—10 *см* от верхнего уровня засыпки.

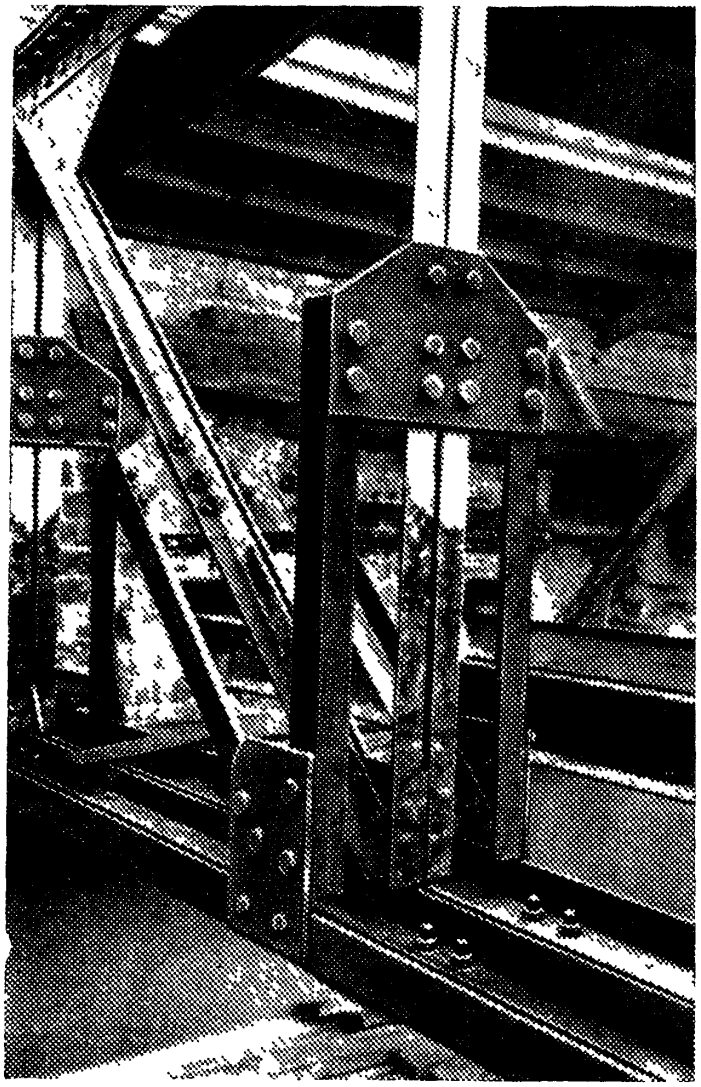


Рис. 15. Усиление металлических ферм

Примером неудовлетворительного состояния металлических переплетов в течение непродолжительного периода эксплуатации может служить административное здание Министерства торговли СССР, построенное в 1927 г. Здание семиэтажное, наружные ограждающие конструкции его выполнены из кирпича толщиной 90 *см* с остекленными витражами высотой 2 и длиной от 5 до 10 *м*. Металлические элементы — стойки, горизонтальные и вертикальные импосты — оказались корродированными. Наиболее сильно поврежден металл с внутренней стороны здания.

Корродированные металлические элементы утратили прямолинейность и приобрели характерные волнообразные очертания с выгибом на 40—70 *мм* от вертикального положения. Это вызвало отрыв анкерных креплений переплетов от кирпичных простенков.

Вследствие деформации переплетов оконные створки не закрывались. Это явилось причиной чрезмерного охлаждения помещений и создало тяжелые эксплуата-

ционные условия для металлических конструкций. В здании периодически проводился ремонт металлических переплетов с тщательной очисткой их от продуктов коррозии и покраской. Однако в холодное время года и при переменных температурах переплеты подвергались интенсивному воздействию конденсата, что вызывало еще большее развитие коррозии.

В таком же аварийном состоянии оказались металлические переплеты в 10-этажном здании Статистического управления по ул. Кирова, построенном по проекту арх. Ле Корбюзье в 1933 г. В результате коррозии и связанных с ней деформаций произошло нарушение водонепроницаемости витражей, атмосферные осадки стали проникать в пространство между переплетами, образовалась наледь. Развитие коррозии, сопровождающееся как известно, увеличением объема металла, вызвало местные разрушения. Отдельные стекла начали раскалываться и выпадать. Дальнейшая эксплуатация переплетов, потерявших общую жесткость и сильно деформированных, оказалась недопустимой.

В 1967—1968 гг. все переплеты в этом здании были заменены на алюминиевые.

Особенно быстро ржавеют на законсервированных стройках необетонированные и оставленные без ухода металлические конструкции.

На одном из объектов металлические колонны, состоящие из двух швеллеров № 12, сваренных между собой планками 80×140×6 *мм* и расположенных через 55 *см* с обеих сторон, простояли не защищенными от атмосферных осадков два с половиной года. В результате поверхность металла оказалась покрытой сплошным налетом коррозии с наличием отдельных коррозионных язв. Глубина слоя коррозии в металле в среднем составляла 0,3 *мм*; при толщине стенок швеллеров 7 *мм* общая потеря сечения составила до 10%.

Смонтированные колонны были оставлены и усилены в сооружении железобетонными обоймами.

При бетонировании металлических конструкций особое внимание нужно обращать на тщательную очистку поверхностей конструкций снаружи и внутри от следов коррозии стальными щетками или пескоструйными аппаратами.

Для стен жесткости широко используется арматурная сталь периодического профиля. Арматурные карка-

сы из такого металла находились на строительстве гостиницы более 10 месяцев в смонтированном виде, но не были своевременно обетонированы. За это время арматурная сталь покрылась налетом коррозии толщиной 0,2—0,4 *мм* темно-коричневого цвета.

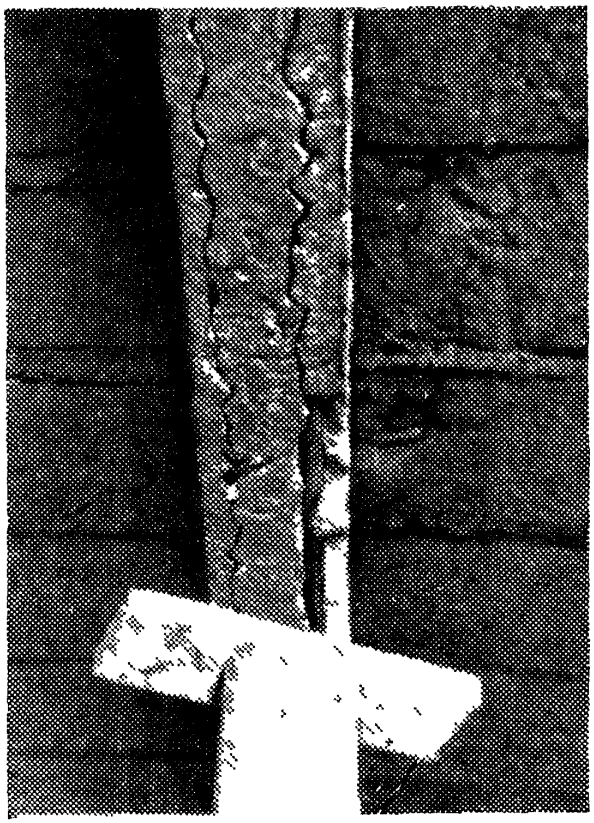


Рис. 16. Деформации железобетонных ригелей в результате коррозии арматуры

Большие трудности встречаются при очистке металла от коррозии в плохо доступных местах; пескоструйный способ очистки для таких конструкций малоэффективен. Приходится ограничиваться использованием металлических щеток. После очистки нельзя оставлять металл надолго открытым, так как очищенный до блеска металл при увлажнении вновь покрывается налетом ржавчины.

Налеты коррозии препятствуют нормальному сцеплению металла с бетоном, влага проникает в конструкцию, что приводит к дальнейшему ускорению процесса коррозии. По этой причине наблюдались в недостроенном здании разрывы вдоль корродированной арматуры на всю длину ригеля (рис. 16).

Открытые металлические стропильные фермы, прогоны, балки мостовые и другие конструкции должны периодически очищаться от поврежденной старой краски, грязи, сетки трещин, «сыпи» и пузырей, отслоений и разрушений или ржавчины и заново окрашиваться. Нанесение слоя краски по налетам пленочной коррозии или по влажной поверхности не приостанавливает развития коррозии. При обследованиях обнаруживаются конструкции, которые многократно окрашивались без предварительной обработки металла. Красочный слой удерживается лишь в отдельных случайных точках.

На заводах железобетонных изделий, в плавательных басейнах, на катках — в условиях повышенной

влажности — требуется особенно часто заново окрашивать металлические конструкции; только при этом можно надолго сохранить их.

3. Коррозия трубопроводов

Трубопроводы, подвергающиеся электропочвенной и кислородной коррозии, служат недолго. Замена их сопряжена с большим объемом работ.

В трубах диаметром 80 *мм* для обратной горячей воды, эксплуатировавшихся в течение года, была обнаружена язвенная коррозия, развивающаяся с внутренней поверхности. Величина язвенных отверстий на наружной поверхности труб достигала 1,5—2 *мм* в диаметре, а с внутренней —5—7 *мм*. При вскрытии трубопровода на некоторых участках в 1 *пог. м* было зафиксировано по 3—4 свища. С внешней стороны они имели почти одинаковый диаметр, с внутренней — поражение металла в местах образования свищей охватывало большие участки. По характеру разрушения металла стенок трубопровода было установлено, что причиной является так называемая кислородная коррозия.

Теплофикационные трубы диаметром 75 *мм*, уложенные в непроходном канале размером 60×40 *см* на глубине 1,5 *м* от поверхности земли, за 12 лет оказались полностью изъеденными коррозией. Предпринимаемые зимой из-за аварии системы отопления меры по ремонту отдельных сквозных отверстий, где вытекала горячая вода, оказались малоэффективными. Ликвидация дефекта в одном месте влекла за собой появление новых свищей в других местах. Только полная замена всего трубопровода позволила нормально эксплуатировать систему (рис. 17).

На извлеченных кусках труб толщина металла достигала 0,5—0,7 *мм*, сквозные отверстия имели диаметр 7—9 *мм*. Сплошные чешуйчатые налеты коррозии проходили по всей длине трубы. Теплоизоляция утратила свои свойства, так как канал заполнялся талыми и дождевыми водами, а также наносным илом.

Для ледяного катка в бетонной плите толщиной 100 *см* прокладывались стальные цельнотянутые трубы диаметром 45 *мм* с толщиной стенок 3—5 *мм* и шагом между трубами 100 *мм*. Защитный слой бетона состав-

лял 30 *мм*. Трубы соединялись в секции по 9 шт в каждой.

Чтобы предупредить возникновение опасных для прочности стыков и соединений напряжений, которые возможны при изменениях температуры рассола, предусматривались резиновые компенсаторы, с помощью которых каждая охлажденная труба присоединяется к

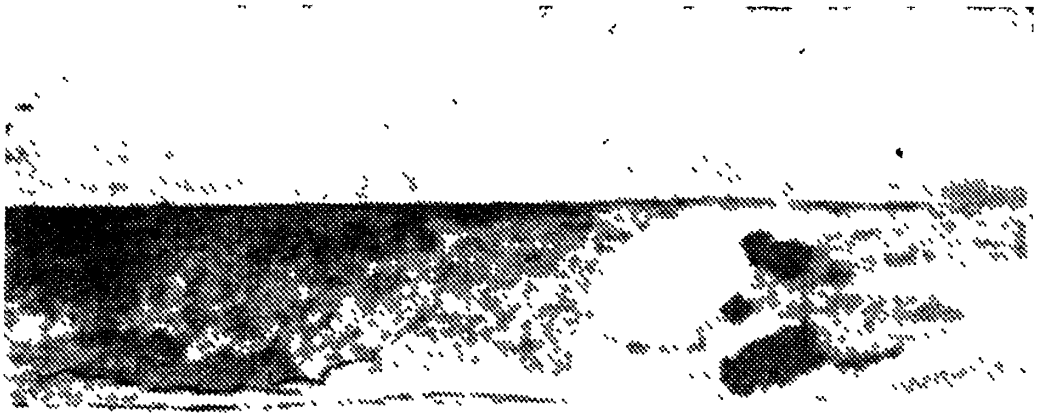


Рис. 17. Пораженная коррозией теплофикационная труба, извлеченная из грунта после шести лет эксплуатации

коллекторам. По трубам циркулирует охлажденный 26%-ный раствор хлористого кальция с удельным весом 1,28 *г/см*^{3} и водородным понизителем для рассола pH = 7. Раствор, являясь носителем отрицательной температуры, образует на поверхности плиты лед. Подается раствор в трубы с температурой —12, —20° С под давлением 2,5 *ат*. Слой льда намораживается постепенно до толщины 5—8 *см*. Удаление льда производят с помощью горячей воды либо подогревая рассол в системе до 45° С.

При эксплуатации система трубопроводов подвергается воздействию знакопеременных температурных перепадов. При таком режиме работы из 300 уложенных стальных циркуляционных труб общей протяженностью 19 *км* в 60 после восьмилетней службы появились свищи. С поверхности некоторых труб были сняты продук-

ты коррозии толщиной до 4 *мм*. После удаления ржавчины обнаружились сквозные отверстия различных диаметров с рваными краями по периметру. Там, где в трубах происходит утечка рассола через пораженный металл, лед размягчается в течение 1 *ч* и тает.

Исследования показали, что внутренняя поверхность стальных труб поражена язвенной коррозией, а наружная покрыта сплошным налетом продуктов коррозии. Интенсивной коррозии способствуют технологические условия работы системы. В течение года происходит восьмикратное намораживание и оттаивание льда с большими температурными перепадами. Покраска каждые два года металлических труб, находящихся вне бетонной плиты, не предотвратила развития коррозии. Наварка металлических заплат на образовавшиеся отверстия и накладка хомутов с мягкими подкладками для зажатия изъянов носили временный характер.

Стальные трубы на ледяных площадках служат без ремонта 5—7 лет, с частичным ремонтом —12 лет. При капитальном ремонте по старому бетонному основанию укладывается новый слой бетона с системой трубопроводов.

Характерно, что бетон, несмотря на многократное оттаивание и намораживание льда, не подвергается изменениям, структура его не разрушается. Произведенной проверкой установлена прочность бетона 300 *кГ/см*^{2}. Он укладывался в теплое время года с тщательным уплотнением и влажностным выдерживанием.

Причиной быстрой коррозии металла в водопроводных трубах диаметром 25 *мм* явился такой случай.

На железобетонные перекрытия были уложены цементно-фибролитовые плиты, а по ним проходили стальные трубы, закрытые слоем цементного раствора толщиной до 10 *см*. В связи с появившимися протечками при вскрытии пола в трубах с наружной стороны обнаружен участок коррозии. В вырезанном из перекрытия куске трубы длиной 1 *м* в трех местах было обнаружено наличие язвенной коррозии на наружной поверхности; внутренняя поверхность не была корродирована.

Металлические трубы подверглись коррозии в результате агрессивного воздействия хлористого кальция, содержащегося в фибролите, с которым трубы непосредственно соприкасались в конструкции.

4. Другие повреждения металлических конструкций

Квадратные металлические колонны, сваренные из двух металлических уголков 200×30 *мм*, являющихся каркасом, обетонируются бетоном марки 200, одновременно полости колонн заливаются бетоном той же марки.

Бетонирование колонн производилось в декабре при температуре наружного воздуха от —10 до —15° С. После обетонирования внутренней части обнаружилась вертикальная трещина, проходящая по сварному шву.

Причиной разрыва металла в колонне по сварному шву явилось замерзание бетона пластичной консистенции, уложенного в полость металлического сердечника. Вследствие малого объема и сильного охлаждения окружающего ее металла смесь замерзает даже до подключения электроэнергии для обогрева.

Быстрое охлаждение и замерзание бетона в полостях приводит к появлению вертикальных трещин и в асбестоцементных трубах, служащих колоннами. Эти трещины проходят вертикально либо по спирали. Величина раскрытия по произведенным замерам колеблется от 0,8 до 20—25 *мм*.

Металлические балки над траверсным коридором остывочно-раскроечного цеха через 7—8 лет утратили несущую способность из-за повышенной коррозии металла. Коридор перекрыт металлическими балками пролетом 10,6 *м*, выполненными из листовой прокатной стали и швеллеров № 22, опирающихся на колонны. Расстояние между балками 6 *м*. По балкам уложены сборные железобетонные ребристые плиты (ПКЖ), по ним произведена засыпка из слоя шлака с примесью керамзита общей толщиной 10 *см*; по засыпке уложена асфальтовая стяжка толщиной 2 *см* с последующим устройством рулонного ковра в два слоя рубероида на битумной мастике.

К траверсному коридору примыкает сушильная камера, в которой постоянно выделяется большое количество пара. Поднимаясь вверх, пар конденсируется на нижней поверхности железобетонных плит и на металлических конструкциях перекрытия, вызывая коррозию. Ускоренному развитию коррозии способствовало также повышенное содержание сернистых включений в шлаке.

Металлические фартуки из листового железа, отделяющие сушильные камеры от основного цеха, пришли в пол-

ную негодность в результате коррозии. Кроме тяжелых эксплуатационных условий развитию прогрессирующей коррозии способствовало отсутствие антикоррозионной окраски металлических конструкций.

Недостаточный защитный слой бетона (2—3 *мм*) в сборных и монолитных плитах перекрытий в помещениях, где преобладает повышенная влажность от моечных устройств (гаражи, пропарочные камеры, душевые, бани, молокозаводы и др.), вызывает коррозию арматуры.

Бетон, непосредственно соприкасающийся с поверхностями корродирующих стержней арматуры, приобретает темно-коричневую (ржавую) окраску. В местах расположения арматуры, где защитный слой недостаточен, пары проникают через тонкую пленку бетона к металлу. От развития налетов ржавчины бетон вдоль пораженной арматуры отслаивается.

При ремонте необходимо удалить поврежденный защитный слой, очистить металл от коррозии и покрыть поверхность слоем раствора. Соприкасающейся поверхности бетона с помощью зубила и молотка или металлических жестких щеток следует придать шероховатость; наиболее целесообразно использовать механические щетки.

Еще бóльшим повреждениям подвергается арматура в литейных цехах. От длительного воздействия сернистых газов и высоких температур колонны и ригели в литейном цехе завода постройки 1936 г. подверглись значительным разрушениям — бетон осыпался с углов колонн и ригелей, отпал защитный слой бетона по всей длине балок и ригелей. Отпавшие куски бетона легко разбираются; в колоннах нарушена монолитность бетона. Бучащие участки распространяются по всей плоскости; обнажившаяся арматура местами полностью изъедена и разорвана.

Для восстановления несущей способности колонн с полностью поврежденным бетоном они заключаются в сплошные металлические обоймы. По мере наращивания металла образовавшиеся пустоты участками по 30—40 *см* заполняются бетоном жесткой консистенции. Перед укладкой бетона поврежденные куски, утратившие связь с основной конструкцией, удаляются.

В открытых, незащищенных трибунах стадиона атмосферные осадки, просачивающиеся через множество сты-

ков, вызвали разрушение бетона, арматуры и металлических деталей конструкций.

Трибуны для зрителей выполнены из Г-образных плит (гребенок) пролетом 6 *м*, с постоянной шириной горизонтальной части и толщиной 60—80 *мм*; высота ступеней от 32 до 43 *см*, толщина 12—15 *см*. Конструкция опирается на металлические косоуры. На боковых гранях горизонтальных гребенок имеются закладные детали, с помощью которых гребенки крепятся к опорным столикам.

По поверхности железобетонных гребенок выполнена предусмотренная проектом гидроизоляция из двух слоев гидроизола, защищенная слоем асфальта. Впервые для гидроизоляции использованы асбестоцементные листы, укладываемые в конструкции в сыром виде. В натуре от проникания воды через нарушенную гидроизоляцию асбестоцементные листы постоянно находились в мокром состоянии.

В металлические несущие колонны, облицованные семищелевыми керамическими кирпичами без внутреннего заполнения пространства бетоном или раствором, постоянно проникала талая и дождевая вода. Систематические протечки, не прекращающиеся даже в зимнее время, постоянно увлажняли металлические конструкции. Так как конструкции недоступны для осмотра, происходящие нарушения в металле внешне не проявлялись.

Для защиты металлических конструкций от увлажнения и попадания воды в пространство между металлом и облицовкой ввели под давлением раствор марки 100, что придало конструкции монолитность и явилось эффективным средством защиты металла от коррозии.

На одном из строительств в уже смонтированных радиальных фермах выявились дефекты — закатка и трещины в металле. Согласно паспортным данным плавки, сталь относилась к спокойной с хорошими механическими свойствами и микроструктурой. Однако из-за трещин в металле пришлось усилить все фермы. Для крепления накладок из уголков к основным элементам поясов с помощью болтов в металле было просверлено 2300 отверстий диаметром 20 *мм* каждое.

VI. ДЕФЕКТЫ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

1. Основные дефекты деревянных конструкций

Несмотря на широкое применение железобетона, кирпича, металла и пластмассы, значительное место в строительстве занимает дерево благодаря таким свойствам, как хорошая обрабатываемость, долговечность, незначительный объемный вес, малый коэффициент линейного и температурного расширения и сравнительно большая прочность.

Наряду с этим дереву присущи и некоторые недостатки, ограничивающие его применение в строительстве: малая огнестойкость и склонность к разрушению под воздействием биологических факторов. Деревянные конструкции, защищенные от биологических повреждений, сохраняют высокие качества сотни лет.

Простейшие деревянные конструкции применялись уже в глубокой древности. Еще до начала второго тысячелетия до нашей эры возводились постройки на деревянных сваях.

Лиственные сваи, оставшиеся от римского моста на Дунае, построенного 17 веков назад и отрытые в 1858 г, являются примером, подтверждающим высокую стойкость дерева.

Дерево применялось и в фортификационных сооружениях, и для средств передвижения по воде. На заре развития фабричного производства оно использовалось в качестве деталей машин. Отделка зданий, выполненная из дерева, поражает высоким качеством, красотой, характерными только для этого материала.

Во многих старых жилых и общественных зданиях и сооружениях основные конструкции выполнялись из дерева, особенно в районах, богатых лесами.

Государством охраняются выполненные в дереве русскими зодчими уникальные здания и памятники архитектуры, как образцы высокого художественного мастерства.

Защита деревянных конструкций от биологического разрушения — задача огромной важности. Биологическое разрушение деревянных конструкций в значительной мере вызывается нарушением тепловлажностного режима эксплуатации сооружений и воздействием неблагоприятных гидрогеологических условий.

Деревянные дубовые свайки длиной 1,5 *м*, диаметром

18—25 *см*, забитые в грунт более 500 лет назад и извлеченные из него при строительстве здания Дворца Съездов в Московском Кремле в 1959 г., оказались как бы окаменевшими. Стропила собора св. Стефана в Вене, изготовленные из сосны, сохраняются уже 900 лет, а еловые гробницы в египетских пирамидах — в течение 4000 лет.

Можно указать и на другие примеры, подтверждающие долговечность деревянных конструкций и изделий.

Обследованные автором в 1966 г. деревянные сваи длиной 2,5 *м*, диаметром 22—25 *см* в коллекторе р. Неглинки, изготовленные из древесины лиственных пород и забитые в грунт 150 лет назад, находятся в очень хорошем состоянии. Древесина их с трудом поддается распиловке и колке.

При выполнении этих обследований в момент наименьшего сезонного уровня воды на участке длиной 50 *м* вода из реки была направлена через две временно проложенные металлические трубы диаметром 800 *мм* каждая обводным путем в тот же коллектор. Для перекачивания воды круглосуточно работала насосная станция.

Во время строительства здания института на ул. Чкалова на глубине 3,5 *м* от существующей в настоящее время планировочной отметки дворовой территории вместе с остатками различных деревянных конструкций в земле был обнаружен деревянный водопровод, представляющий собой обработанный отрезок ствола дерева диаметром 40 *см*, внутри которого выдолблено отверстие диаметром 7 *см*. Звенья водопровода соединялись в одну систему. Несмотря на повреждение поверхности, древесина продолжала сохранять строгую форму отверстия для протока воды.

Другой образец деревянного водопровода диаметром 25 *см* найден в котловане на строительстве 17-этажного жилого дома по Садово-Каретной ул. Длина звена составляет 300 *см*, диаметр отверстия 10 *см*. Несмотря на длительное пребывание древесины в грунте, она не утратила механической прочности.

Большое значение для долговечности деревянных конструкций и сооружений имеют сушка и защита древесины от поражения ее грибковыми заболеваниями.

При реконструкции старых зданий и замене деревянных конструкций металлическими и железобетонными необходимо производить осмотр конструкций и отбирать

пробы для микологических анализов. Например, в старых капитальных зданиях удалось установить, что, как правило, концы балок, заделанные в кладку, обертывались берестой, отдельные куски которой сшивались между собой лыком. Торцы балок при этом оставляли открытыми для доступа свежего воздуха.

2. Повреждения деревянных конструкций и методы их защиты

В старых жилых и уникальных зданиях междуэтажные и чердачные перекрытия, как правило, укладывались на деревянные балки.

Так, в междуэтажных перекрытиях Дома Союзов балки уложены в поперечном направлении с переменным шагом через 70—100 *см* на несущие внутренние и наружные кирпичные стены и имеют сечение 300×400; 320×370; 240×370 *мм* при длине до 12—16 *м*.

Из 146 освидетельствованных балок оказались частично пораженными поверхностной гнилью концы 23 балок (от краев на 35—50 *см*).

В связи с незначительным повреждением древесины конструкции не заменялись. Для усиления зачистили или вырезали поврежденные концы балок на 30—75 *см*, закрепив на болтах к концам основной конструкции металлические или деревянные накладки.

За пределами этих участков, где древесина не утратила механической прочности, ограничились только антисептированием поверхности балок.

Причиной поражения части древесины могли послужить: неправильное устройство и промерзание гнезд отдельных балок; увлажнение из-за неисправности системы отопления или водопровода; повышенная влажность воздуха.

Деревянные конструкции Большого театра, эксплуатируемые с 1858 г. и обследованные при реконструкции театра в 1959 г., находятся в хорошем состоянии и не нуждаются в мерах по усилению.

Более всего подвергаются повреждениям деревянные конструкции в зданиях, где отсутствует служба наблюдения или технический персонал не осведомлен о вреде, причиняемом длительными протечками воды через кровли, стыки и поврежденные трубопроводы.

От проникания даже незначительного количества во-

ды утеплитель насыщается и создает благоприятную среду для быстрого развития грибковых заболеваний.

Такого рода причинами было вызвано поражение элементов балок и наката чердачного перекрытия двухэтажной постройки начала XX столетия. Вскоре после реконструкции и отделки здания произошло обрушение части наката чердачного перекрытия (рис. 18).

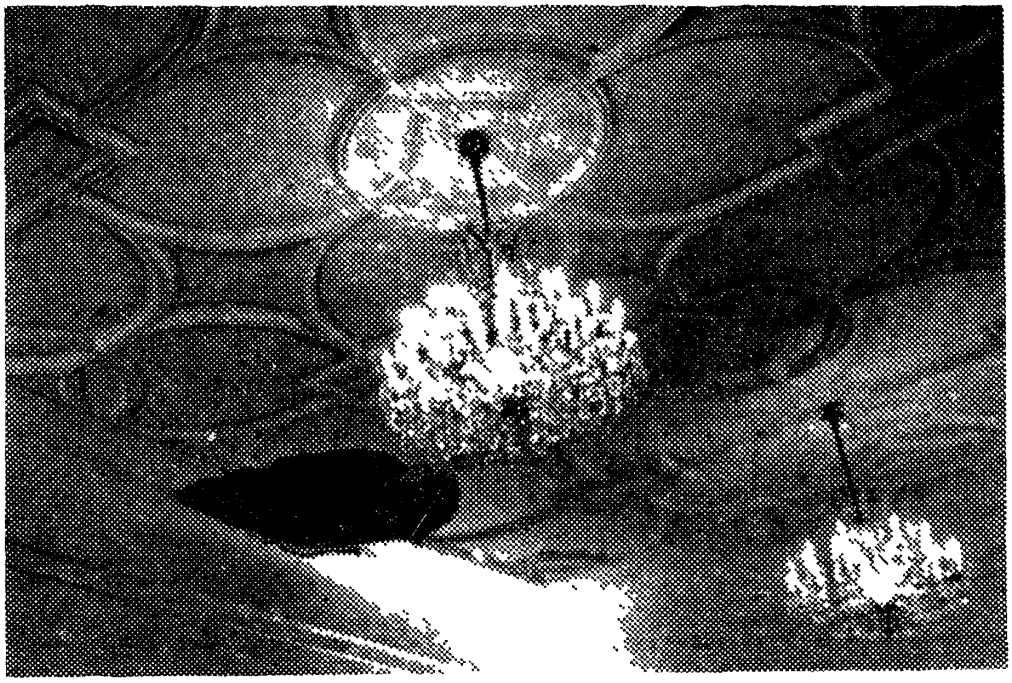


Рис. 18. Обрушение участка деревянного перекрытия, утратившего механическую прочность

При лабораторных исследованиях проб установлено, что древесина, взятая из балок чердачного перекрытия, имеет желтовато-коричневый цвет. Древесина оказалась пораженной гнилью мелкопризматической с продольными и поперечными мелкими трещинами. Кроме того, она была пронизана личиночными ходами, забитыми мелкой бурой мукой. Механическая прочность древесины утрачена; вид разрушителя — пленчатый домовой гриб и мебельный точильщик. Влажность древесины 14,2%.

Древесина в накате чердачного перекрытия оказалась пораженной домовым грибом. Влажность образца 15,5%. Обнаруженные грибы относятся к сильным разрушителям древесины.

Повреждение древесины в конструкциях было вызвано длительными протечками, которые наблюдались через мелкие изъяны в кровле.

При обследовании деревянных конструкций чердачных перекрытий необходимо кроме выборочной проверки в местах возможного повреждения производить полный осмотр всех элементов, освобождая перекрытия от засыпки.

Такой осмотр позволит выявить пораженную грибковыми заболеваниями древесину и принять профилактические меры в наиболее ранней стадии разрушения.

В некоторых чердачных перекрытиях с деревянными конструкциями по засыпке укладывается так называемый пароизоляционный слой, а по нему цементная стяжка различной толщины (4—12 *см*). Это не только утяжеляет перекрытие, но и создает неблагоприятные условия для древесины. В замкнутой засыпке конденсируется влага, что повышает влажность, а проникание влаги через раствор при неисправности кровли не позволяет быстро установить степень поражения древесины.

Значительному разрушению подверглись деревянные конструкции в обследуемом здании клуба-столовой. Здание двухэтажное каркасное с деревянными стойками. Стеновая обшивка — из досок с заполнением цементно-фибролитовыми плитами. Несущие конструкции пола — деревянные бруски сечением 18×20 *см* и прогоны сечением 20×20 *см*, опирающиеся на деревянные стулья и кирпичные столбы.

Несмотря на незначительный срок службы, древесина всех конструкций оказалась пораженной домовым грибом на глубину 20—50 *мм*, а некоторые элементы — на всем сечении. Обвязка стен первого этажа (венец) была изъедена грибом во многих местах на всю толщину.

В заключении по ранее проведенному обследованию здания клуба-столовой отмечалось, что древесина пола имеет грибковые поражения; были даны рекомендации по ремонту и дальнейшей эксплуатации. Однако указания были выполнены только частично, пораженная древесина не была полностью удалена. На протяжении восьми лет отдельные балки и прогоны первого этажа усиливались или частично заменялись, причем гнилая древесина оставалась в подвале. Так как общие указания по предупреждению развития домового гриба не были выполнены, разрушение древесины продолжало развиваться с прежней интенсивностью, и многие конструкции оказались в аварийном состоянии.

При проведении ремонта по предупреждению развития грибковых заболеваний необходимо выполнять следующие требования.

Новая древесина, завезенная для ремонта, должна быть изолирована от поврежденной. Всю гнилую древесину следует удалить, предварительно опрыскав конструкции, пораженные домовыми грибами, и прилегающую к пораженным участкам здоровую древесину.

Из химических средств, используемых для уничтожения грибка, наиболее эффективны 5—10%-ный водный раствор медного или железного купороса, а также антисептическая паста марки 200.

Сгнившие элементы удаляются с захватом здоровых участков не менее чем на 40—60 *см* по длине. Поверхностную гниль удаляют, зачищая поверхность конструкций до слоев здоровой на вид древесины — с нормальным цветом и прочностью. Нужно создавать соответствующие условия для просушки древесины — продухи и интенсивную естественную вентиляцию.

Всю очищенную гнилую древесину, грибные налеты и другой органический мусор сжигают в топке котельной или в костре.

Наиболее интенсивно разрушается древесина в зданиях с погребами и ямами для домашнего обихода, с непроветриваемыми и неблагоустроенными подпольями, где скапливается влага от проходящих систем отопления и водопроводных труб.

В некоторых рубленых домах поражение древесины наблюдается вскоре после ввода их в эксплуатацию.

Например, деревянные рубленые дома, построенные в одном из поселков для служащих больницы, оказались пораженными домовым грибом через год после окончания строительства.

При обследовании выяснилось, что подполья устроены без продухов, кирпичный цоколь местами соприкасался с грунтом. В домах были вырыты погреба, причем вынимаемая земля отбрасывалась к стенам, поэтому все нижние венцы касались земли или были ею засыпаны.

При выполнении работ по удалению пораженных участков деревянных конструкций подполья необходимо изъять также верхний слой земли толщиной 10—15 *см* с обязательным предварительным обеззараживанием его раствором медного или железного купороса. Грунт сле-

дует вывезти на свалку и закопать вне территории строительства.

Кирпичные поверхности, соприкасавшиеся с загнившими элементами деревянных конструкций и расположенные поблизости от них, также должны обеззараживаться после очистки от грибковых образований — их опрыскивают антисептиками, прогревают огнем паяльных ламп, соблюдая противопожарные требования.

При выполнении ремонта предусматривают конструктивные меры, обеспечивающие создание нормального режима для деревянных конструкций (выполнение гидроизоляции, устройство продухов, отмостков, защита от атмосферных осадков).

Работы по замене и антисептированию древесины выполняются квалифицированными рабочими под руководством технического персонала.

VII ДЕФЕКТЫ В ШТУКАТУРКЕ И ОКРАСКЕ

1. Контроль качества отделки фасадов

Хорошо выполненная отделка фасадов и помещений повышает капитальность здания, защищает поверхности от порчи, повреждений и быстрого загрязнения. Отделке зданий как заключительному процессу строительства всегда придавали большое значение. Для отделки использовали долговечные и испытанные временем строительные материалы, особенное значение имела технологическая последовательность выполнения штукатурных и окрасочных работ, режимы сушки каждого нанесенного слоя и подготовки оснований.

В старых капитальных и уникальных зданиях и сооружениях, памятниках архитектуры отделка выполнялась в обычной штукатурке, окраске, дереве, искусственном и естественном мраморе, керамике, каменной и кирпичной облицовке и других естественных и искусственных материалах. Качество этой отделки столь замечательно, что до сих пор поражает воображение высоким мастерством и точностью выполнения.

В современных условиях при все возрастающих масштабах капитального строительства отделке зданий и внутренних помещений, в частности, придается исклю-

чительно большое значение. Все более расширяется ассортимент новых разнообразных отделочных и облицовочных материалов. Требования к отделке зданий повышаются с каждым годом.

При неудовлетворительном выполнении работ и низком качестве используемых материалов фасады зданий быстро тускнеют, загрязняются. Уже через несколько лет возникает необходимость в ремонте. Быстрое потускнение отделки фасадов вызывается и скоплением городской пыли, копоти от промышленных предприятий, выхлопных газов автомобильного транспорта.

Постепенно тускнеют даже и такие долговечные материалы, как керамические и бетонные плитки, светлый кирпич и известняковые камни.

Значительным разрушениям подвергаются участки фасадов тех зданий, где повреждены сливы, водосточные трубы, внутренние водостоки из-за переувлажнения кладки дождевыми, талыми водами и намерзания льда

Некоторые фасады капитальных зданий подвергаются механическим повреждениям при забивании крюков, штырей, различных металлических креплений осветительной и другой арматуры, реклам, транспорантов и др. Остающийся в облицовке металл, подвергаясь коррозии, разрушает кладку и облицовку фасадов.

В некоторых блочных домах иногда отделка фасадов страдает от коррозии металла, недостаточно заглубленного в бетон. Ржавые потеки распространяются по фасаду в разных местах, а иногда по всей высоте здания. Потемневший слой удаляют, восстанавливая отделку.

Иногда фасады зданий портит битумная мастика, которая, размягчаясь при длительном воздействии повышенной температуры (30—40° С), стекает с рулонных наклонных кровель. В жаркую погоду мастика стекает с кровли в виде «сосулек», которые подхватываются ветром и налипают на фасад, особенно прочно сцепляясь с облицовкой из керамических камней или мелкой плитки.

Плохо выглядят фасады с небрежно обмазанными черным герметиком швами. Полосы различной ширины (до 20 *см*) выходят за габариты разделки швов и захватывают лицевую часть конструкции стен. Обмазка наносится даже в тех местах, где ожидается возможное проникание воды — в результате на фасаде появляются пестрые грубо нанесенные черные полосы. При старении

герметик отрывается от швов, обнажается просмоленная пакля, используемая для зачеканки швов, которая в свою очередь вызывает местное потемнение поверхности.

При продуваемости или протекаемости швов жильцы своими силами и доступными средствами промазывают швы с внешней стороны цементным или гипсовым раствором. Иногда это выполняется умело, но чаще всего заделка наносится небрежно. Она не только обезображивает фасад, но растрескивается и отпадает.

К перезачеканке швов и заделке раствором строительные организации и жилищно-коммунальные конторы прибегают довольно часто. Такие работы обычно выполняются осенью или зимой, и качество их выполнения очень низкое. Поверхностная заделка, выполненная без должной расчистки швов и глубокого уплотнения раствора, не дает нужных результатов и требует переделки.

Фасады зданий, сложенных из кирпича, повреждаются при образовании высолов — кристаллических образований свободной извести. Рыхлые белые образования охватывают большие участки. Этот налет легко счищается или смывается напорной струей воды, однако высолы могут вновь выступить из кладки. Свободная известь выделяется обычно в первые два-три года. Но и после удаления этих образований на поверхности фасадов все-таки остаются пятна.

Значительно загрязняют фасады, в особенности в центре города, голуби, гнездящиеся на чердаках, в нишах и архитектурных оформлениях зданий.

Различные меры по защите отделки не всегда эффективны, поэтому часто приходится производить очистку и окраску фасадов. Например, капители колонн здания Московского Совета защищаются от проникновения голубей капроновыми сетками с ячейками размером 4×4 *см*. Закрепленные сетки служат довольно долго. Сетки сливаются с общим фоном фасада и не просматриваются снизу. На фасадах других зданий для тех же целей используются металлические сетки.

Фасад старейшего здания в Лондоне, Букингемского дворца, подвергся значительному загрязнению от пребывания голубей. Для защиты отделки все ниши и карнизы фасада покрыли губчатой пластмассой. Птицы пугаются ее студенистой поверхности. Этот способ защиты внешней отделки зданий успешно используется и на других зданиях.

Десятиэтажное капитальное здание Госплана СССР, строительство которого было завершено в 1934 г., облицовано известняковыми блоками, закрепленными в кладке металлическими штырями. За время эксплуатации здания поверхность фасада потемнела, возникла необходимость в ремонте отдельных карнизов и откосов оконных проемов.

Для выполнения работ по очистке фасада и ремонту поврежденных участков были установлены трубчатые леса на всю высоту здания. Так как подобные леса с момента строительства устанавливались впервые, пришлось провести испытания стандартных металлических расклинивающихся пробок, к которым крепятся леса. Испытания проводились специальным прибором, оборудованным динамометром. Пробки выдержали усилие 850—900 *кГ*. При дальнейшем повышении нагрузок металл крюков нарушился без видимого выдергивания пробок из облицовки.

Очистка фасадов выполняется гидропескоструйным аппаратом. При использовании таких аппаратов нужно следить, чтобы поверхность не разрушалась от вылетающего из сопла со скоростью 120—140 *м/сек* песка, обладающего большой ударной силой. Появление на поверхности фасадов шероховатых участков ускорит скопление пыли в углублениях. Фасадная облицовка сохраняется дольше, если она промывается водой с одновременной очисткой щетками от налетов копоти и пыли.

2. Дефекты в штукатурке потолков

После Великой Отечественной войны в течение почти двадцати лет штукатурка широко применялась в строительстве для отделки фасадов и внутренних помещений. Она также использовалась для оштукатуривания потолков по железобетонным плитам.

Необходимость в оштукатуривании потолков вызывалась применением малоразмерных плит перекрытий, которые к тому же укладывались с большими заводскими и монтажными допусками. Штукатурка выравнивала перепады и придавала горизонтальность всему потолку.

В современном массовом жилищном строительстве заводская отделка конструкций не требует применения так называемой мокрой штукатурки для потолков и стен.

Однако оштукатуривание потолков еще находит применение и в настоящее время в строительстве.

Одним из наиболее существенных недостатков в отделке потолков является нарушение сцепления слоя штукатурки с бетоном, что часто приводит к образованию трещин и падению штукатурки. Это особенно характерно для чрезмерно больших наметов.

Высокая заводская готовность поверхности выпускаемых железобетонных изделий, использование различных смазок и механических затирок поверхности бетона, шпаклевок, наносимых на формы и матрицы для облегчения распалубки, ухудшают сцепление штукатурного раствора с бетоном. На прочности сцепления раствора с основанием отрицательно сказывается проникание влаги при протекаемости кровель, порче систем отопления и водоснабжения, высокая влажность оснований, резкая смена температур воздуха в помещениях, вибрация конструкций, промасливание перекрытий, низкое качество используемых материалов, нарушение технологии производства работ и сушки штукатурки.

На одном из участков потолка площадью 70×80 *см* с толщиной намета 30—32 *мм*, нанесенного по железобетонным плитам, упала штукатурка. В целях безопасности и во избежание повторения подобного случая потребовалось произвести проверку состояния штукатурки во всех помещениях. Простукивание выявило ненадежное сцепление штукатурки во многих других помещениях.

Таким образом, даже большие штукатурные наметы продолжают удерживаться на потолках довольно продолжительное время без видимых на глаз признаков разрушения. Периодические проверки позволяют установить то критическое состояние, при котором может произойти обрушение штукатурки на потолке.

Так, в одном из зданий при проверке было выявлено, что штукатурный намет без металлической сетки, нанесенный по сборным двухпустотным настилам, имел толщину 80—100 *мм*. Признаков деформаций штукатурки или нарушения ее сцепления с основанием потолка не обнаруживалось. Нарушенная штукатурка была сбита и заменена выравнивающим слоем. Прочность раствора в удаленной штукатурке колебалась в различных слоях от 15 до 40 *кГ/см*^{2}.

В другом случае по потолочным ребристым настилам на комнату, изготовленным на прокатных станах, была

нанесена беспесчаная штукатурка толщиной до 3 *мм*. Этот выравнивающий слой удерживался на поверхности потолка шесть лет. Вначале образовались трещины, затем отделились слои шпаклевки от бетона и, наконец, начали отпадать небольшие кусочки штукатурки (рис. 19).

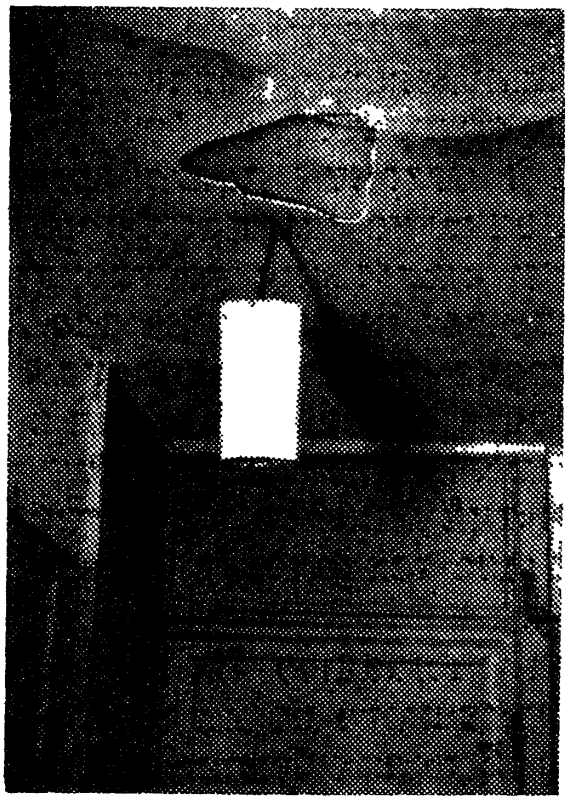


Рис 19. Отслоение беспесчаной штукатурки

На отдельных участках площадью 35×27, 16×40 *см* беспесчаная штукатурка отошла от бетона на 4—6 *мм* и в таком виде продолжала удерживаться на потолке. Прочность бетона в плитах составляла 300 *кГ/см*^{2}, беспесчаной накрывки — 4 *кГ/см*^{2}.

В одной из аудиторий школы в штукатурке, нанесенной по сборным плитам, образовались трещины. По их граням и запыленности можно было предположить, что они появились давно.

Простукиванием не удалось установить прочность сцепления штукатурки с основанием. Однако при проверке состояния штукатурки на вышележащем этаже произошло обрушение штукатурки на участке площадью 70×85 *см* в том месте, где производилось предварительное простукивание. Толщина намета в месте отпадания штукатурки составила 25 *мм*, прочность раствора 50 *кГ/см*^{2}.

По кирпичным стенам фасада одного из зданий была нанесена известково-алебастровая штукатурка толщиной 8 *см*, поверх нее — цементно-песчаная накрывка толщиной 7 *мм*. Вследствие неисправности водосточной трубы дождевая вода попадала на цементную штукатурку и постепенно вымывала слабый раствор. Когда раствор оказался полностью унесенным водой, за цементной пленкой образовалась пустота на участке шириной 15—35 *см* и высотой 2,5 *м*.

В капитальном здании, возведенном в 1947 г., спустя 20 лет произошло обрушение штукатурки в помещении с высоты 3,4 *м* на участке площадью 2,6×1,4 *м*. Толщина

намета в отпавшей штукатурке составляла 35—40 *мм*, предел прочности раствора при сжатии 70 *кГ/см*^{2}.

Из отпавшей штукатурки отбирались пробы раствора. В пробе № 1 размером 19×30 *см* раствор состоял из двух слоев: первый слой имел толщину 21 *мм*; второй — 14 *мм*; в пробе № 2 размером 30×27 *см* соответственно 22 и 16 *мм*.

При оштукатуривании здания раствор наносился на потолок в три приема с разрывами: по металлической сетке, прикрепленной к каркасу, затем основной слой по маякам и выравнивающий слой.

Разрушение произошло между нанесенным по сетке обрызгом, который был выровнен соколом, и основным слоем штукатурки (рис. 20).

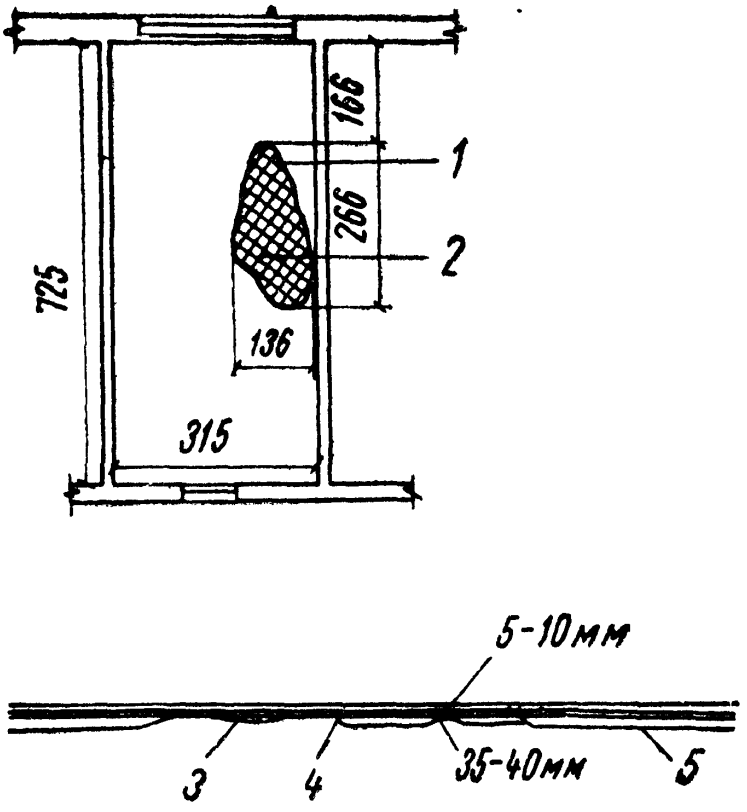


Рис 20. Обрушение слоя штукатурки, нанесенного по металлической сетке

1 — участок обрушившейся штукатурки; *2* — просматривающийся участок сетки; *3* — металлическая сетка; *4* — первый слой, нанесенный по сетке, не обрушился; *5* — основной намет — два слоя

Дефекты в штукатурке подвесных потолков вызываются определенными причинами. Крепление металлического каркаса по сетке подвесных потолков производится без соблюдения необходимой точности. Строители, выполняющие эти работы, полагаются на отделочников, которые с помощью раствора произведут необходимое выравнивание.

Выполняя отделочные работы по подвесным потолкам, металлическую сетку забрасывают раствором, затем его заглаживают. По подготовленной таким образом поверхности устанавливают алебастровые маяки и по ним выполняют штукатурные работы.

При подобной технологии утрачивается значение сетки для армирования штукатурки. Разрушение происходит между раствором, нанесенным по сетке, и основным слоем штукатурки.

Такой же причиной было вызвано обрушение штукатурки на участке площадью 1,5 $м^2$ в фойе театра. Толщина намета в штукатурке, отпавшей с высоты 7 *м*, составила 42 *мм*. По снятому с подвесного потолка для освидетельствования образцу сетки размером 40×40 *см* с нанесенным по нему раствором было установлено, что на сетке находился известково-алебастровый раствор толщиной 8—12 *мм*. Только 40% проволоки с ячейками 10×10 *мм* и толщиной 0,7 *мм* оказалось полностью в растворе, остальная часть проволоки лишь прикрывалась раствором или находилась вне его. Со стороны потолка раствор был выровнен; сцепления основного намета слоя штукатурки с выровненной поверхностью практически не было.

Интересен в этой связи пример армирования штукатурки, выполненной по металлическому каркасу в здании, построенном по проекту арх. И. В. Еготова в 1805 г. При разборке здания в 1961 г. были отобраны образцы штукатурки. По структуре они однослойные с наполнителем из мелкодробленого угля, армированы вязальной проволокой диаметром 2 *мм* с ячейками 6×6 *см*. Сетка проходила в слое раствора на глубине 8—12 *мм*. Видимых деформаций в штукатурке толщиной 32 *мм* обнаружено не было. Сетка крепилась к металлическому каркасу; несмотря на коррозию металла, сцепление ее со штукатуркой оказалось хорошим.

Существенное влияние на прочность сцепления раствора с бетонным основанием кроме других факторов оказывают температурно-влажностные условия твердения. Переменные температуры при искусственной сушке, например, калориферами или сосредоточенный прогрев штукатурки инфракрасными лампами вызывают повышенные усадки раствора, нарушение сцепления в слоях штукатурки и полный отрыв ее от основания.

В одном из помещений штукатурка, нанесенная по железобетонному перекрытию, даже при небольшом намете (12 *мм*) после интенсивной искусственной сушки отделилась от потолка на следующий день после нанесения. Обрушение произошло одновременно со всего потолка на площади 24 $м^2$.

Еще более опасной для снижения сцепления штукатурного раствора с бетоном является загрязненность поверхности плит налетами копоти, пыли, различных смазок и шпаклевок.

В здании школьного типа, занимаемом Институтом дефектологии, внезапно обрушилась штукатурка в коридоре на участке площадью 17 $м^2$. Толщина намета в разных местах составляла 15—38 *мм*. Здание было построено в 1940 г., штукатурка удерживалась на потолке 22 года.

Плиты типа ПРТ, которыми перекрывались перекрытия, имели длину 320 *см* и готовились в деревянных формах. Для снижения сцепления с древесиной формы обильно промазывались глиняным молоком. При отпадении штукатурки на поверхности бетона остался налет глиняной эмульсии 0,4—1,2 *мм*. Эта смазка и явилась причиной нарушения сцепления.

Детальные проверки отобранных образцов и осмотр участков потолка в местах обрушения штукатурки позволили сделать следующие выводы. Штукатурка удерживалась на потолке за счет неровностей в плитах, попадания частиц раствора в швы, благодаря высокой прочности нанесенного цементного раствора (до 150 $кГ/см^2$) и некоторого распределения нагрузки от веса штукатурки на опоры, которыми служили карнизы, расположенные вдоль потолка. Можно предполагать, что глиняная эмульсия как вяжущее тоже удерживала штукатурку на потолке. Об этом свидетельствует проверка сцепляемости штукатурки с глиняной эмульсией на других участках потолка.

В одном из зданий между уложенными плитами в перекрытии над четвертым этажом образовался перепад в 20 *мм*. Отделочники не придали этому значения и произвели обычную перед покраской потолков шпаклевку бетонной поверхности. Однако строители решили устранить замеченный дефект и нанесли штукатурный выравнивающий слой.

Спустя шесть месяцев после ввода здания в эксплуатацию произошло обрушение штукатурки на участке площадью 2,5 $м^2$. Как удалось установить, строители производили на поверхности бетона перед нанесением слоя штукатурки насечку остроконечным молотком отдельных углублений диаметром 10—15 *мм* через 20—15 *см*, но эта мера оказалась недостаточной и не обеспечила необходимого сцепления штукатурки с основанием.

После отпадения штукатурки на поверхности бетона не осталось следов раствора; отрыв произошел по нанесенному шпаклевочному слою.

3. Восстановление архитектурных деталей на потолках и сводах

Архитектурные и художественные детали колонн, потолков, если они выполнялись даже из материалов высокого качества и опытными мастерами, при длительной эксплуатации подвергаются постепенному разрушению.

В здании, расположенном по проспекту им. Калинина, построенном в 1902 г., по периметру крыши и на выступающих частях фасад украшен сложными архитектурными парапетами, выполненными из естественного камня и цементного раствора с включением в него кирпичного боя. Некоторые детали, в частности, шары и карнизы, изготовлялись из водостойкого гипса.

Парапеты и карнизы подверглись за годы эксплуатации большим разрушениям. Многие детали, выполненные из раствора, имели значительные трещины, разрывы; поверхностный слой их разрушен. На участках из естественного камня произошло выветривание и разрыхление структуры материала. Местами камень в виде мелких лещадок и более крупных кусков отделялся от основных конструкций. Стальные крепления, предназначенные для соединения отдельных каменных деталей между собой, в большинстве случаев подверглись коррозии.

Трещины в карнизах над крышей от проникания воды и образования льда постепенно за много лет увеличивались, что привело к отпадению нескольких шарообразных ионников. Гипсовые детали, прикрепленные на скрутках из тонкой стальной проволоки и не защищенные от воздействия коррозии, полностью проржавели — металл стал хрупким и легко разрушается.

Не исключена возможность, что остальные шары, закрепленные таким же способом, находятся в аварийном сстоянии.

При ремонте и восстановлении разрушенных деталей используются высококачественные материалы и нержавеющий металл. Работы выполняются в благоприятное время года с участием мастеров высокой квалификации.

В пятиэтажном здании более поздней постройки (1950 г.) парапетная решетка на крыше высотой 1,25 *м*, состоящая из столбиков, обвязок и лепных балясин диаметром 20 *см* в уширенной части оказалась в совершенно неудовлетворительном состоянии (рис. 21).

Балясины, изготовленные из цементного раствора марки 100 и армированные одним вертикальным стер-

жнем, растрескались от увеличивающейся в объеме ржавчины. Трещины с выколами раствора развивались в нескольких направлениях. Главные боковые фасады здания, на которых имеются архитектурные детали балконов и тяг карнизов со сложным профилем, в результате плохого состояния свесов кровель и металлических окрытий подвергались систематическим протечкам и атмосферным воздействиям. Многие архитектурные детали разрушены.

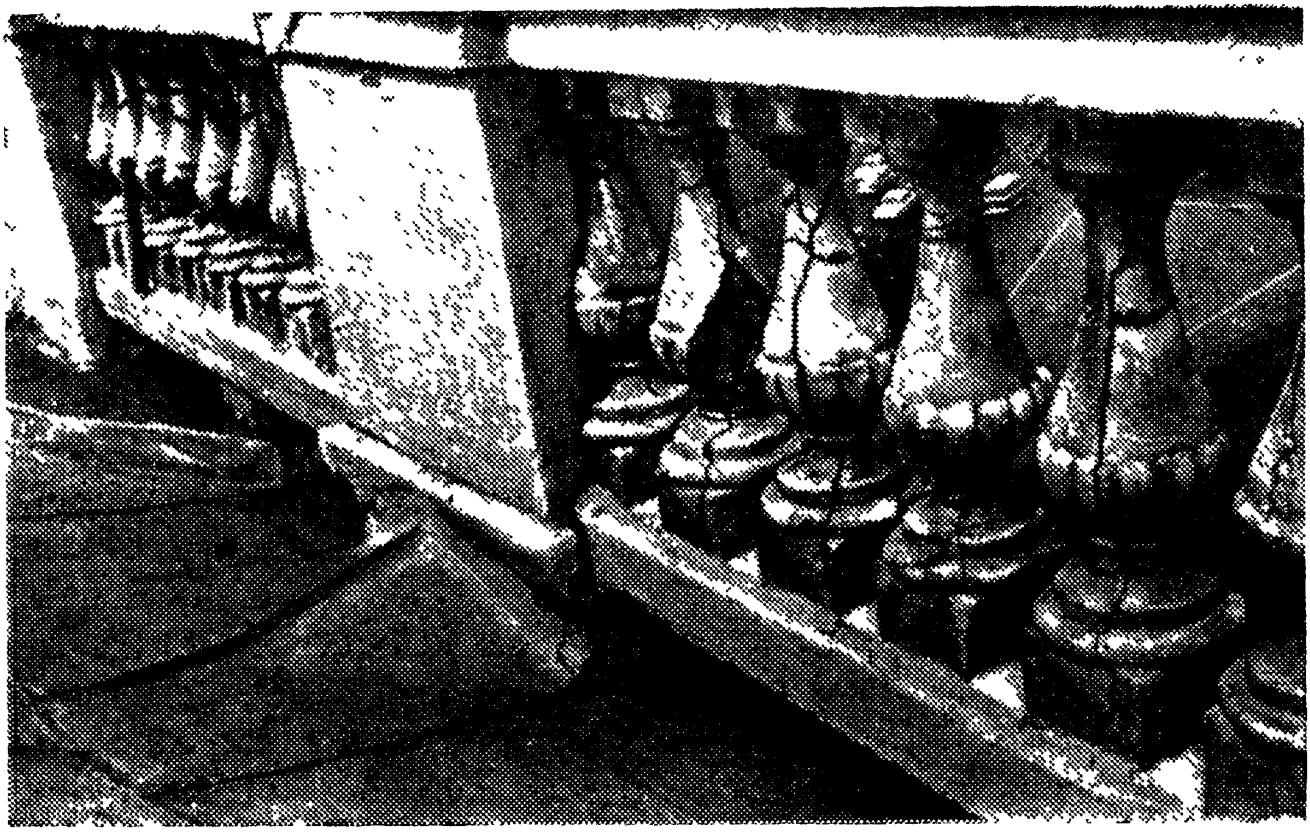


Рис. 21. Разрушение лепных украшений

Различные виды поверхностных и более глубоких разрушений конструкций возникают вследствие неудовлетворительных конструктивных решений защиты карнизов, поясков, балконов и швов в полносборных зданиях и попадания и задержки в щелях атмосферной влаги.

Еще в двадцатых годах инж. А. Грегор в курсе «Железные конструкции» (Гос. техн. изд-во, М., 1926) указывал: «К хорошо составленному безукоризненному проекту относится также правильное конструирование кровельного покрытия, желобов для воды, отводов воды и прочее».

Для устранения дефектов перестраивается гидроизоляция балконов: создаются необходимые уклоны, металлические сливы и спуски по всему периметру, производит-

ся замена проржавевших металлических окрытий, коньков, сливов на всех выступающих фасадах, подоконниках, сандриках, мансардах и фонарях, заменяются водосточные трубы, воронки и желоба.

При систематических протечках кровель необходимо проверять деревянные части крыш (обрешетку, балки, строительные фермы и др.). Все нарушенные парапетные детали следует полностью заменять новыми деталями. В процессе производства ремонтных работ, когда леса устанавливаются по фасадам зданий, выполняется сплошная проверка надежности всех лепных украшений, тяг, балконов и карнизов.

При проникании воды через трещины и капилляры на поверхности в результате льдообразований или изъянов конструкций разрушаются скульптурные украшения и фигуры, установленные на фасадах. Как правило, они выполняются из бетонов специальных составов, мелкозернистой смеси и раствора.

Так, следы повреждения бетона можно обнаружить, например, на скульптуре «Человек с быком», установленной на ВДНХ в 1953 г. на высоте 30 *м*. Часть фигуры имеет вынос за фасадную плоскость здания на 2,4 *м*. Длина всей скульптуры 8 *м*, высота 4 *м*, вес с постаментом 25 *т*. Скульптура весом 14,5 *т* была собрана из 56 отдельно оформленных бетонных армированных деталей, закрепленных к металлическому сварному каркасу из стали прокатных профилей через выпуски и накладки. Для изготовления деталей применялся белый цемент Тазского цементного завода, в качестве заполнителя — мраморная крошка крупностью до 10 *мм* и чистый песок белого цвета. Формование наружного слоя выполнялось способом полусухой набивки. Толщина бетонных деталей переменная — у стыков 8—10 *см*, а в средней части 4—6 *см*.

Под влиянием атмосферных осадков на поверхности скульптуры образовались различные трещины — от волосных до трещин шириной 3—4 *мм*. Распространение трещин не ограничивалось поверхностным слоем, они проходили в самой толще бетона. Швы между сборными деталями, которые при сооружении скульптуры плотно примыкали друг к другу, раскрылись.

Необходимо напомнить, что состояние металла в открытой и к тому же сложной конструкции каркаса постоянно изменяется. При сменах температур линейные из-

менения, происходящие в металлических конструкциях, оказывают влияние и на положение сборных железобетонных деталей, прикрепленных к каркасу. Уже говорилось о той разрушительной силе, которую оказывает коррозия на бетон в тех случаях, когда влага проникает к металлу. Однако это обстоятельство не всегда учитывается при проектировании конструкций и соединений.

Через множество трещин вода систематически проникала во внутренние полости скульптуры, чему в значительной степени способствовало также расположение ее на высоте, где под напором ветра вода просачивалась еще более интенсивно. Металлические петли, за которые детали крепились к каркасу, подверглись корродированию, как бы подтачиваясь главным образом у поверхности бетона. Петли изготавливались из арматурной стали диаметром 12 *мм*; у сохранившихся петель металл имел толщину лишь 5—6 *мм*. Это соответствует потере площади поперечного сечения на 75—83%, т. е. сохранившееся сечение в 4—6 раз меньше первоначального. Однако оставшийся металл несомненно подвергся структурной и межкристаллитной коррозии и утратил свою первоначальную прочность.

Скопление воды во внутренних полостях скульптур и других пустотных конструкций создает крайне неблагоприятную влажностную среду для металлических креплений, в особенности в местах, недоступных для периодического осмотра и восстановления антикоррозионной защиты.

Периодически должна проверяться надежность лепных украшений в уникальных и других зданиях.

В одном из уникальных зданий (Георгиевский зал в Кремле) крепление декора на сводах перекрытий и лепных украшений к стенам, пилонам и пилястрам производилось коваными барочными гвоздями. Они забивались в швы кладки на глубину 4—8 *см* в местах крепления деталей. Отформованная деталь в сыром виде примораживалась к кладке и вместе с тем закреплялась на выступающем конце гвоздя с уширенной шляпкой.

В зависимости от рисунка лепной детали защитный гипсовый слой обычно составлял 1—4 *см*. Детали внутри армировались тонкими деревянными рейками. Если намет превышал допустимые пределы, то дополнительно к выступающим головкам гвоздей привязывалась проволока.

Вскрытия гипсовых деталей, выполненных 150 лет назад, показали, что древесина прочно сцеплена с гипсовым раствором и находится в хорошем состоянии. Такая деталь меньше подвержена деформации и хорошо воспринимает случайные ударные воздействия.

Однако температурно-влажностные условия произвольно меняются в различные периоды эксплуатации сооружений и отдельные нарушения в сцеплении деталей вызываются как эксплуатационными особенностями, так и обстоятельствами, которые нельзя было заранее предвидеть.

Продукты коррозии, образовавшиеся на поверхности головок гвоздей, отрывают часть гипсовой детали от основания. На состояние деталей оказывают влияние и другие факторы — движущийся транспорт, большое скопление людей внутри помещений и др.

Средства для устранения дефектов и предохранения от случайных отпадений небольших кусочков лепнины довольно ограничены.

Наиболее эффективным способом сохранения лепных украшений в уникальных зданиях является периодическая проверка состояния надежности сцепления каждой детали. Непрочные детали удаляются и заменяются новыми. Все остальные детали могут быть дополнительно усилены латунными шурупами, к головке которых навивают медную проволоку диаметром 1,5 *мм*. Для каждого шурупа просверливают отверстие диаметром 8—10 *мм* так, чтобы оно было заглублено в кладку на 3—4 *см*. Отверстия заполняют гипсовым тестом, в которое плотно погружают шуруп. Выступающие усы из медной проволоки являются дополнительным удерживающим элементом лепной детали.

Только на 1 $м^2$ скульптурного декора зала устанавливалось 17 таких креплений, а по всему своду 37 тыс. Работа требовала от мастеров большой точности и высокого качества исполнения.

VIII. НЕКОТОРЫЕ ДЕФЕКТЫ В ПОЛНОСБОРНЫХ ЗДАНИЯХ

1. Отсыревание и промерзание стен

Объем строительства полносборных зданий увеличивается с каждым годом. На смену пятиэтажным пришли 9-, 12-, а также 16-, 17-, 25-этажные здания. В 1968 г. в

Москве строительство зданий высотой девять и более этажей составляло более 75%. Постоянно повышаются требования к качеству возводимых зданий и их отделке.

В уже построенных многоэтажных зданиях продолжают встречаться неудовлетворительно выполненные стыки, случаи протекания плоских совмещенных кровель, отсыревания и промерзания стен.

Причиной отсыревания стен могут быть не заполненные раствором или просмоленной паклей швы, недостаточная толщина или большой объемный вес засыпки чердачных перекрытий, неотрегулированная система отопления, повышенная влажность керамзитобетона в первые годы эксплуатации, недостаточная толщина стен или замена одного материала другим, с более низкими теплотехническими свойствами, отсутствие в помещениях проветривания и сквозной вентиляции, охлаждение через железобетонные конструкции, металлические балки и анкеры, капиллярное проникание влаги и подтапливаемость подвалов, появление конденсата на вытяжных трубах, неправильное устройство пароизоляции в чердачных перекрытиях.

В практике эксплуатации полносборных зданий встречаются случаи промерзаемости стен в отдельных квартирах.

Так, в январе и апреле 1964 г. были сданы в эксплуатацию два жилых дома из керамзитобетонных блоков (типовой проект серии II-18-01/9). При обследовании установлено, что в некоторых квартирах, расположенных преимущественно на восьмом и девятом этажах, в местах примыканий чердачного перекрытия к наружным стенам, на поверхности стен и потолков при понижении температуры наружного воздуха стала появляться сырость. Выполненные в 1966 г. работы по устранению дефектов в стыках между блоками несколько уменьшили, но полностью не устранили отсыревания на внутренней поверхности наружных стен.

В квартирах, расположенных на девятом этаже, в углах комнат и в местах примыкания чердачного перекрытия к наружным стенам появились черные пятна с плесенью; от постоянного увлажнения обои кое-где начали отслаиваться от стены; поверхность стен под обоями оказалась влажной. Аспирационным психрометром была определена относительная влажность (60%) и температура воздуха (18° С).

Сырые пятна распространялись на значительной площади стены, по которой расположены балконы, — в некоторых комнатах следы протечек проходили на потолках вдоль рустов в каждую сторону на 12 и 18 *см* на участке длиной до 2 *м*. Это было вызвано плохой заделкой балконных плит.

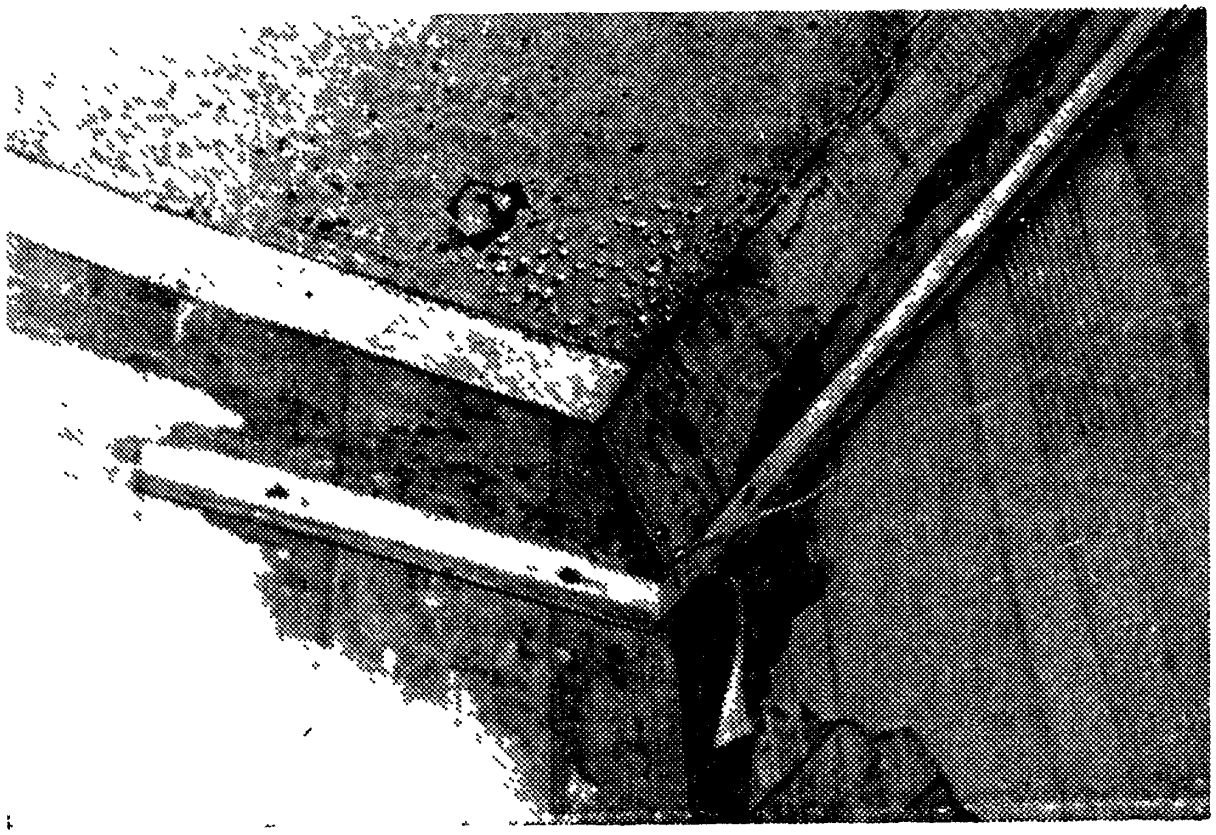


Рис. 22. Промерзаемость углов торцовой стены блочного дома

На чердачных перекрытиях в качестве утеплителя применялся керамзит, толщина засыпки составляла 13—16 *см* вместо требующейся по нормам 25—30 *см*. Отсыпка по периметру наружных стен не выполнялась. В результате температура воздуха в отдельных комнатах верхних этажей, расположенных в торцах здания, при морозах снижалась до 13—16° С.

Одной из причин отсыревания и охлаждения помещений в верхних этажах зданий являлась повышенная теплопередача узлов опираний и примыканий чердачных перекрытий к наружным стенам, обусловливаемая как конструкцией узла, не обладающего необходимой теплотехнической надежностью, так и недостаточным утеплением перекрытий (рис. 22). Дефекты, вызванные недостатками в зачеканке швов, малой толщиной утеплителя на чердачных перекрытиях и др., подтвержденные резуль-

татами обследований, могут быть легко устранены, швы вновь заделаны, слой утеплителя увеличен, работа системы отопления улучшена. Постоянное охлаждение и отсыревание стен в осеннее и зимнее время вызывается главным образом повышенным против требований, предусмотренных проектом, объемным весом блоков, выполненных из керамзитобетона и шлакокерамзитобетона.

2. Дефекты, вызванные превышением объемного веса ограждающих конструкций

В некоторых квартирах жилых блочных 9- и 12-этажных домов зимой 1966/68 г. в условиях продолжительных отрицательных температур начали отсыревать стены. Отдельные блоки намокали, и влага с них стекала на пол.

Для проверки объемного веса в некоторых квартирах были вырублены куски керамзитобетона непосредственно из стеновых блоков.

Результаты проверок образцов, вырубленных в различных отсыреваемых блоках, приведены в табл. 5.

Таблица 5

Влажность керамзитобетона в %	Объемный вес керамзитобетона в *кг/м*³	
	при естественной влажности	в сухом состоянии
14,4	1529	1337
10,7	1387	1252
9,7	1550	1413
11,3	1417	1273
9,1	1467	1345
10,1	1648	1497
11,1	1633	1470
14,4	1529	1337

Повышенная влажность стеновых блоков, вызванная недостатками технологии изготовления и дополнительным увлажнением их в процессе строительства, удерживается в конструкциях в течение первых двух-трех лет эксплуатации. Опыт показал, что по мере высыхания стен влажность их постепенно уменьшается, за исключением тех мест, где имеется протекание через швы.

Дефекты при повышенном объемном весе блоков устраняются путем утепления блоков с внутренней стороны

накладкой листового утеплителя или оштукатуривания теплым раствором толщиной до 3 *см*, приготовленным на шлаковом песке.

При появлении обильной сырости необходимо в первую очередь отрегулировать систему отопления, причем температура воздуха в жилых помещениях должна достигать 20—22° С, и провести искусственную сушку стен с обязательным интенсивным проветриванием помещений.

Опыт показывает, что до сих пор заводы, применяя некачественные материалы, выпускают часть изделий с повышенным объемным весом. Необходимо изменить толщину ограждающих конструкций с учетом применения блоков в данных климатических условиях.

3. Контроль за качеством заделки оконных блоков

Некачественная заделка оконных блоков является одной из дополнительных причин охлаждения помещений и образования конденсата на окнах. Проверка качества выполнения этих работ в эксплуатационных условиях производится реже. Между тем выборочные вскрытия подоконных досок и наличников показали, что пакля под влиянием увлажнения имеет неприятный гнилостный запах, а отдельные ее участки покрыты плесенью и сильно увлажнены.

В большинстве вскрытых законопаченных зазоров обнаружены не пакля, а смесь из мелких тряпок, веревок, сплетений ниток и ваты, что противоречит требованиям действующих ГОСТов на материалы, применяемые при законопачивании оконных блоков. Обнаружено также неплотное заполнение зазоров.

При вскрытиях оконных панелей, хранящихся на строительных площадках, было установлено, что влажность материала составляла 65—75%. После просушки выяснилось, что в части образцов для смачивания пакли был использован гипсовый раствор, остальные образцы показали полное отсутствие какой-либо обработки.

Небиостойкая пакля, используемая для проконопачивания оконных блоков, подвергается быстрому разрушению, и ее теплоизоляционные качества вскоре полностью утрачиваются.

В одном из капитальных зданий материал, примененный для проконопачивания, оказался полностью пора-

женным молью через восемь лет после ввода здания в эксплуатацию. Материал превратился в пылевидную, рыхлую несвязную массу темного цвета, а пространство между оконными блоками и проемами в стенах на 2—6 *см* оказалось не защищенным от проникания холодного воздуха.

4. Выколы в бетоне

Этот вид дефекта не носит массового характера, однако уже зафиксировано некоторое количество выколов в бетоне плит перекрытий и стеновых блоков. Пока профилактических мер против этого недостатка не удается выработать.

Причины подобных явлений полностью не исследованы. Можно утверждать, однако, что наиболее активно процесс выколов бетона протекает в первый год эксплуатации, в последующие годы эти нарушения в бетоне прекращаются.

Характер образования выколов можно проиллюстрировать данными наблюдений за жилыми квартирами, где эти изъяны начали появляться в бетоне после полной отделки здания. Корпуса № 9 и 10 домов серии I-515 были сданы в эксплуатацию в апреле 1967 г., а в мае в некоторых квартирах на стеновых панелях, уже оклеенных обоями, стали появляться отдельные выколы в бетоне. Процесс этот сопровождался вздутиями с последующим разрывом обоев в местах образования выколов. В июне-июле количество выколов увеличилось; в некоторых квартирах число выколов достигло 20—25 в отдельных панелях при диаметре отслоившегося бетона до 10—12 *см* и глубине до 20—25 *мм*.

В одной из квартир в августе были проведены ремонтные работы — бетон у основания выколов расчищен, образовавшиеся углубления заделаны раствором марки 100, стены затем были вновь оклеены обоями. Через некоторое время в одной из комнат на панелях появились новые выколы бетона аналогичного характера.

Случаи возникновения таких дефектов, которые принято называть «дутиками», на внутренних поверхностях конструкций встречаются довольно часто. Причинами образования выколов могут быть попадание в бетон частиц слабых известняковых пород, способных при увлажнении набухать и увеличиваться в объеме, засорение запол-

нителей непогасившимися зернами извести при транспортировании их в загрязненных вагонах или баржах.

В процессе добычи известняка, из которого затем изготовляется щебень, при взрывных работах в зоне взрыва возникает кратковременно высокая температура и создаются условия для частичного обжига известняка, попадающего затем со щебнем в бетон.

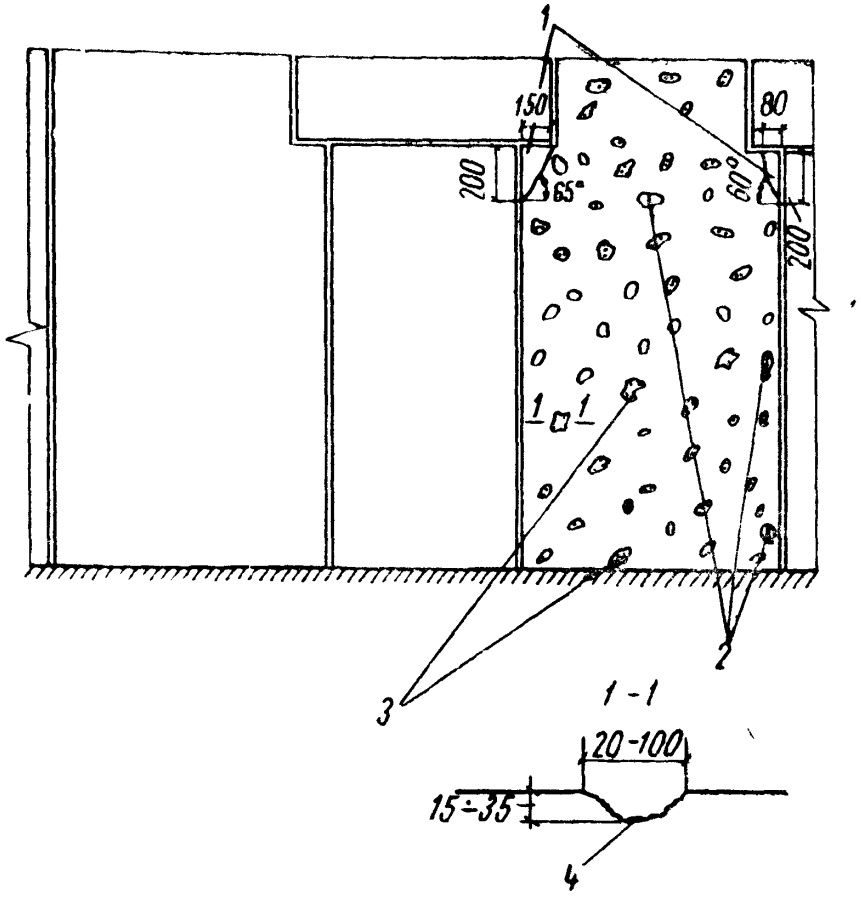


Рис. 23. Характерные выколы в бетоне железобетонных несущих панелей типа ВБ

1 — сколы бетона в опорных частях блока; *2* — оголенная арматура; *3* — местные выколы бетона на поверхности несущего блока (до 50—60 шт.) диаметром до 100 *мм* и глубиной до 35 *мм*, *4* — размягченный известняк

Поврежденные участки внутренних стен в местах выколов и там, где они только намечаются, следует расчистить с вырубкой у основания образовавшегося выкола остатков нарушенного щебня, который по виду и структуре отличается от нормальных зерен щебня.

После промывки и просушки расчищенные места заделываются — затираются цементным раствором состава 1 : 3 заподлицо с конструкцией.

Отделка ремонтируемых поверхностей выполняется с соблюдением принятых правил производства отделочных работ.

Выколы могут возникнуть и на потолочных железобетонных панелях, выполненных из бетона марки 200 на известняковом щебне прочностью 200—600 *кГ/см²* с содержанием более слабых включений. Выколы на плитах, как правило, появляются вскоре после заселения квартир в жилых комнатах, кухнях и коридорах. Размеры выколов различные — от 5 до 60 *мм* в диаметре и от 2 до 7 *мм* глубиной. Количество выколов на потолках в отдельных комнатах достигает 25—30 шт.

На рис. 23 кроме отделившихся кусочков бетона видны различные по величине вздутия, еще не оторвавшиеся от блока, но контуры нарушения четко очерчиваются. Такие поврежденные места очищают и затирают раствором.

В некоторых случаях на оштукатуренных поверхностях появляются массовые выколы бетона. Такие нарушения наблюдались на стенах после покраски их масляной краской.

Количество мелких «дутиков» было значительным — на отдельных участках стен их насчитывалось до 200 на 1 *м²*. Диаметр образовавшихся выколов составлял от 5 до 15 *мм*, глубина до 5 *мм* при толщине штукатурного слоя 25 *мм*. Там, где раствор отделился от стены, в образовавшихся углублениях видны были зерна непогасившейся извести; наибольший диаметр их 1—2,5 *мм*.

Причиной образования дефектов в оштукатуренных стенах явилась известь, содержащая большое количество непогасившихся частиц, которые в процессе гашения могут увеличиваться в объеме в 1,5—3 раза. Работы по отделке других помещений пришлось приостановить, для ускорения процесса гашения непогасившихся зерен извести, содержащихся в растворе, периодически смачивать поверхность стен теплой водой.

При гашении частиц известняка усилия, развивающиеся в бетоне, могут быть столь велики, что возможен отрыв больших кусков бетона от конструкции в том месте, где этот процесс протекает.

Такой случай наблюдался в монолитной железобетонной плите толщиной 60 *см*, в которой произошел выкол бетона марки 300 на участке площадью 60×75 *см*; толщина выколовшегося куска бетона у устья была равна 12 *см*.

В ступенчатом фундаменте размером 6×3,7×0,6 *м* в нижней и 5,2×2,7×0,6 *м* в верхней ступени после распа-

лубки, произведенной через сутки после бетонирования, в сопряжении между верхней и нижней ступенями по периметру образовалась трещина размером до 0,2 *мм*.

Через трое суток при твердении цемента (температура бетона достигла 70° С) и увлажнении слабых частиц трещина увеличилась и произошел полный отрыв верхней ступени фундамента от нижней. Фундамент весом более 19 *т* был поднят на 2,5—2,7 *см*. При сквозной трещине по периметру верхняя часть фундамента опиралась на нижнюю лишь в отдельных точках.

5. Дефекты в заделке швов

Низкое качество отделки вызывается использованием некондиционных отделочных материалов, нарушениями технологии работ и изъянами в самих конструкциях.

Неровная поверхность изделий при высокой прочности бетона затрудняет обработку поверхности. На устранении таких дефектов в железобетонных конструкциях постоянно занято большое число рабочих. Даже при тщательной обработке поверхностей не удается полностью устранить возникшие в процессе изготовления конструкции недостатки.

Наиболее трудоемкая работа — это заделка одиночных и групповых трещин в конструкциях и больших перепадов между уложенными плитами. В таких случаях вдоль плит укладывают слой выравнивающей штукатурки, которая в последующем может отделиться от бетона.

Сцепление между необработанной поверхностью бетона и свежим раствором оказывается слабым. По мере твердения раствора и в результате возникающей при этом усадки нарушается контакт как по контуру, так и в плоскости соприкосновения этих двух разнородных материалов. Наступает момент, когда разделка руста должна быть удалена с потолка, так как она может упасть.

Устранение таких дефектов нередко требует ремонта всего потолка.

Принято считать, что разделка рустов является простой операцией, однако эта работа требует большого внимания, она должна выполняться по определенной технологии, с учетом разнообразия стыкуемых конструкций. Работы по разделке рустов должны выполнять квалифицированные штукатуры, имеющие необходимые навыки.

Для обеспечения надежного сцепления раствора с бетоном операции по разделке рустов следует выполнять в такой последовательности:

1) поверхность бетона очищают от твердой цементной пленки, налетов масла, шпаклевки и смазочных эмульсий;

2) производят насечку или механическую очистку поверхности стальными щетками;

3) промывают поверхность струей воды;

4) перед нанесением раствора поверхность смачивают.

В процессе твердения необходимо периодически вдоль шва увлажнять раствор. Работы должны выполняться при температуре не ниже 10° С.

При наличии уступов и в тех случаях, когда швы между плитами более 2 *см*, в шов вводят под углом 15—20° гвозди, которые связывают между собой проволокой. В последующем проволока и головки гвоздей защищаются слоем наносимого раствора. Нельзя наносить раствор в один прием. В зависимости от толщины шва эта работа выполняется в несколько приемов с выдерживанием каждого нанесенного слоя. Раствор готовится небольшими порциями на месте. Брать раствор для разделки швов из ящиков и разбавлять его водой нельзя, этим можно нанести ущерб качеству выполняемых работ.

Много упреков вызывают дефекты в швах наружных конструкций. Протекание и промерзание, наблюдающиеся в панельном и крупноблочном строительстве, можно отнести за счет неудачи конструкции стыков. Однако значительную роль в этом играют несовершенная технология обработки и зачеканки швов.

Неплотная заделка швов не может быть компенсирована поверхностной обмазкой их гидроизоляционными и герметизирующими составами. Пленка, наносимая по поверхности шва, нуждается в периодическом обновлении из-за «старения» материала и потери им эластичности.

В полносборном строительстве из-за отклонения в размерах конструкций и трудностей, связанных с необходимостью обеспечения точности монтажа, нарушается горизонтальность и вертикальность швов между блоками и панелями. Встречаются разные по размерам — толщине, длине и конфигурации — швы в смонтированных конструкциях. Это неизбежно приводит к образованию щелей между уложенным герметизирующим материалом из гернита, просмоленного каната и пр. и телом конструкции. При дождях и сменах температур наружного возду-

ха внутренние поверхности стен вдоль шва начинают отсыревать. Через неплотные швы вода проникает также в тело панелей, и тогда намокание распространяется по большой площади.

Полная и надежная герметизация швов в полносборных зданиях достигается только при плотной двусторонней зачеканке швов качественным цементным раствором. При ударном методе обработки швов раствором заполняются все щели в сопряжениях конструкций и швам придается монолитность. Это полностью предупреждает проникание дождевых вод через швы. С внешней стороны уже по сухому раствору швы дополнительно окрашиваются герметизирующими составами, однако при качественном выполнении работ по заделке швов можно и не прибегать к такой обмазке, как менее долговечной, чем цементный раствор.

При неточности монтажа и больших допусках в размерах конструкции следует избегать создания обратных уклонов или уступов в разделке швов, на поверхности которых может задержаться вода и образоваться наледь. Швы должны обрабатывать опытные рабочие по выработанной технологии качественными растворами.

IX. МЕРЫ ПО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ ДЕФЕКТОВ

1. Полевая метрология

Строительными и специализированными лабораториями широко применяется стандартная метрологическая аппаратура — различные лабораторные прессы и испытательные машины, весы, меры, измерительные приборы и инструменты, при помощи которых ведутся систематические испытания строительных материалов по действующим ГОСТам. Однако высокие темпы строительства и все возрастающие требования, предъявляемые к его качеству, внедрение новых конструкций и типов зданий требуют существенного улучшения метрологического обслуживания строительных организаций.

Из-за отсутствия простейших методов и средств для выполнения полевых, ускоренных измерений и повседневного контроля за качеством строительной продукции с определением угловых линейных отклонений от установлен-

ных параметров на строительство попадают некачественные материалы, изделия, детали сборных конструкций, для исправления которых приходится затрачивать большие средства.

На группы метрологической службы при лабораториях, институтах и мастерских возлагаются функции внедрения прогрессивных методов и приборов по контролю качества материалов, изделий и конструкций, а также качества выполняемых строительных работ, точности, надежности и прочности сооружений.

Группы метрологической службы осуществляют проверки, тарировки, юстировки лабораторного оборудования, мер, специальных инструментов, дозаторов, электронной и радиометрической аппаратуры и других измерительных приборов, применяемых в строительстве.

В обязанности метрологической службы должны также входить отбор, апробирование и внедрение аппаратуры и измерительного инструмента, применяемых в строительстве и других отраслях промышленности, приборов общего назначения, комплекса приборов для пооперационного контроля и автоматизации управления производственными процессами на технологических линиях заводов железобетонных изделий и конструкций с современными способами производства (прокатным, кассетным и др.), аппаратуры для специального контроля качества строительных работ, выполняемых в зимних условиях (определение влажности материалов и конструкций, замерзания свободной воды, промораживания грунтов оснований, фиксации температурно-влажностного режима).

Метрологическая служба обеспечивает и внедряет в практику строительства систему предварительного, опережающего контроля (до поступления изделий, конструкций и материалов на строительство), контроля линейной и угловой размерности, объемного веса, общего веса, влажности, качества фактурной отделки конструкций, железобетонных и столярных изделий и основных строительных материалов — цемента, кирпича, товарного бетона и раствора, древесины. Делом метрологической службы является обобщение опыта, использование имеющихся простейших средств полевой метрологии и распространение на строительстве специальных наборов измерительных инструментов и приспособлений для контроля за качеством бетона, раствора, сварных соединений, гидроизоляции и пр.; контроля за развитием трещин, уста-

новлением прогибов, сцепляемостью раствора с кладкой и бетоном, антикоррозионной защитой и покрытием закладных деталей, связей, герметизацией стыков панелей и блоков.

2. Приспособления и инструмент для контроля за качеством сварных соединений

Для визуального осмотра и проверки законченных сварных швов, соединений, узлов и примыканий сборных железобетонных элементов используются проверенный простейший инструмент и приспособления, укомплектованные в специальный набор. С помощью этого набора устанавливаются размеры сварных швов, форма и разновидность проплавления, внешние дефекты, подрезы, раковины, крупные поры, непровары, шлаковые включения и трещины.

Если при освидетельствовании устанавливается, что сварные швы не отвечают проектным размерам, или обнаруживаются отдельные нарушения, то выдаются рекомендации по устранению допущенных дефектов.

В полевом наборе инструментов и приспособлений имеется остроконечный молоток для вскрытия шлаковых включений, так как их наличие в сварных швах снижает качество сварки и значительно ослабляет конструкцию. При проверке сварного шва выявляют глубину и диаметр залегания шлака. В зависимости от величины шлаковых раковин устанавливают необходимость в дополнительной заварке ослабленных мест.

Молоток с заостренным концом изготовляется из стали марок У-7, У-9. Острие молотка подвергается закалке. Для рукоятки используются твердые породы древесины (кизил, рябина, береза, дуб). Вес молотка с рукояткой 420 *г*. Молоток может быть изготовлен в мастерской строительного объекта.

В набор для контроля за качеством сварки входит также молоток весом 50 *г*, предназначенный для простукивания сварного шва. Если сварка некачественна, то при простукивании обнаруживается характерный вибрирующий звук в местах непровара шва. Кроме того, в набор входят шариковый молоток для проверки качества бетона в местах заделки закладных деталей, стальная щетка для очистки деталей и швов от загрязнения, коррозии и шлака, слесарное зубило диаметром 16 и 10 *мм*,

длиной 22 и 12 *см* для срезки шва, напильники с ручками для зачистки шва под шлиф (плоский 250×20×4 *мм* и квадратный 250×10×10 *мм*), алюминиевые бюксы диаметром 50 и высотой 40 *мм* для отбора и хранения проб

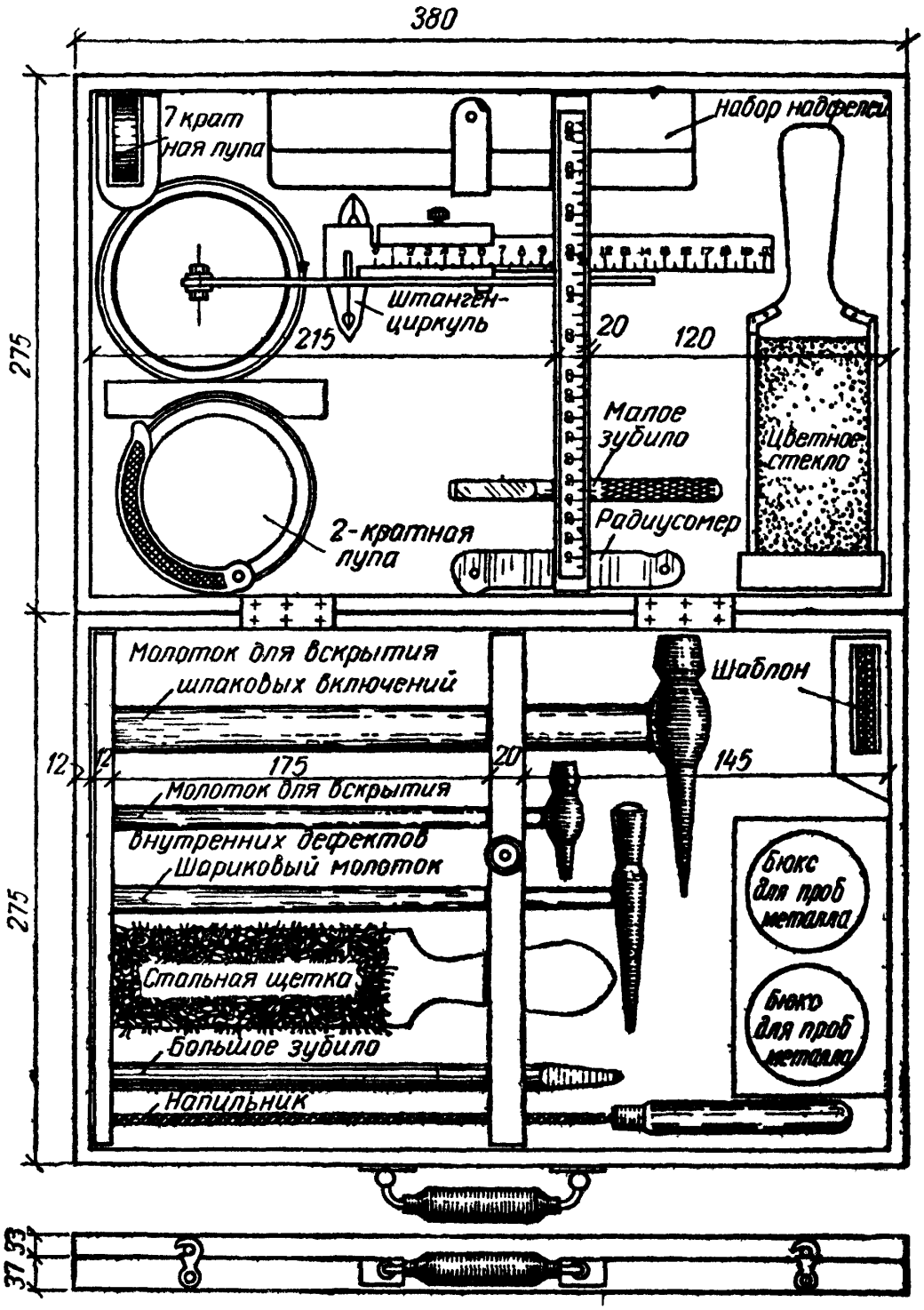


Рис 24 Набор приспособлений и инструмента для полевого контроля качества сварки

металла и налетов коррозии, шаблон для измерения сварных соединений и их соответствия проекту, лупа с двукратным и семикратным увеличением для выявления трещин и других дефектов, зеркало для осмотра швов в недоступных местах, штангенциркуль с точностью

отсчета ±0,1 *мм*, набор надфилей для зачистки швов, радиусомер для измерения зазоров величиной от 0,5 до 10 *мм*, цветное стекло для наблюдения за работой сварщика, а также измерительная стальная линейка, фонарь, наждачная бумага и журнал, в котором фиксируются измерения швов и состояние узлов.

Инструмент укладывается в специально изготовленный деревянный футляр, в котором все приспособления закрепляются зажимами Вес футляра с набором инструмента 4 *кг* (рис. 24).

Набор с инструментом для контроля за качеством сварки предназначен для работников лаборатории, ОТК, производителей работ, инженеров-сварщиков, осуществляющих контроль за качеством сварных швов и соединений.

3. Измерение прогибов строительных конструкций

В сооружениях при недостаточной пространственной жесткости конструкций, пробелах в армировании, низком качестве самих конструкций, ползучести бетона наблюдаются повышенные и возрастающие во времени прогибы.

Для измерения прогибов в строительстве применяются стоечные и гидравлические приборы, а массовые проверки осуществляются прибором из тарировочных стоек (авторы Б. Н. Панов и О. Н. Усова), с помощью которого можно измерять прогибы и искривления строительных конструкций, находящихся в горизонтальном, наклонном и вертикальном положениях. Погрешность в измерениях при пролетах до 6 *м* не превышает 2 *мм* (рис. 25).

Такой прибор состоит из трех легких штанг — металлических или деревянных — и тонкой капроновой нити, прикрепленной к двум боковым штангам в точках, расположенных на одинаковых расстояниях от рабочих концов штанг. Быстрая перестройка прибора на разные пролеты обеспечивается установкой на одной из штанг бобины тормоза, позволяющей регулировать натяжение и рабочую длину нити в соответствии с пролетом исследуемой конструкции. На бобину по окончании работы наматывается вся нить. Средняя штанга имеет двустороннюю шкалу для отсчетов, нулевое деление расположено от ее конца на таком же расстоянии, как и на боковых штангах.

Для проверки прогибов конструкций в жилищном строительстве принята длина штанг 1,2 *м*. В помещениях, где высота превышает обычную, используются градуированные раздвижные метроштоки. С помощью метроштоков можно замерять прогибы конструкций, расположенных от пола на высоте до 5 *м*.

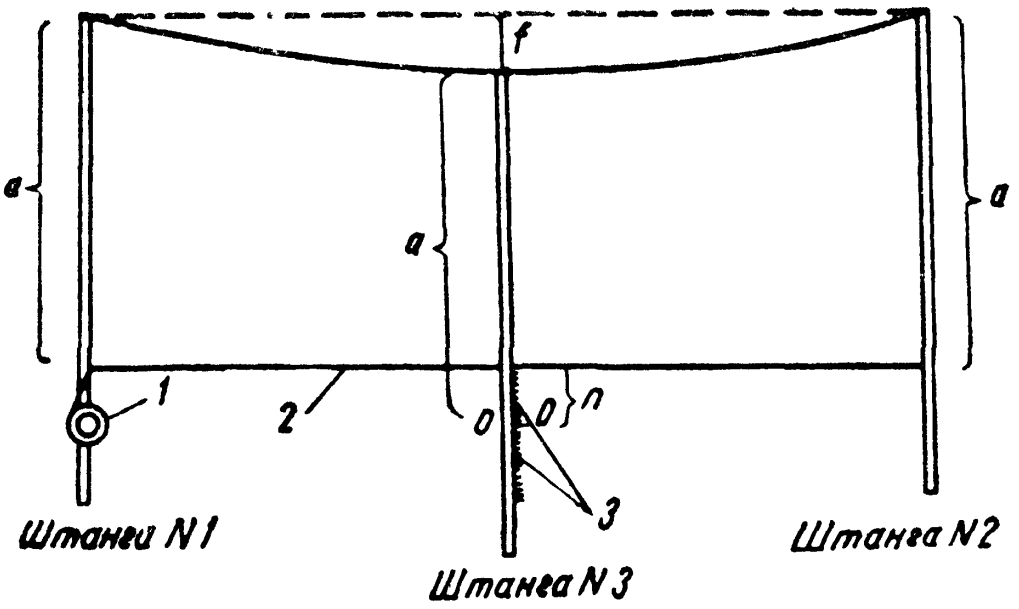


Рис. 25. Примеры определения прогиба плит перекрытий прибором из тарировочных стоек

1 — бобина, *2* — нить; *3* — шкала; $a = \text{const}$; $n = f$

Метрошток представляет собой металлическую штангу, состоящую из трех градуированных отрезков труб с ценой деления 1 *мм*. В рабочем положении штанга имеет длину 3 *м*, в собранном виде, когда штанги задвинуты одна в другую, — 1 *м*. Диаметр нижней штанги 30 *мм*, средней 27 *мм*, верхней 24 *мм*. Общий вес метроштока 2,2 *кг*.

При измерении прогибов между двумя метроштоками, устанавливаемыми в крайних точках проверяемой конструкции, закрепляется тонкая капроновая нить. На одном из них нить закрепляют специальным передвижным хомутом на определенном расстоянии от метроштока; на другом капроновую нить наматывают на катушку с тормозом. По мере необходимости и в зависимости от длины измеряемой конструкции капроновая нить разматывается или натягивается с помощью воротка катушки. Когда нить принимает строго горизонтальное рабочее положение относительно проверяемой конструкции, она фиксируется тормозом.

По градуированной шкале среднего метроштока производят отсчет прогиба от середины пролета конструкции до нити. Прогиб проверяют не только в середине пролета, но и на любом расстоянии от места опоры.

При измерении прогибов штанговым прибором выполняют последовательно следующие операции:

1) подготавливают метроштоки для работы; в зависимости от высоты конструкции на этаже производят соответствующую установку метроштока с фиксацией капроновой нити в соответствии с длиной проверяемой конструкции;

2) у краев опор конструкции устанавливают вертикально метроштоки. Для проверки вертикальности каждый из них снабжен отвесом; при необходимости многократной проверки прогибов конструкции во времени на постоянных точках штанг делают оттиски специальным штампом в виде кружка; края штанг заканчиваются конусообразным наконечником;

3) натягивают нить;

4) средним метроштоком по совмещению нити с делениями на шкале производят отсчет фактического прогиба.

По окончании работы прибор, предварительно протерев его слегка промасленной тряпкой, помещают и хранят в специальном чехле. В теплом помещении штанги должны быть раздвинуты, просушены и вновь протерты.

Прогиб конструкций с помощью метроштока фиксируют три человека: двое устанавливают прибор у краев проверяемой конструкции, третий производит замеры прогиба и записывает отсчеты в журнале измерений.

4. Измерение трещин в конструкциях

Трещины в конструкциях измеряют градуированной лупой. Она состоит из стеклянной пластинки с нанесенными на ней делениями по 7,5 *мм* в каждую сторону от нулевого деления. Пластинку с делениями закрепляют в специальной оправе, внутри которой лупа перемещается вверх или вниз. При отсчетах измерительную лупу накладывают на трещину. Нулевое или крайнее деление на стекле должно совпадать с краем измеряемой окружности. Отсчет производят по градуированной шкале, нанесенной на стеклянной пластинке.

При измерении трещин в затемненных участках следует пользоваться электрической лампой.

Трещины с раскрытием от 1 до 0,1 *мм* удобнее измерять трафаретами (рис. 26) с нанесенными на них линиями различной толщины: 1; 0,9; 0,8; 0,7; 0,6; 0,5; 0,4; 0,3; 0,2; 0,1 *мм*.

Трафареты изготовляют из позитивной пленки размером 8×10 *см* с нанесенными на ней линиями. При измерении трещин в конструкциях трафарет прикладывается к трещине и устанавливается таким образом, чтобы соответствующая линия совпадала с размером измеряемой трещины. Каждая трещина фиксируется в журнале; измерения периодически повторяются.

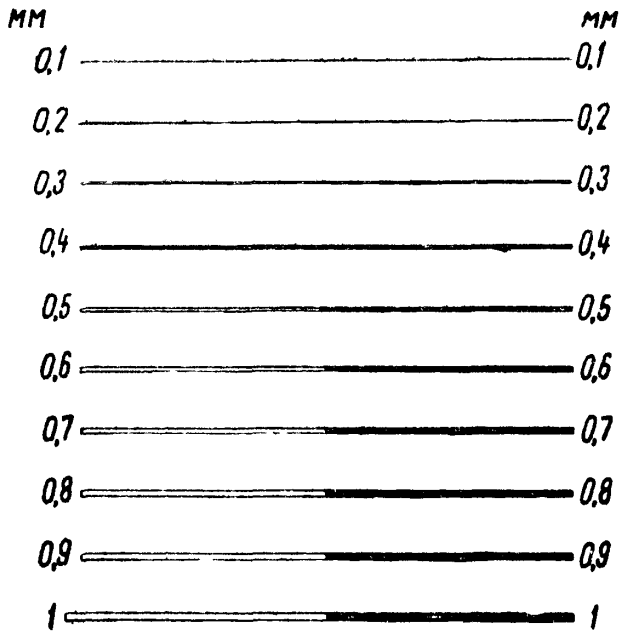


Рис. 26. Трафарет для измерения раскрытия трещин

Трафарет может быть изготовлен на месте по чертежу с нанесенными линиями. Линия в 1 *мм* на чертеже равна 10 *мм*. При фотосъемке чертеж, увеличенный в 10 раз, уменьшается на позитивной пленке точно в 10 раз, что соответствует размерам, принятым на трафарете линий.

5. Прибор для определения нормативного сопротивления кладки осевому растяжению

Качество кирпичной кладки определяется по показателям прочности кирпича и раствора, толщине швов и тщательности перевязки кладки.

Весьма важной характеристикой прочности каменных конструкций, в особенности при строительстве в сейсмических районах, является также сцепление кирпича с раствором.

При проверке прочности сцепления кладки на месте производства работ изготовляют образцы для контрольных испытаний. На каждом этаже каждой секции готовится до девяти образцов из того же кирпича и раствора, который употребляется в дело. Кирпич склеивают попар-

но крест-накрест с толщиной шва 8—10 *мм*. Образцы испытываются в 7-, 14- и 28-суточном возрасте по три от каждой партии.

При определении нормативного сопротивления кладки осевому растяжению следует также проводить предварительные лабораторные контрольные проверки прочности кирпича на сцепление. Для выбора оптимальных характеристик подготавливают образцы, предварительно насыщенные водой в течение 5, 10 и 15 *мин*. Образцы испытывают в суточном, 3-, 7- и 28-суточном возрасте. Толщина шва подливки во всех образцах должна быть одинаковой, для этого применяют специально изготовленные ограничители.

В качестве примера в табл. 6 приводятся показатели лабораторных испытаний образцов кирпича осевому растяжению.

Таблица 6

Состояние кирпича в зависимости от времени насыщения его водой	Сцепление кирпича с раствором в *кГ/см²* в партиях					Среднее значение сцепления кирпича с раствором в *кГ/см²*	Выдерживание кирпича после подготовки к испытанию
	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й		
С естественной влажностью	0	0,7	1,2	0,6	1,4	0,78	15
Влажность 3,6%, смоченный водой	1,7	1,9	1,8	1,7	2,5	1,92	18
Влажность 12%, насыщенный водой в течение 5 *мин*	1,3	1,1	1,3	1,6	2	1,46	20
Влажность 13%, насыщенный водой в течение 10 *мин*	1,2	0,8	0,7	0,7	1,2	0,92	20
Влажность 13,8%, насыщенный водой в течение 15 *мин*	1,2	1	0,5	0,7	0,2	0,72	20

Примечания: 1. Марка раствора 100; портландцемент марки 400; состав раствора (по объему) 1 : 3; осадка стандартного конуса 10 *см*.

2. Кирпич глиняный обыкновенный марки 100, объемным весом 1650 *кг/м³*; толщина шва подливки 10 *мм*.

3. Подготовленные образцы испытаны в возрасте 15—20 суток после подливки.

Для определения сцепления кирпича с раствором изготавливают специальное приспособление, состоящее из трех частей: нижнего опорного основания с боковым

шарниром, верхней нажимной площадки с боковым шарниром и шариковых опорных плит.

Нижнее основание представляет собой П-образную площадку размером 170×125×10 *мм*. Одна из боковых стоек изготовляется размером 125×90×10 *мм*, другая, шарнирная, состоит из двух пластин размером 125×60×

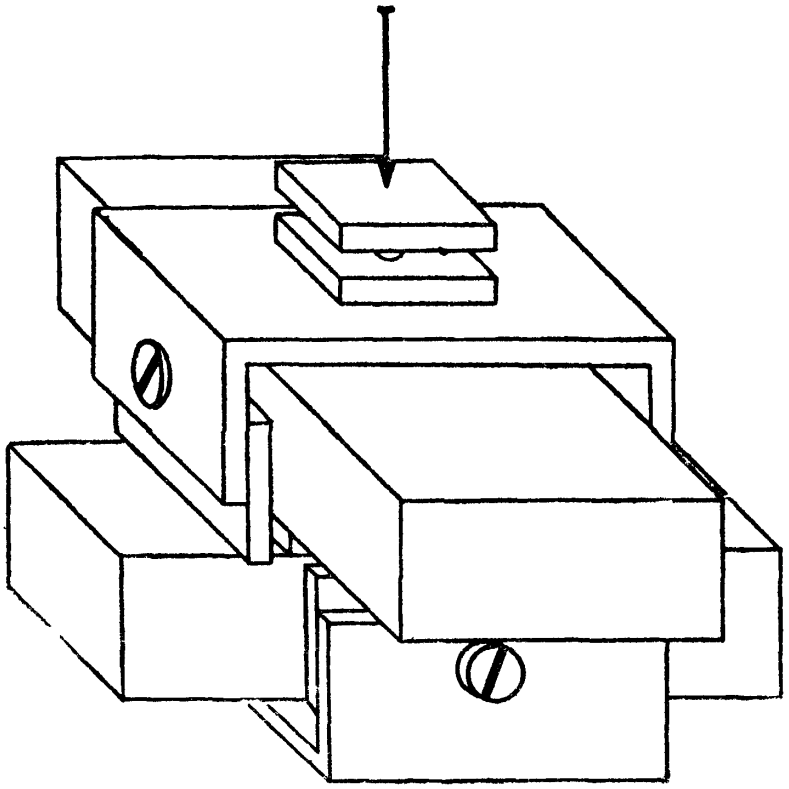


Рис. 27. Прибор для определения сцепления раствора с кирпичом

×10 *мм*, скрепленных между собой шарнирным болтом; боковые пластины крепятся к опорной плите винтами М6 с потайной головкой (рис. 27). Шарнирное устройство обеспечивает равномерное опирание кирпича на опоры и передачу нагрузки.

К верхней площадке размером 170×125×10 *мм* крепится вспомогательная плита размером 80×80×15 *мм*, имеющая по центру гнездо для устройства шарнира (диаметр шарика 17,5 *мм*). На вспомогательную плиту опирается верхняя плита, имеющая гнездо такого же диаметра.

При испытании образцов на сцепление на площадку испытательной машины типа УМ-5-ТС устанавливается нижнее опорное основание, закладывается подготовленный образец кирпича, а затем устанавливаются верхнее нажимное приспособление и шарнирные плиты. Машина

включается в работу и фиксирует показания маятникового силоизмерителя (шкала с отсчетом от 0 до 1000 *кг*).

При отсутствии испытательной машины указанного или другого типа мощностью не более 1 *т* усилие создается рычажным прибором с плечами 1 : 10; нагрузка повышается за счет постепенной загрузки бадьи дробью или песком (влажностью не более 2%).

6. Наблюдения за температурой наружного воздуха

При производстве строительных работ в зимнее время необходимо постоянно вести наблюдения за температурой наружного воздуха. Если вблизи строительства располагается метеорологическая станция, следует пользоваться ее метеосводками. В других случаях наблюдения за температурой наружного воздуха организуют непосредственно на строительстве сотрудники строительной лаборатории.

Рекомендуется вести круглосуточные наблюдения с замером температур шесть раз в сутки. В условиях Москвы, например, принято следующее время измерения температур: 2, 6, 10, 15, 19 и 23 *ч*.

Так как при односменной и двухсменной работе круглосуточное дежурство организовать трудно, следует кроме обычных термометров пользоваться максимальными и минимальными термометрами и термографами (самописцами).

Во избежание непосредственного воздействия солнечной радиации и возможной радиации от стен зданий, штабелей кирпича и других строительных материалов рекомендуется устанавливать все приборы в специальной метеорологической будке, расположенной на открытой площадке на высоте 1,8 *м* от уровня земли (см. «Рекомендации по зимнему бетонированию». РИЛЕМ, Стройиздат, 1965, стр. 53).

Если соблюдение таких условий невозможно, допустимы некоторые погрешности в измерениях — приборы устанавливают на открытом воздухе, обязательно защищая их от попадания прямых солнечных лучей.

Результаты измерений температуры наружного воздуха фиксируются в журнале наблюдений (форма журнала приведена в табл. 7).

По зафиксированным в журнале наблюдениям на миллиметровой бумаге вычерчивается график, дающий наглядное представление об изменении температуры на-

Таблица 7

Год и месяц	Число	Температура в °С в следующие часы наблюдений						Среднесуточная температура в °С	Примечание
		2.00	6.00	10.00	15.00	19.00	23.00		

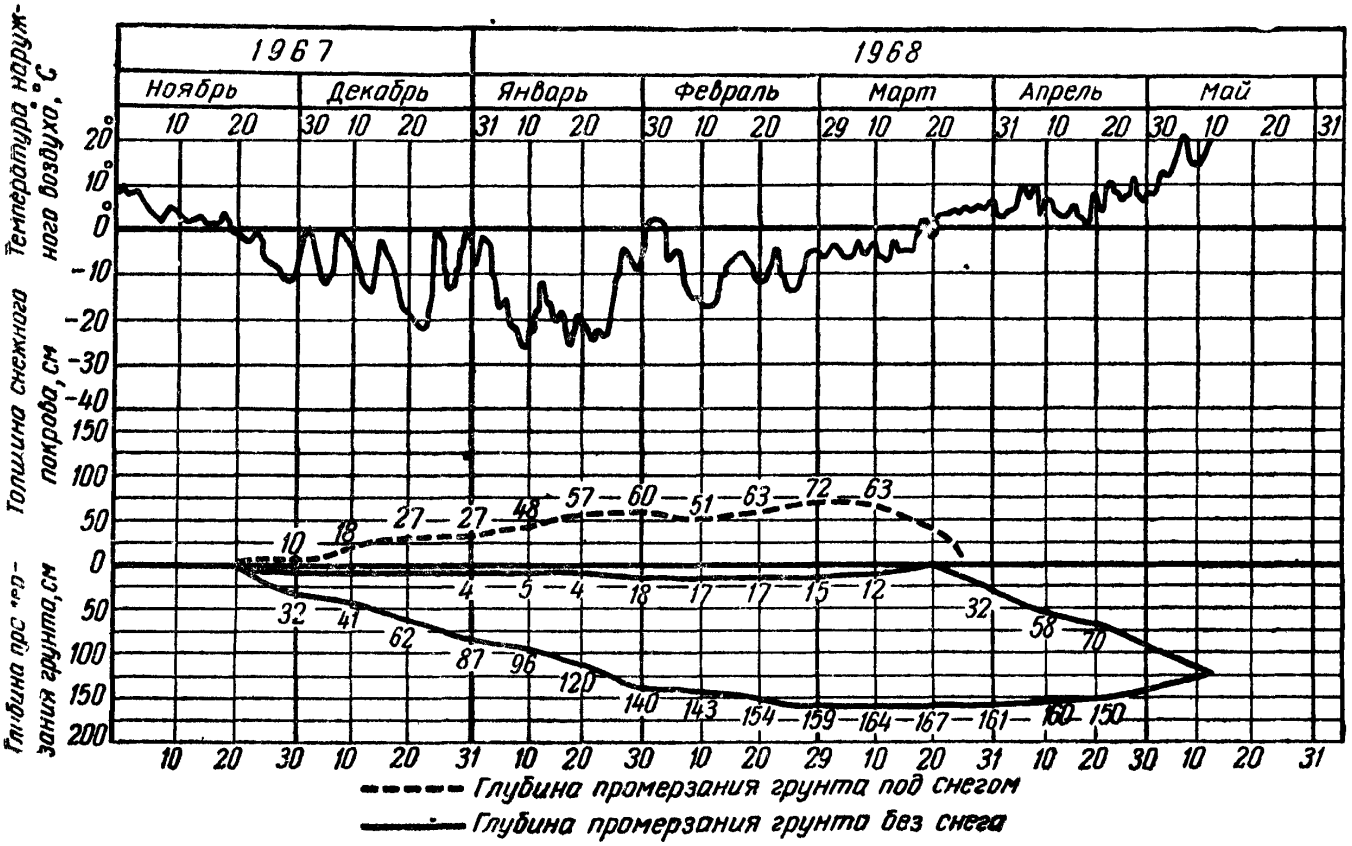


Рис 28. Зависимость глубины промерзания грунта от температуры наружного воздуха

ружного воздуха во времени (рис. 28). По оси абсцисс откладывается время в сутках, по оси ординат — температура в °С. Для получения годового графика размером 80×40 *см* рекомендуется принимать масштаб — в 6 *мм* — одни сутки и в 1 *мм* — 1°С. График строится на листе в три полосы, по четыре месяца в каждой.

7. Контроль и анализ качества раствора в швах полносборных и кирпичных зданий

При современных методах возведения 5—12-этажных зданий строительство их завершается в зимний период, в связи с чем предъявляются дополнительные требова-

ния к растворам, твердеющим при отрицательной температуре воздуха в швах зимней кладки.

Контроль за качеством и фактической прочностью раствора в пробах, отбираемых из швов зимней кладки, производят для того, чтобы установить возможность возведения вышележащих этажей зданий, определить несущую способность и устойчивость возводимых конструкций перед наступлением естественного оттаивания раствора в весеннее время и необходимость в проведении мероприятий по искусственному отогреву кладки для повышения прочности раствора.

При отсутствии контроля за качеством и прочностью раствора в швах зданий, возводимых в зимнее время, могут появиться неравномерные осадки, местные перенапряжения и деформации конструкций и сварных соединений.

Опыт отбора проб из швов зимней кладки на строительных объектах показал, что такой способ позволяет быстро и более точно определять фактическую прочность раствора после оттаивания и уже на следующий день после отбора проб получать сведения о качестве и прочности раствора в данной конструкции.

Контроль за качеством раствора по кубикам в возрасте 7 и 28 дней не учитывает особенности твердения раствора в швах кладки или между блоками и другими конструкциями, поэтому получаемые результаты не соответствуют фактической прочности раствора непосредственно в конструкциях.

Располагая данными о прочности раствора в определенных простенках и на соответствующих этажах, строители и проектировщики могут судить об устойчивости возводимых зданий и регулировать сроки производства работ по возведению зданий в зимнее время.

Если прочность раствора окажется ниже, чем это требуется для несущей способности конструкций, проводятся меры, обеспечивающие повышение прочности и устойчивости их в период весеннего оттаивания (искусственный обогрев раствора в нижележащих этажах, крепление простенков, временное прекращение монтажа вышележащих этажей).

Наблюдения за качеством и прочностью раствора должны проводиться не только во время твердения его в швах конструкций, но и в процессе изготовления или пребывания на строительных объектах.

Пробы раствора в количестве не менее 3—4 отбирают из горизонтальных швов в виде пластинок размером 5×5—7×7 *см*. Пластинки раствора обычно имеют неправильную форму и толщину от 10 до 40 *мм*. Пробы отбирают также из определенного участка конструкций (простенка, участка стены, под блоками и др.). Образцы, отбираемые из конструкций, в тот же день доставляют в лабораторию, где они выдерживаются при температуре 20—22° С в течение 2—3 *ч*.

После оттаивания образцов пробы, обладающие нулевой начальной прочностью или имеющие низкую прочность — до 2—4 *кГ/см*^{2}, испытываются косвенными способами с помощью стальных заостренных щупов — по глубине борозды, образующейся на образце, по характеру разрушения образца при нажатии его о толстое стекло.

Признаками нулевой прочности являются: рыхлая структура раствора после оттаивания, повышенная влажность, превращение раствора при незначительном усилии в несвязную массу. При прочности 2—4 *кГ/см*^{2} раствор обладает первоначальной структурной прочностью, но он влажен и при нажатии на стекло толщиной 5—8 *мм* раствор легко разрушается .

Растворы с нулевой прочностью и низкой прочностью 2—4 *кГ/см*^{2} оцениваются визуально и по сопоставлению их свойств с результатами аналогичных испытаний.

Часть образцов с нулевой и низкой прочностью должны быть оставлены в лаборатории для установления роста прочности в трехдневном возрасте. Образцы раствора, не набравшие требуемой прочности за это время, вновь выдерживают в нормальных тепловлажностных условиях в течение более длительных сроков (7—28 дней). Если и при этих условиях раствор не наберет прочности, необходимо освидетельствовать конструкции, уложенные на таком растворе, и разработать технические мероприятия, обеспечивающие необходимую прочность и устойчивость зданий или отдельных участков.

Растворы, прочность которых не превышает 4—20 *кГ/см*^{2}, испытываются на приборах, улавливающих величины незначительных нагрузок. Кубики размером 2×2×2 и 4×4×4 *см* изготовляются из пластинок раствора толщиной 1—2 *см*, взятых из швов. Пластинки склеивают тонким слоем гипсового теста, придавая им форму правильного кубика.

Для испытания образцов-кубиков используют рычажные испытательные машины типа РМП-50 со специальным реверсом, который может быть изготовлен в механических мастерских. Реверсы состоят из двух штанг: верхней, прикрепленной к серьге измерителя, и нижней, прикрепленной к перемещающейся каретке четырех направляющих колонн и опорных плит (рис. 29).

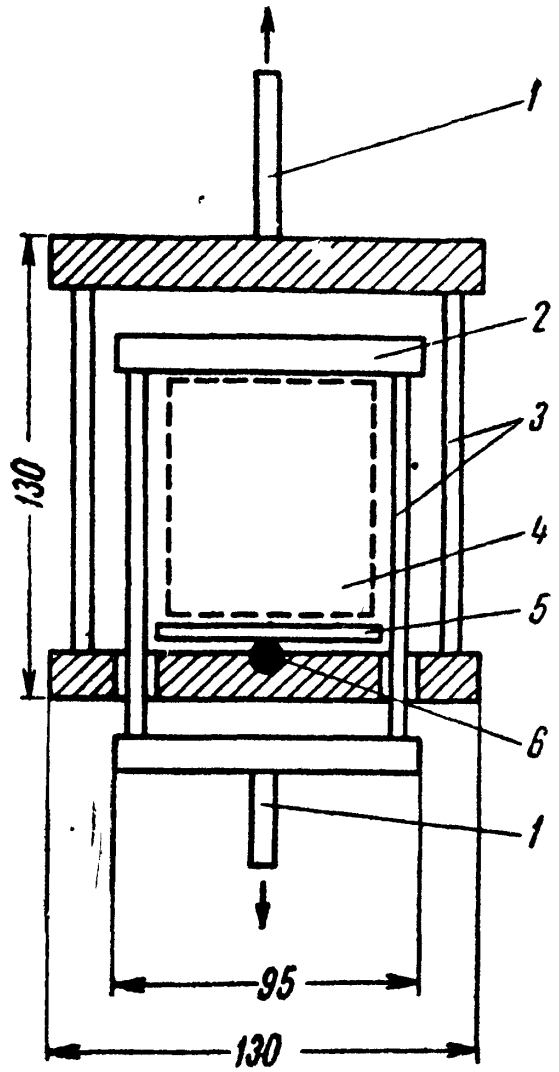


Рис. 29. Прибор к машинам для испытания образцов раствора на сжатие.

1 — тяги, закрепляемые к машине (вместо захватов); *2* — верхняя рабочая площадка; *3* — колонки; *4* — образец из раствора; *5* — нижняя рабочая площадка; *6* — шаровой шарнир

Подготовленный кубик закладывают между опорными плитами, каретку с реверсом опускают, придавая опорным плитам и кубику рабочее положение, затем включают в работу электродвигатель и фиксируют на циферблате значение разрушающего усилия.

В связи с малыми размерами образцов (2×2×2 и 4×4×4 *см*) возможны отклонения — завышение результатов испытаний, поэтому принимают поправочный коэффициент.

Если раствор после оттаивания показал нулевую или низкую прочность, необходимо произвести повторный отбор проб раствора из тех же конструкций для проведения контрольных испытаний.

Большой статистический материал испытаний и исследований проб раствора, отбираемых из швов каменных и полносборных зданий, показал, что качественные цементные растворы, приготовленные на подогретых составляющих (воде и песке) и своевременно уложенные в конструкции с положительной температурой, обладают способностью набирать прочность на морозе в кладке. К концу зимнего периода

прочность раствора может достигнуть 30—50% и даже более от проектной марки.

Цементные растворы, укладываемые в дело при отрицательных температурах и позднее чем через 3—4 *ч* после их приготовления, теряют пластичность и подвергаются частичному смерзанию еще до укладки и в самом шве до обжатия. В результате рост прочности раствора резко замедляется или совсем прекращается в течение зимнего периода. Конечная прочность раствора достигает 40—50% проектной марки.

Растворы, смерзшиеся и разбавленные водой, при укладке в дело значительно теряют способность к росту прочности в швах конструкций полносборных зданий в зимнее время даже после их оттаивания и выдерживания при положительной температуре.

Твердение раствора в швах при отрицательной температуре зимой следует рассматривать как весьма сложный и недостаточно изученный физико-химический процесс, при котором наряду с некоторыми отрицательными явлениями действуют и благоприятные для твердения факторы, о чем свидетельствуют данные о росте прочности раствора на морозе без его деструкции. К таким положительным явлениям твердения раствора на морозе следует отнести: эффект уплотнения структуры при переходе воды, содержащейся в скелете раствора, зажатого конструкциями в шве, из жидкой фазы в твердую; длительное удерживание части воды в растворе при отрицательных температурах, начальное сцепление раствора с основанием, вызванное активным отсосом воды, и ранняя консервация раствора в швах.

До укладки раствора и его консервации в швах следует позаботиться о защите раствора от разрыхления, обезвоживания, введения добавочной воды для придания вторичной пластичности, расслоения, потери тепла и влаги при твердении на морозе и не допускать длительного хранения в таре.

К факторам, снижающим качество раствора, относится обильное водонасыщение раствора при оттепелях, сопровождающихся дождями, таянием снега и наледи.

При знакопеременных температурах в таких условиях происходят изменения в структуре раствора. Наибольшему разрушению подвергается наружный слой раствора в подвальных помещениях, затапливаемых весной талой водой.

Таблица 8

Время укладки раствора в конструкции полносборных зданий	Прочность раствора в $кГ/см^2$	Время испытаний				Всего проб
		январь	февраль	март	апрель	
		количество проб				
Ноябрь 1967 г.	0—5	1	6	—	—	7
	6—25	4	15	13	2	34
	26 и более	12	31	83	38	164
	Итого	17	52	96	40	205
Декабрь 1967 г.	0—5	33	3	2	—	38
	6—25	18	35	40	10	103
	26 и более	10	19	51	28	108
	Итого	61	57	93	38	249
Январь 1968 г.	0—5	12	11	4	—	27
	6—25	2	34	74	6	116
	26 и более	10	10	58	67	145
	Итого	24	55	136	73	288
Февраль 1968 г.	0—5	--	2	2	—	4
	6—25	—	2	41	7	50
	26 и более	—	2	66	57	125
	Итого	—	6	109	64	179
Март 1968 г.	0—5	—	—	2	—	2
	6—25	—	—	14	4	18
	26 и более	—	—	12	32	44
	Итого	—	—	28	36	64
Апрель 1968 г.	0—5	—	—	—	—	—
	6—25	—	—	—	1	1
	26 и более	—	—	—	2	2
	Итого	—	—	—	3	3

Таблица 9

Время укладки раствора в конструкции кирпичных зданий	Прочность раствора в $кГ/см^2$	Время испытаний					Всего проб
		декабрь	январь	февраль	март	апрель	
		количество проб					
Ноябрь 1967 г.	0—5	13	35	16	13	—	77
	6—25	27	30	21	16	1	95
	26 и более	48	46	42	65	38	239
	Итого	88	111	79	94	39	411
Декабрь 1967 г.	0—5	3	43	59	4	10	119
	6—25	9	44	36	41	19	149
	26 и более	13	37	120	74	51	295
	Итого	25	124	215	119	80	563
Январь 1968 г.	0—5	—	10	50	36	4	100
	6—25	—	9	50	136	70	265
	26 и более	—	5	87	87	101	280
	Итого	—	24	187	259	175	645
Февраль 1968 г.	0—5	—	—	54	43	3	100
	6—25	—	—	3	98	41	142
	26 и более	—	—	—	54	118	172
	Итого	—	—	57	195	162	414
Март 1968 г.	0—5	—	—	—	10	1	11
	6—25	—	—	—	24	39	63
	26 и более	—	—	—	11	78	89
	Итого	—	—	—	45	118	163
Апрель 1968 г.	0—5	—	—	—	—	—	—
	6—25	—	—	—	—	—	—
	26 и более	—	—	—	12	8	20
	Итого	—	—	—	12	8	20

Если к моменту наступления весеннего оттаивания конструкций или в период продолжительных оттепелей зимой раствор не обладает начальной прочностью, могут наступить критические условия для конструкций и сооружений, возводимых зимой, в первую очередь в многоэтажных зданиях.

Деформации могут сопровождаться раздавливанием слабого раствора, в особенности в зданиях с утолщенными швами, частичной или полной потерей устойчивости и прочности конструкций.

В акте лабораторных испытаний образцов раствора необходимо указывать наименование строительного управления, дату отбора и испытания проб, время производства работ, место отбора проб, объект, этаж, оси, а также принятую марку раствора по проекту и фактически полученную прочность раствора после оттаивания образцов.

В табл. 8 приводится динамика твердения и роста прочности раствора в швах полносборных зданий, а в табл. 9 — в швах кирпичных зданий.

8. Полевой контроль за качеством раствора

Кроме общепринятых методов контроля по стандартным образцам и пластинкам, отбираемым из швов, в период наступления частичного или полного оттаивания и набора прочности (март-апрель) необходимо периодически проводить полевой контроль за прочностью и качеством раствора непосредственно в горизонтальных швах полносборных зданий. Этот контроль заключается в выявлении растворов, обладающих нулевой и низкой прочностью, в простенках и стенах, расположенных внутри здания, в наружных стенах и подвальных помещениях, где рост прочности отстает по сравнению с наземными частями.

В процессе таких проверок выявляют и берут на учет утолщенные и неравномерные по толщине швы и, если необходимо, проводят обогрев, перезачеканку швов или упрочняют раствор в некачественно выполненных швах между конструкциями.

Для таких проверок используют простейший прибор, в прорези которого вмонтирован остроконечный стальной стержень, позволяющий определять состояние прочности раствора в швах (рис. 30).

Нажатием или процарапыванием выявляют раствор, обладающий нулевой, низкой или более высокой прочностью.

В случаях, когда возникает сомнение в прочности раствора, производят отбор проб для лабораторных проверок. Утолщенной стороной прибора простукивают штукатурку, архитектурные детали, нарушенные участки кладки при ее расслоении; завальцованным шариком устанавливают глубину его погружения в тело материала для получения сравнительных характеристик.

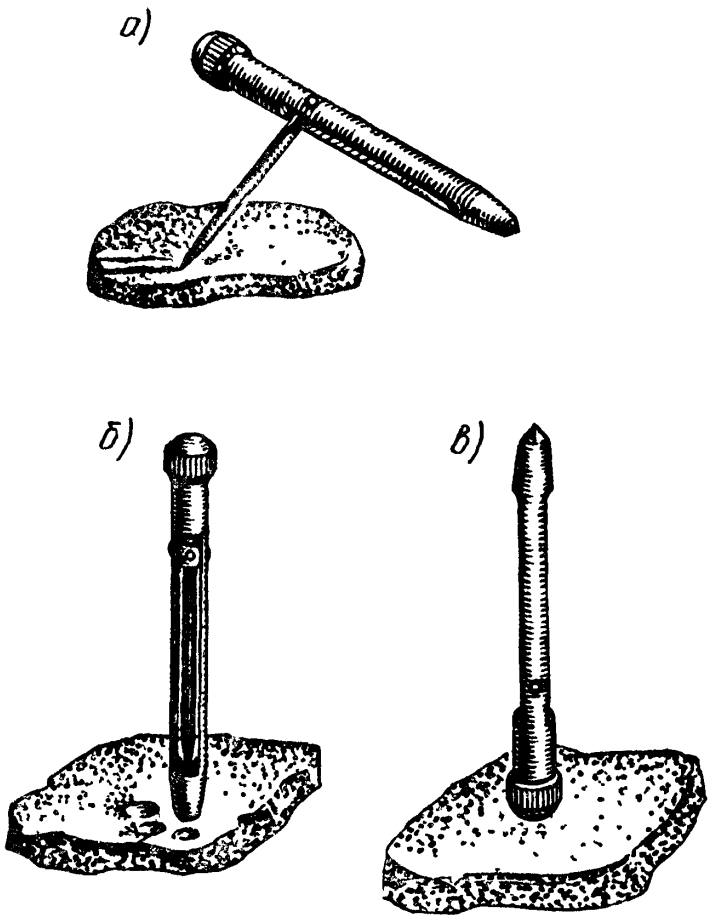


Рис 30. Приспособление для определения прочности раствора

а — проба прочности раствора по углублению борозды; *б* — проба прочности раствора по углублению шарика; *в* — проверка сцепления штукатурки и торкретного слоя с основанием простукиванием

Полевую проверку прочности раствора в швах конструкции выполняет технический персонал строительства с привлечением к этой работе авторского надзора и работников лаборатории.

X. МЕТОДЫ УСТРАНЕНИЯ ДЕФЕКТОВ

1. Характер работ и способы устранения дефектов

Устранение дефектов в бетонных, каменных и других конструкциях предусматривает обычно выполнение хотя и небольших по объему, но самых разнообразных и специфических работ. Трудность заключается в том, что нельзя заранее детализировать производство этих работ.

При вскрытиях могут обнаружиться дополнительные дефекты, которые не были выявлены при внешнем осмотре.

При ремонте и усилении конструкций нужно руководствоваться принятыми принципами «лечения» конструкций и сооружений. Разнообразие характера и сложность этих работ требует большого внимания технического персонала; к выполнению их привлекают рабочих высокой квалификации.

Большинство работ выполняется без специально разработанных рабочих чертежей — в зависимости от степени повреждения и аварийности отдельные решения уточняются на месте с учетом особенностей деформации и нарушений. Дефекты и повреждения могут группироваться по степени ослабления и снижения эксплуатационных качеств конструкций.

Работы по устранению дефектов в наземных и подземных сооружениях подразделяются на подготовительные и основные.

К подготовительным относят: обследование конструкций с установлением совокупности всех причин возникновения дефектов, разрушения и порчи материалов; разработку первоочередных мероприятий по усилению конструкций с назначением методов и порядка выполнения производства работ; разработку предохранительных мер по сохранности здания или сооружения и отдельных его конструкций, находящихся в аварийном состоянии; изготовление стальных конструкций и других элементов для устройства креплений поврежденных стен, простенков и других нарушенных конструкций; выбор вяжущих и подбор необходимых цементирующих и других смесей, бетонов и растворов для заделки дефектных участков; лабораторные и гидрогеологические исследования материалов, оснований, кладок, бетонов, древесины, металла, подвергшихся деформациям под воздействием промочек, ползучести, оползневых явлений, агрессивности среды; заготовку необходимых инструментов и приспособлений для производства работ.

К основным работам относят непосредственное выполнение работ по составленной и предварительно подготовленной технической документации — разборка завалов бетона и кладки, устройство креплений, шпуров и отверстий для ремонта и усилений, установка усиливающих конструкций (стальных рам, тяжей, диафрагм противовибрационных экранов и др.), сверловка и пробивка от-

верстий для установки инъекционных трубок, анкерных болтов, дюпелей и других креплений; приготовление растворов, бетонов и водоцементной смеси, мастик для заделок и усиления конструкций; инъецирование водоцементной смеси в тело кладок; бетонирование, обогрев бетонных обойм, манжет, обделок, подготовленных полостей, зачеканка швов, стыков, уход за бетоном, штукатуркой; ведение исполнительной документации, контроль качества выполняемых работ; наблюдение за состоянием конструкций после их усиления.

2. Устранение дефектов в бетонных и каменных конструкциях

В тех случаях, когда в конструкциях обнаружены глубокие раковины, гравелистый и пористый бетон, пустоты, трещины, зазоры и пространства в сопрягаемых элементах, не заполненные бетоном или раствором, применяется цементация кладок и бетонов.

Инъецируемая водоцементная смесь, проникая и заполняя пустоты кладки, придает ей общую монолитность и прочность, предохраняет от проникания воды и нарушения конструкций при ее замерзании.

Цементацией нельзя повысить прочность плотно уложенного бетона или кладки с заполненными раствором швами. Даже под большим давлением водоцементная смесь не может проникнуть в тело материала. По мере повышения давления происходит отрыв трубок от кладки и шланга от трубок, в заделке образуются трещины, смесь разбрызгивается.

Инъецированием можно проверить наличие глубоких пустот и трещин в массивных фундаментах и стенах. По объему поглощаемой смеси устанавливают характер развития неплотностей в теле конструкции.

Сущность и назначение цементации. При нагнетании водоцементной смеси в тело конструкций через установленные в трещины и раковины инъекционные трубки смесь под давлением проникает по извилистым путям внутрь тела до крайних и выходных отверстий. По мере заполнения полостей раствор наслаивается на стенках, нарастает в объеме и при повышении и выдерживании давления уплотняется, отжимая излишнюю воду, которая отсасывается сухой поверхностью бетона или кладки. Чем выше давление, тем больше плотность рас-

твора, однако наступает момент, когда движение раствора замедляется или полностью прекращается. Жидкий раствор после уплотнения таким способом и отсоса воды приобретает структурную начальную прочность.

Твердение инъекционного раствора в кладке протекает в благоприятных условиях Влага, поглощенная основной конструкцией, создает влажную среду для твердения раствора, при этом обеспечивается высокое сцепление инъекционной смеси с кладкой и предупреждается появление усадочных трещин в отвердевшем материале. Заинъецированная смесь как бы расклинивается в конструкции.

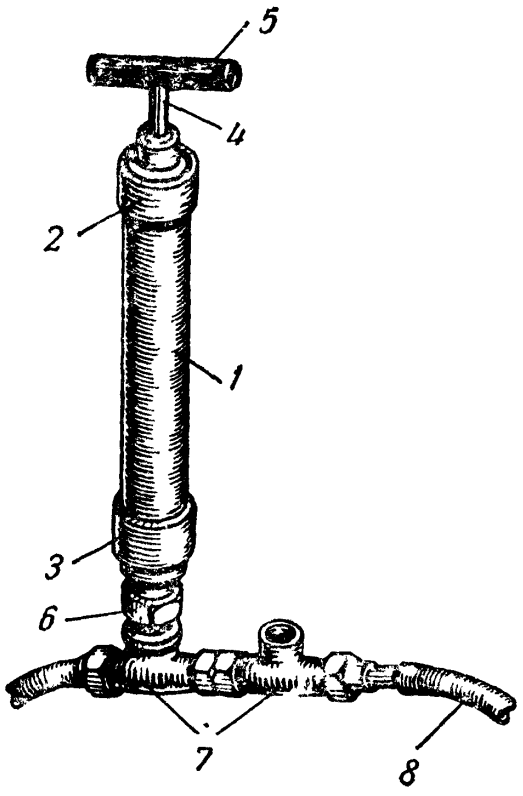


Рис. 31. Поршневой нагнетательный шприц

1 — цилиндр, *2* — направляющая; *3* — нижняя заглушка; *4* — шток; *5* — ручка, *6* — патрубок; *7* — клапан нагнетательный, *8* — шланг

В подземных сооружениях, когда одна сторона конструкций соприкасается с грунтом, смесь через сквозные пустоты проникает за пределы конструкции и постепенно заполняет пустоты в грунте, образовавшиеся в результате выноса частиц при фильтрации грунтовой водой. В процессе дальнейшего нагнетания раствора заполняются пустоты, по которым вода проникала в конструкции. Таким путем предотвращается доступ грунтовых вод в сооружение.

В подземных сооружениях, чтобы приостановить проникание воды в помещения, количество и места расположения трубок устанавливаются в зависимости от интенсивности фильтрации, объема, количества и расположения протечек. Работы начинают с участков с наибольшим поступлением воды, постепенно устраняя остальные протечки.

Широко применяется инъецирование водоцементной смеси с помощью нагнетательного насоса и ручного шприца (рис. 31) для устранения мелких трещин в различных сопряжениях, железобетонных и других конструкциях.

Инъекция трещин в сводах. Появлению трещин в кирпичных сводах, ослаблению и расстройству кладки, выпадению отдельных кирпичей предшествуют обычно переустройства помещений, нарушения устойчивости грунта и фундаментов, производство подземных работ вблизи зданий.

Кирпичные своды представляют собой весьма устойчивую и прочную конструкцию. Местная разборка кладки для устройства вытяжек кондиционирования и даже отдельные разрушения оказывают меньшее влияние на устойчивость, чем переустройства внутренних помещений с полной разборкой сводов в соседних помещениях и вырезкой тяжей.

В коллекторе р. Неглинки распространились в замке свода одиночные и параллельные трещины, расположенные на расстоянии 30—50 *см* одна от другой на участках длиной до 10—12 *м*. На других участках трещины развивались в стенах с раскрытием до 20 *мм*. Ширина трещин в сводах достигала 8 *см*, снаружи и внутри трещины между собой не совпадали и смещались в сторону на 15—25 *см*.

При полном удалении грунта со всей поверхности свода трещины заполнялись раствором с внешней стороны. Предварительно из трещин удалили грунт, очистили кладку от налетов грязи и промыли ее напорной струей воды из шланга.

Прочность раствора в кладке свода колебалась от 18 до 35 *кГ/см*^{2}, толщина кладки в своде составляла 58 *см*, в стенах 107 *см*.

На участках тоннеля, где грунт не удаляли с поверхности, трещины со стороны коллектора расклинивали металлическими пластинками, заделывали цементным раствором, в них дополнительно под давлением нагнеталась водоцементная смесь.

В сводах наземных сооружений трещины предварительно очищают от нарушенного известкового раствора, затем промывают и расклинивают металлическими или деревянными клиньями из сухой древесины. В трещины закрепляют латунные шурупы и натягивают между ними медную проволоку диаметром 1,5—2 *мм*, восстанавливая в прежнем виде сбитую штукатурку. Через трое суток начинают нагнетание водоцементной смеси через установленные в трещины трубки со сплюснутыми концами.

Выполнение работ по такой технологии обеспечивает восстановление нарушенной кладки (рис. 32).

Усиление и цементация каменных столбов. Кирпичные столбы и простенки — это элементы сооружений, наиболее часто подвергающиеся усилениям не только в старых, но и в современных зданиях. К дефектам, снижающим прочность этих конструкций, обычно

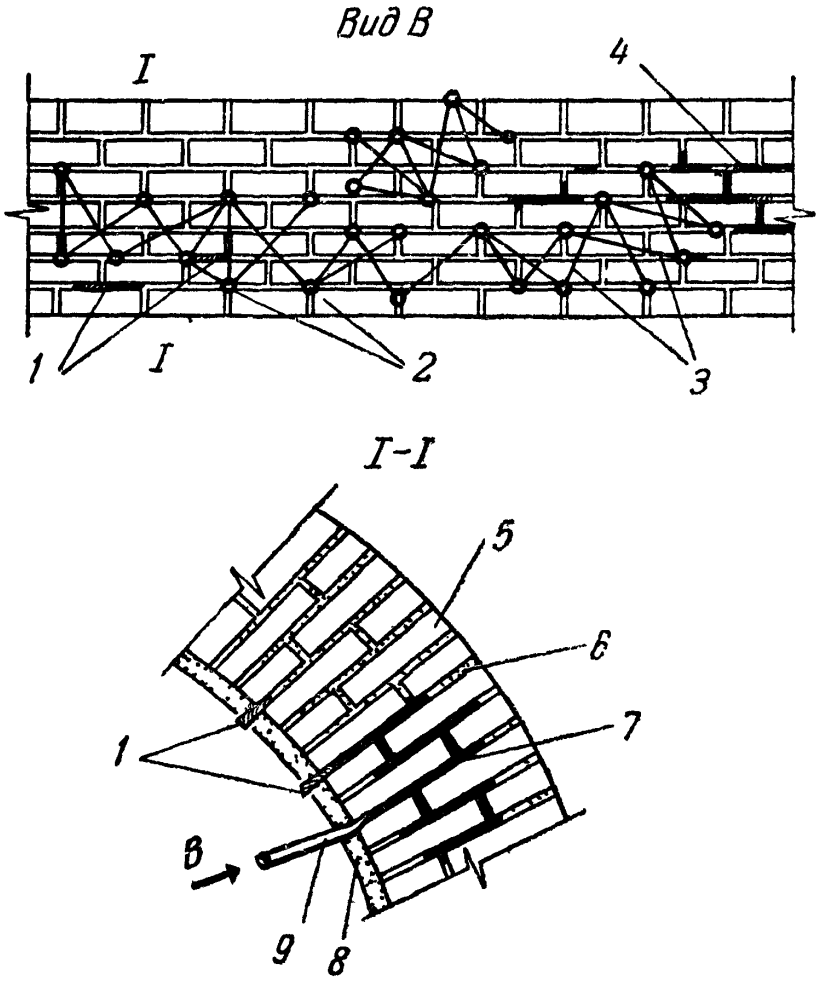


Рис. 32 Схема заделки и инъекции трещин в кирпичном своде

Кирпичные столбы и простенки усиливаются простейшими способами. Наиболее распространенный из них — это применение металлических обойм, охватывающих ослабленные простенки. Металл по сетке со стороны фасада оштукатуривается и разделывается в тон отделки здания.

Столбы и пилоны, выполненные из известкового белого камня и массивной кирпичной кладки, в старых зданиях и памятниках архитектуры обычно несут большие нагрузки и имеют поэтому часто трещины и расслоения. Эти конструкции выкладывались из разнородного материала и своеобразных систем перевязок с большим диапазоном размеров и обработки.

Деформации в этих конструкциях сводятся к отрыву столбов и пилонов от перекрытий, разрушению лицевых камней — выкрашивание наружных слоев, образование вертикальных трещин у оснований, горизонтальных разрывов в середине столбов, выпадение отдельных камней, отклонения от вертикали, отпадение лицевой кладки.

Причины подобных нарушений не всегда удается выяснить. Деформации могут развиваться продолжительное время, в некоторых случаях они могут быть закрыты при ремонтных работах, отделке и реконструкции зданий.

При исследовании причин повреждений нужно руководствоваться данными натурных обследований и материалами учета различных видов эксплуатационных недостатков в аналогичных случаях.

По совокупности ряда причин возникли повреждения в каменной кладке одного из столбов Грановитой палаты в Московском Кремле. Новая роспись на столбе производилась во второй половине прошлого столетия.

После того как была снята штукатурка, состояние столба было детально освидетельствовано. Лепная штукатурка была нанесена по сплошной рогоже, сплетенной из прочных веревок диаметром плетей 6 *мм*, рогожа крепилась к металлической проволоке, которая привязывалась к легкому металлическому каркасу. Столб размером $180 \times 180 \times 400$ *см* выложен из известкового камня прочностью 400—600 *кГ/см*^{2} на растворе марки 30. Были обнаружены трещины в отдельных камнях, выпадение камней из углов граней столба со значительной коррозией металлических скоб.

При контрольном сверлении выявили включение в сердечник столба прочного кирпича. Для усиления

столб был заключен в металлическую обойму, состоящую из четырех уголков 160×260 *мм*, расположенных у каждой грани и сваренных по высоте через 40 *см* поперечными планками размером 175×80×6 *мм*. Уголки в примыканиях к столбу плотно зачеканивались раствором марки 200.

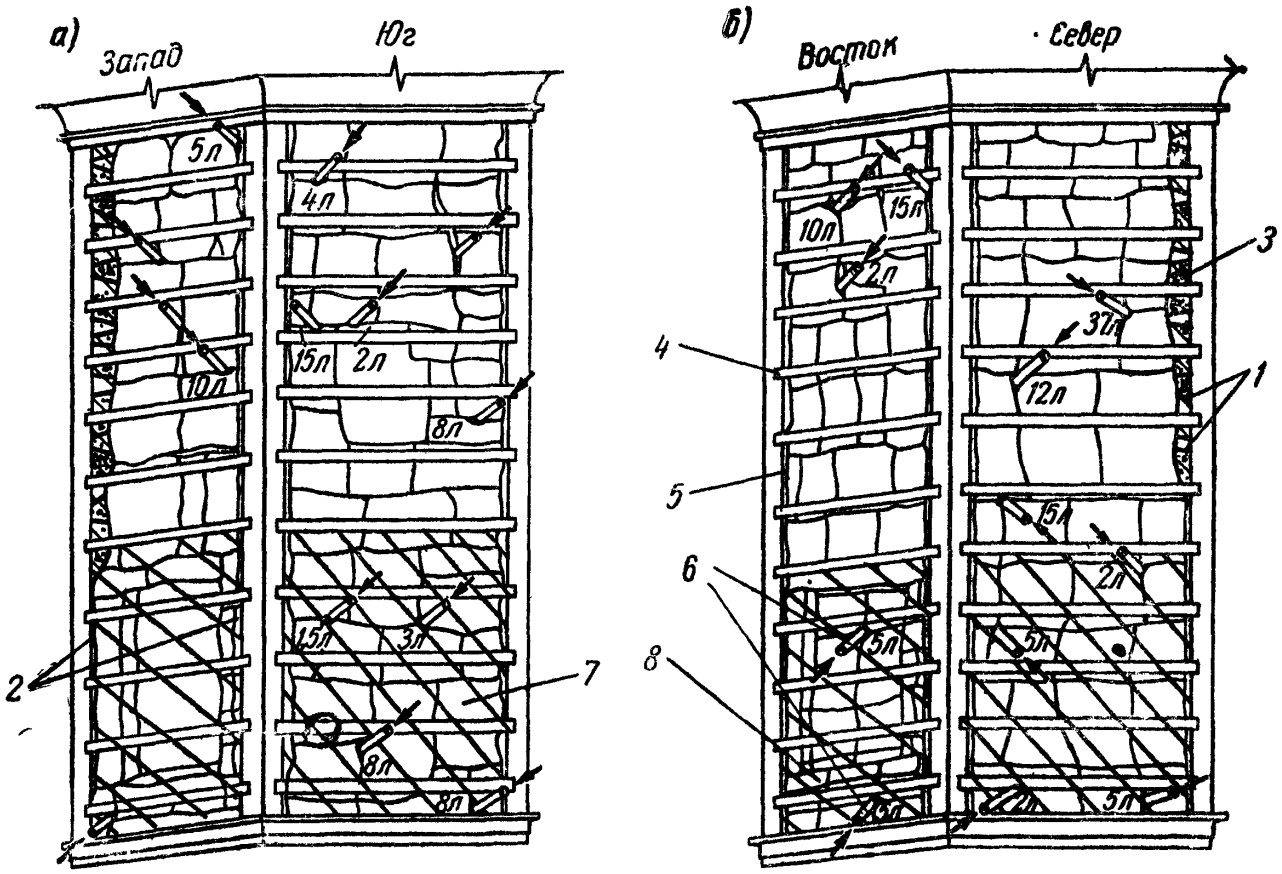


Рис. 33. Схема усиления пилона

а — схема установки инъекционных трубок в кладке столба (25 трубок, объем заинъецированной смеси 200 *л*); *б* — усиление металлической обоймой, инъекция водоцементной смеси, зачеканка зазоров цементным раствором; *1* — металлические стержни диаметром 12 *мм*; *2* — зачеканка цементным раствором; *3* — бетон марки 300; *4* — сварка; *5* — зачеканка цементным раствором; *6* — инъекционные трубки диаметром $^3/_4''$; *7* — бетон марки 300, *8* — раствор марки 100

Необходимую влажность поддерживали, укрывая раствор влажными рогожами.

Пространства, образовавшиеся в местах, где уголки не соприкасались с кладкой столба из-за ее нарушения, заполнялись мелкозернистым бетоном марки 300.

После выполнения этих работ для восстановления монолитности столба в кладку нагнетали водоцементную смесь под давлением 2 *ат*, установив с четырех сторон столба 25 трубок диаметром $^3/_4''$ на глубину 5—12 *см*.

Инъекция производилась последовательно в каждую трубку. Между отдельными закачками предусматрива-

лись перерывы до 1—2 суток. За это время раствор осел и полностью схватился с кладкой.

Порционная закачка не допускала ослабления материала при обильном водонасыщении в процессе инъецирования. Во все трубки было заинъецировано 200 *л* раствора (рис. 33).

3. Основные принципы замоноличивания стыков

Стыки и швы в конструкциях и сооружениях должны быть плотно заделаны раствором или бетоном, обеспечивая полную водонепроницаемость и герметичность.

В строительной практике немало примеров, когда стыки и сопряжения элементов представляют собой монолитное целое и остаются не изменяемыми во времени, отвечая требованиям водонепроницаемости и плотности.

Однако при широком использовании в современном строительстве новых материалов и конструкций, отличающихся по размерам, объемным решениям и соединениям между собой, встречаются неудовлетворительные конструктивные решения и плохо выполненные стыки. Как уже говорилось, ненадежная заделка и обработка стыков и швов являются наиболее уязвимым местом в сооружениях и служат причиной проникания влаги и отсыревания стен, продуваемости, коррозии закладных и других металлических деталей, разрушения бетона, облицовки кладки и т. д.

Технология выполнения стыков зависит от их типа, материала и составов бетонных и растворных смесей, применяемых для заделки и замоноличивания стыков.

Наиболее часто встречаются в зданиях следующие стыки и швы:

1) стыки, швы и соединения в крупнопанельных и крупноблочных зданиях;

2) стыки и швы в соединениях колонн, ригелей, прогонов, плит, гребенок, балконных и других плит и деталей;

3) стыки и зазоры в сопряжениях закладных деталей и металлических конструкций с железобетонными;

4) сопряжения слябов и опорных плит оборудования с фундаментами;

5) швы и примыкания зданий между собой;

6) рабочие, температурные и осадочные швы в монолитных бетонных и железобетонных конструкциях.

По расположению в конструкциях стыки и швы разделяются на горизонгальные, вертикальные, наклонные, радиальные и сложные по форме и конфигурации.

В зависимости от требований, предъявляемых к стыкам и швам конструкций, принимаются материалы для их заделки бетоном, раствором, водоцементной смесью, специальными герметизирующими составами или прокладками.

По способам обработки стыки, швы и зазоры могут заливаться бетоном или раствором соответствующих составов и консистенций, заделываться, заполняться, замоноличиваться, зачеканиваться ударным способом или инъецироваться.

Обработка стыков разделяется на подготовительные и основные операции. К подготовительным относятся: очистка шва от влаги, наледи, снега, посторонних включений, соскабливание цементной пленки, промывка или продувка, удаление налетов коррозии, подготовка необходимых материалов и инвентаря для выполнения подготовительных и основных работ. К основным операциям относятся: приготовление раствора или бетона, заделка стыков, выдерживание бетона и раствора во влажных условиях. При выполнении работ в зимнее время кроме перечисленных операций может возникнуть необходимость в производстве работ, связанных с предварительным и последующим обогревом сопрягаемых элементов конструкций, раствора или бетона, уложенного в стыки.

Горизонтальные и вертикальные швы и стыки в полносборных зданиях и сооружениях в зависимости от конструктивных назначений и требований их герметичности и плотности заделки могут выполняться одним из следующих способов.

1. В подвальных помещениях, находящихся ниже уровня грунтовых вод, и наземных частях зданий, резервуарах, собираемых из отдельных колец, дюкерах для воды, стенах коллекторов, блоках, панелях и пр. на горизонтальные плоскости укладывается выравнивающий слой раствора или мелкозернистого бетона марок 100—200 и равномерно обжимается конструкцией. При установке монтируемой конструкции на центрирующие или выравнивающие металлические подкладки для придания ей проектного положения горизонтальные швы зачеканиваются той же смесью. Зачеканка выполняется с одной из

сторон до полного заполнения шва; по мере заполнения шва раствором он послойно уплотняется одновременно с двух противоположных сторон.

2. При монтаже конструкций с нимимальным зазором (до 10 *мм*) для выравнивающего слоя используют пластичные растворы, приготовленные на мелкозернистых песках и цементе марки 400. Обжатие раствора происходит в процессе разравнивания его под влиянием нагрузки укладываемого элемента.

3. Горизонтальные швы (100—200 *мм*) заполняются мелкозернистым бетоном или раствором методом ударной зачеканки с двух противоположных сторон. При сложном сопряжении элементов подача бетонной смеси ведется с одной из сторон до полного заполнения шва раствором и появления смеси с противоположной стороны.

4. В швы толщиной 80—120 *мм* вводят арматурную сетку или отдельные стержни.

5. Вертикальные швы между элементами конструкции заполняют раствором или мелкозернистым бетоном и обрабатывают пневмометодом, вибрированием или ударной зачеканкой.

Сферические стыки колонн после монтажа яруса, установки, выверки каркаса, приварки всех элементов перекрытий и диафрагм жесткости зачеканивают раствором со всех доступных сторон, а недоступные и мелкие для зачеканки стыки инъецируют водоцементной смесью под давлением.

Заделка стыков перед инъекцией состоит из нескольких последовательно выполняемых операций: продувки и обогрева бетона для удаления воды, снега, наледи; при производстве работ в зимнее время — предварительного обогрева бетона; заделки по периметру стыка цементным раствором; установки инъекционных трубок (по две на колонну); нагнетания водоцементной смеси под давлением 2—4 *ат*; последующего обогрева стыка после инъекции. Для инъекции зазоров используют портландцемент марки 400 составов 1 : 1,5—1 : 2 ($В : Ц$) без песка.

Если зазоры между колоннами имеют раскрытие более 2—3 *мм*, то их зачеканивают цементным раствором. Как и при инъекции, в этом случае необходимо производить продувку зазоров. В жаркую погоду до зачеканки сферические части колонн слегка смачивают водоцементной смесью состава 1 : 1,5 ($В : Ц$).

В зависимости от раскрытия шва ударная зачеканка цементно-песчаной смесью производится с одной, двух или со всех противоположных сторон до полного заполнения — расклинивания шва раствором.

Для зачеканки используют раствор состава 1 : 1, 1 : 2 (*В* : *Ц*). Раствор готовится небольшими порциями на месте с учетом объема выполняемых работ, но не более чем на 1 *ч* работы.

Зачеканку производят тонкими металлическими пластинками: готовую смесь укладывают на металлическую площадку с двумя бортами, с которой смесь подают пластинкой в шов.

При переменной толщине шва зачеканку сочетают с последующей инъекцией стыка. В этом случае конец трубки заводится в глубь стыка, а по периметру выполняют зачеканку. Такой комплексный метод позволяет полностью заполнить зазоры.

При отсутствии контакта между сопрягаемыми элементами сферических частей или при раздвижке опорных частей колонн зазоры между ними зачеканивают бетонной мелкозернистой смесью. Бетон готовится небольшими порциями на песке с модулем крупности 2,5—2,8 и щебне с предельной крупностью зерен 5—10 *мм* состава 1 : 0,8 : 1,2 (по объему) и цементе марок 500—600.

После полной зачеканки стыка для дополнительного уплотнения в свежий бетон стыка вводят металлические стержни круглого сечения с заостренными концами диаметром от 6 до 20 *мм* в зависимости от толщины шва. Расклинивающие стержни обычно вводят с двух противоположных сторон через 7—10 *см* друг от друга. Забивку стержней производят через 30—40 *мин* после укладки бетона.

Как уже говорилось, при выполнении работ в зимнее время перед заделкой стыков необходимо обогреть бетон до температуры +30, +35° С. Обогрев производят электровоздухопродувками, калориферами, ТЭНами, острым паром, инфракрасными лампами с укрытием стыка брезентом, тщательно утепленными коробами, матами и др.

Уложенный в стыки бетон подвергается электропрогреву. Электропрогрев бетона начинается сразу после его укладки в конструкции. В качестве электродов используют гвозди длиной 100—200 *мм*, которые через опалубку вводят в свежеуложенный бетон — с каждой стороны по четыре электрода-гвоздя, соединенных меж-

ду собой алюминиевой проволокой для подключения к трансформатору (напряжение 36 *в*).

Продолжительность обогрева бетона в зависимости от температуры наружного воздуха устанавливается на месте. Температура бетона не должна превышать 30° С.

Если в стыках смонтированных колонн обнаруживаются отдельные нарушения (смещения арматуры, глубокие сколы бетона, трещины в бетоне), то в каждом случае автором проекта выдаются конструктивные решения по усилению и исправлению обнаруженных дефектов.

Ослабленные стыки колонн обычно усиливают сплошной обоймой из листовой стали толщиной 8—10 *мм*. Металлическая обойма охватывает стык и плотно прилегает к бетону; высота обоймы 15—40 *см*. Зазоры, образующиеся между телом бетона и металлом, заполняют жидким раствором.

Плоские стыки в колоннах с центрирующими прокладками должны заделываться по следующей технологии.

1. Перед зачеканкой стыков бетонной смесью очищают стыки от налетов грязи и посторонних предметов, промывают или продувают стык и стыкуемые поверхности конструкций.

2. Готовую смесь подают к рабочему месту в объеме, требующемся для обработки данного стыка, небольшими порциями два рабочих, выполняющих одновременно ударное послойное уплотнение уложенной смеси до полного заполнения стыка.

3. Смесь уплотняют с двух противоположных сторон стыка — две другие стороны заглушают пластинками, ограничивающими выход смеси.

4. Ударное уплотнение в зависимости от ширины шва осуществляют деревянными или металлическими уплотнителями, а также ударным механическим инструментом.

5. После зачеканки боковые пластинки удаляют и выравнивают забетонированный стык.

6. В летнее время раствор по периметру шва защищают от высыхания увлажненной мешковиной или смоченной паклей.

7. Раствор или бетон, уложенный в шов методом ударной зачеканки, обладает высокой степенью плотности и прочности (до 1500 *кГ/см*^{2} при марке раствора и бетона 200—400 *кГ/см*^{2}), что обеспечивает контакт между сопрягаемыми элементами и хорошее сцепление.

Узкие швы между плитами, гребенками, сопряжения-

ми несущих перегородок с основанием и перекрытиями заливают пластичным раствором, изготовляемым на месте в требуемом объеме за 1—2 *ч* до укладки.

Там, где это возможно, смесь уплотняют вибраторами со щелевыми наконечниками, насаженными на их рабочую головку. Смесь укладывают послойно с одной стороны сопрягаемых элементов конструкций. Признаками полного заполнения шва является появление раствора с противоположной стороны обрабатываемого стыка.

Сопряжение ригелей с колоннами, в зависимости от ширины шва, заполняют либо водоцементной смесью под давлением, либо цементным раствором повышенной пластичности, либо обычным цементным раствором или мелкозернистой бегонной смесью с уплотнением.

При заделке швов раствором боковые и нижние стороны заделывают опалубкой или промазывают раствором достаточно герметично, не допуская вытекания раствора.

Стыки и зазоры в местах, где проходят закладные и металлические конструкции, во избежание попадания влаги должны обрабатываться особенно плотно. При выявлении неплотности слабый бетон, окружающий деталь, удаляют и подготовленный участок плотно заделывают раствором, применяя также инъецирование таких участков.

Рабочие, температурные и осадочные швы в монолитных бетонных и железобетонных конструкциях, находящихся ниже уровня грунтовых вод, заделывают раствором или мелкозернистой бетонной смесью

Зазоры между гранитными и другими плитами пешеходных площадок, в плоских кровлях, тоннелях, стилобатах должны заливаться водоцементной смесью или жидким цементным раствором, приготовленным на мелком песке.

Раствор, проникая через зазоры, заполняет все пустоты под плитами и обеспечивает необходимую герметичность. При попадании талых и дождевых вод в пустоты и их замерзании происходит многократное расшатывание, раздвижка гидроизоляции и конструкций Заливку зазоров между плитами и конструкциями следует периодически повторять до полного заполнения.

Заливку и нагнетание в таких сопряжениях осуществляют из сосудов с соответствующими носиками, шприцами и насосами под давлением последовательно в каждый

зазор до полного поглощения раствора. При нагнетании необходимо вести наблюдения внутри здания в зоне выполнения инъекции.

При появлении раствора внутри помещения или в удаленной от места нагнетания зоне следует приостановить заливку, заделать места протечки и лишь после этого возобновить работу. При наличии в здании подвесных потолков в зоне работы через вынутые плитки следует осматривать перекрытия и не допускать вытечки раствора.

При заливке зазоров между гранитными плитами в стилобатах уровень раствора не доводят до верха на 1—1,5 *см*. Верх шва после полного отвердения раствора можно дополнительно обработать герметизирующими составами.

Особенно усложняются работы зимой при облицовке стен фасадов и колонн плитами из мрамора, гранита и др.

Раствор в замкнутом пространстве даже весной медленно набирает прочность, в результате нижележащие плиты от нагрузок верхней облицовки отходят от стены. Однако при правильной организации работы облицовку можно производить и при отрицательных температурах.

Зазоры между кладкой стен и колонн из кирпича или бетона и установленными плитами заливают цементным раствором требуемой марки и обогревают стержневыми электродами из проволоки диаметром 3—4 *мм*, расположенными через 12—15 *см*. Температура не должна превышать 25—30° С. При достижении раствором прочности 30—40 *кГ/см*^{2} электроэнергия отключается. Такой способ обогрева раствора в швах позволяет устанавливать облицовку в вышележащих ярусах.

При недоброкачественной заделке швов в сопрягаемых конструкциях, растворе низкого качества, лишенного способности набирать прочность при наступлении положительной температуры, его пересушивании или наличии пустот в швах необходимо удалить слабый раствор на возможную глубину и вновь зачеканить подготовленные участки цементным раствором или бетоном.

Соединения стыков в колоннах без центрирующих подкладок со сваркой по периметру опорных частей должны быть заинъецированы водоцементной смесью под давлением. В каждый стык устанавливают по две трубки, концы которых вваривают в зазор сопрягаемых опорных металлических закладных плит: одна из них служит для

нагнетания, другая — для удаления воздуха, являясь одновременно контрольной. Твердение заинъецированной смеси в условиях, когда нет отсасывающей поверхности, удлиняется по сравнению с твердением того же раствора в бетонных конструкциях.

Зазоры между сопрягаемыми металлическими плитами размером более 2 *мм* должны зачеканиваться с двух сторон. Для этого две другие (противоположные) стороны заглушают продольным швом сварки.

При инъекции и зачеканке стыков колонн обеспечивается равномерное распределение давления на всю плоскость опирания и устраняется опасность возникновения перенапряжения и сколов в бетоне.

XI. ОБРУШЕНИЯ И АВАРИИ

1. Некоторые общие причины

Изучение и систематизация обрушений, какого бы характера они не были, позволяют найти общие причины их возникновения, закономерность поведения дефектных конструкций во времени, пути по предупреждению и устранению дефектов.

Известно много случаев обрушений промышленных, жилых и других сооружений, когда динамика развития нарушений протекала в определенной последовательности.

Сложность исполнения отдельных конструкций, сочетание разнородных по свойствам и качеству материалов, недостаточная проверка их в работе, упущения в проектировании и производстве работ, а также отсутствие информации об имевшихся подобных разрушениях придают каждой аварии элементы внезапности.

Задачи научной экспертизы заключаются в определении опасности явных и скрытых изъянов в конструкциях и предвидении возможного развития и последствий этих дефектов.

Прогнозирование долговечности выбранных материалов, узлов и сооружений и вероятности их ослабления или разрушения имеют большое значение для создания безопасных условий эксплуатации в течение длительного времени.

Нужно располагать большим запасом наблюдений, прежде чем принимать решение по изменению или переустройству конструкций. Часто непродуманные решения приводят к повторению старых и появлению новых недостатков.

Анализ показывает, что по степени наносимых убытков и размерам обрушений аварии можно подразделить на крупные, местные и отдельные разрушения.

К крупным относят аварии и обрушения, охватывающие все сооружение или отдельные его части и секции, приостанавливающие работы не только на данном участке, но и на смежных объектах. Это могут быть такие сооружения, как гидро- и тепловые электростанции, подземные коммуникации, промышленные, земляные и другие специальные сооружения.

К местным относят отдельные разрушения в зданиях и сооружениях, которые не влекут за собой обвалов других сопрягаемых с данным участком конструкций, к мелким — такие, как отпадение штукатурки, архитектурных и лепных украшений и карнизов, акустических плиток с потолков, раствора из разделки швов между плитами, керамических, бетонных, каменных плиток с фасадов зданий. Подобные нарушения не свидетельствуют об аварийности данного здания или сооружения, однако такие случаи могут вызвать травмы людей и служат предостережением возможного возникновения таких дефектов в других местах.

2. Кирпичные пилястры

В последние годы произошло несколько аварий, возникших из-за разрушения кирпичных пилястр. Характер и причины этих разрушений имели много общего.

Одна из аварий произошла в одноэтажном здании, предназначенном для типового гаража. В плане он имел размер 48×18 *м* и состоял из шести пролетов. На пилястры размером 51×38 *см* опирались 18-метровые железобетонные балки, а по ним укладывались плиты. Обрушение одной из балок произошло 7 апреля.

Авария произошла в тот момент, когда строительство гаража было завершено, заканчивались лишь работы по бетонированию пола. Удалось зафиксировать состояние конструкций после падения элементов перекрытия и разрушения стен.

Падение балки повлекло за собой обрушение 24 плит типа ПКЖ вместе с утеплителем и кровлей в двух смежных пролетах. Опорная бетонная подушка была уложена только в пределах пилястры и не заходила другим концом на стену. Это и вызвало обрушение железобетонной балки. При падении балки произошел срез кладки в пилястре по высоте в 28 рядах. Фасадная стена на этом участке обрушилась наружу (рис. 34).

Рис. 34. Срез кирпичной кладки в пилястре

Отобранные пробы раствора из швов нарушенной пилястры показали, что его прочность после оттаивания составляла 12—15 *кГ/см²*. Контрольные испытания отобранных проб показали, что кирпич можно отнести к марке 75 (при проектной прочности кирпича 50 *кГ/см²*).

От ударного воздействия в других пилястрах, расположенных поблизости от очага аварии, образовались трещины у примыканий пилястр к кирпичным стенам. Раскрытие трещин под опорной плитой составляло вверху 3 *мм*. Затухание наблюдалось на 15—18-м рядах кладки, считая сверху, что примерно соответствовало количеству срезанной кладки в аварийной пилястре.

Участки, признанные опасными для пребывания людей, при проведении восстановительных работ укреплялись деревянными стойками под опорами железобетонных балок, по две с каждой стороны.

Так как причина обрушения не вызывала сомнений, все остальные 14 пилястр, в которых даже не было обнаружено трещин, капитально усилили металлическими обоймами.

В любой аварии наряду с основными причинами имеются и второстепенные недостатки, которые могут оказать роковое влияние на исход обрушения. В данном случае отмечалась недостаточная перевязка кирпичной кладки пилястры с основной стеной; неравномерный обогрев кладки внутри и вне здания при весеннем оттаивании. С внешней стороны, там, где кладка стен на солнечной стороне обогревалась, прочность раствора в момент среза кладки в пилястре составила 35—40 *кГ/см*^{2}, а внутри здания с северной стороны, где началось обрушение, — 12—15 *кГ/см*^{2}.

Незавершенные работы по сооружению кровли послужили причиной многократного увлажнения стен и пилястр, замерзания талых вод на поверхности и в порах кладки и насыщения раствора водой. Это, естественно, снизило прочность раствора и его сцепление с кладкой и вызвало общее ослабление конструкций.

На исход обрушения повлияла также неравномерная и «ударная» посадка балок весом более 3 *т* на пилястры.

Дефекты в зданиях типовых серий по своему характеру и особенностям повторяются.

Так, описанное выше разрушение пилястры произошло в г. Химки. Через год во Внукове произошло аналогичное обрушение участка гаража той же серии. И в этом случае срез кирпичной пилястры повлек за собой обрушение железобетонной балки типа АНБЭ-18-4 по оси 7—7. Вместе с балкой упали перекрытия двух пролетов, как и в первой аварии.

Видимых разрушений бетона в упавшей балке обнаружено не было. При падении балки кирпич в пилястре оказался срезанным на всю толщину пилястры и по высоте на восемь рядов кладки. И в этом случае в других пилястрах в местах их примыкания к стенам образовались трещины.

Строительство гаража было начато в сентябре, работы по наземной части завершены в марте. Кровля состояла из плит ПКЖ-2, двух слоев фибролита, слоя асфальта толщиной 5 — 8 *см*. К моменту аварии и в этом здании кровля оказалась незавершенной.

При оттепелях во время таяния снега фибролитовые плиты намокли, увлажнялась и кладка стен. Пилястры и кладка вокруг них были переувлажнены. Фактическая марка кирпича составила 75. Раствор имел прочность от

8 до 15 *кГ/см²*. И при этой аварии разрушение пилястры произошло с северной стороны здания (рис. 35).

На строительстве заводского корпуса произошло обрушение двух пролетов чердачного перекрытия и кровли при полном разрушении кирпичной пилястры, на которую опирались два спаренных ригеля типа 02-34.

Рис. 35. Обрушение балки и перекрытий двух пролетов гаража

При падении конструкции разрушились вибропрокатные плиты чердачного перекрытия и ригели. Кирпичная кладка в пилястре оказалась срезанной по высоте на 1,5 *м*.

Пилястры, смежные с разрушенной, имели в верхней части отрыв от наружной стены, трещины и сколы по граням. Часть плит нижележащего этажа перекрытия, воспринявших удар от обрушения, также получила деформации; две плиты выпали и задержались на следующем этаже. Все пилястры, несущие спаренные прогоны, по проекту имели в верхнем этаже сечение 51×38 *см* и армировались сетками через пять рядов кладки. По проекту предусматривалась кладка из силикатного кирпича марки 100 на растворе марки 25. В натуре размеры пилястр составили 51×51 *см*, а прочность раствора 2—5 *кГ/см²*.

Кирпичная кладка пилястр выполнялась одновременно с кладкой наружной стены между 5 и 15 ноября. В мо-

мент обрушения все основные работы по устройству перекрытий и железобетонной сборной кровли, а также засыпка чердака шлаком, за исключением устройства мягкой кровли, были завершены.

Учитывая незначительные нагрузки и напряжение в кладке (6—8 *кГ/см*^{2}), причиной разрушения пилястры с учетом концентрации напряжений через подушку, опиравшуюся своей плоскостью только на пилястру без заглубления ее в стену, следует считать накопление деформаций в зимней кладке, связанное с резким повышением температуры наружного воздуха и весьма низкой прочностью раствора в момент аварии.

Потребовалось установить в двух верхних этажах у опор балок деревянные стойки и обследовать все несущие конструкции корпуса, а затем усилить ненадежные пилястры.

На домостроительном комбинате после завершения монтажа котлов в котельной были обследованы кирпичные пилястры.

На пилястры опирались железобетонные фермы длиной 24 *м*. При высоте пилястры 8 *м* общее отклонение от вертикали в одной из них составило 7 *см*. Пилястры размером 51×51 *см* были выполнены из силикатного кирпича без армирования. Железобетонные подушки заходили в стену только на 4 *см*; толщина швов в кладке доходила до 20—25 *мм*. Кирпичная кладка пилястр была слабо перевязана с основной кладкой стен.

Эти общие и типичные недостатки не вызывали подозрений ни у строителей, выполнявших работы, ни у авторского надзора, осуществлявшего привязку проекта, и только после обследования были приняты меры по усилению пилястр.

В другом случае в котельной при высоте пилястр 5 *м* до опор балок и пролетах между пилястрами 9 *м* одна из них была срезана. Это повлекло за собой обрушение четырех пролетов. В качестве подушек под опорные части балок использовались отрезки швеллеров № 24, которые также не заглублялись в кладку стен.

Один недостаток всегда влечет за собой и другие нарушения в конструкциях и сооружениях.

Если технический персонал не предупрежден и не оповещен об имевших место авариях, они вновь повторяются по тем же причинам.

В качестве примера можно привести такой случай: на строительстве материального склада железобетонные балки типа СБ-18 длиной 18 *м* и весом 12 *т* опирались одним концом на железобетонные колонны, другим — на кирпичные пилястры размером 38×51 *см*. Опирание балок на неравнопрочные по жесткости конструкции уже являлось существенным недостатком.

Пилястры и стены выкладывались зимой. С началом весеннего оттаивания раствор в пилястрах, загруженных балками и по ним плитами, имел весьма низкую прочность (до 4 *кГ/см*^{2}). Кладка пилястр не армировалась и со стенами перевязывалась только в отдельных местах, тело пилястр забутовывалось кирпичным боем. Железобетонные подушки недостаточно заглублялись в кладку стен; балки опирались на край отдельных пилястр.

Только своевременная установка охранных стоек, а затем усиление пилястр позволили предотвратить аварию.

3. Кирпичные столбы

Отдельно стоящие кирпичные столбы еще до укладки балок представляют собой весьма неустойчивую конструкцию. Известны случаи, когда кирпичные столбы разрушались при удалении лесов, в процессе монтажа балок, смещения столбов на вышележащих этажах, односторонней нагрузке железобетонными и другими балками, нарушениях при эксплуатации, некачественном выполнении работ, низкой прочности раствора и кирпича и перенапряжениях в кладке. Эти недостатки каждый в отдельности или в сочетании с другими приводили к разрушениям столбов и обрушениям перекрытий.

Такое типичное обрушение произошло в двухэтажном здании блока хозяйственного назначения.

Строительство выполнялось в осенне-зимнее время. 25 марта произошло обрушение одного из кирпичных столбов на первом этаже. Вместе с упавшим столбом обрушились железобетонные ригели типа РВ-60-3 и железобетонные настилы типа УНТ-59-12. На обрушившийся столб первого этажа опиралось восемь ригелей, расположенных в месте опоры на разных уровнях с трех сторон, такое же количество элементов ригелей было и на втором этаже. У основания столба над первым этажом из-за образовавшихся уступов в ригелях, уложенных на разных уровнях, кладка велась без какой-либо системы и выров-

нивалась половняком и кирпичным боем на высоту до 30 *см*. Это создало неблагоприятные условия для работы конструкции и в значительной мере нарушило монолитность кладки у основания столба (рис. 36).

В кладке столба смежной оси от ударного воздействия образовалась сеть различных сквозных вертикальных трещин с раскрытием до 8 *мм*. Возможно, что на-

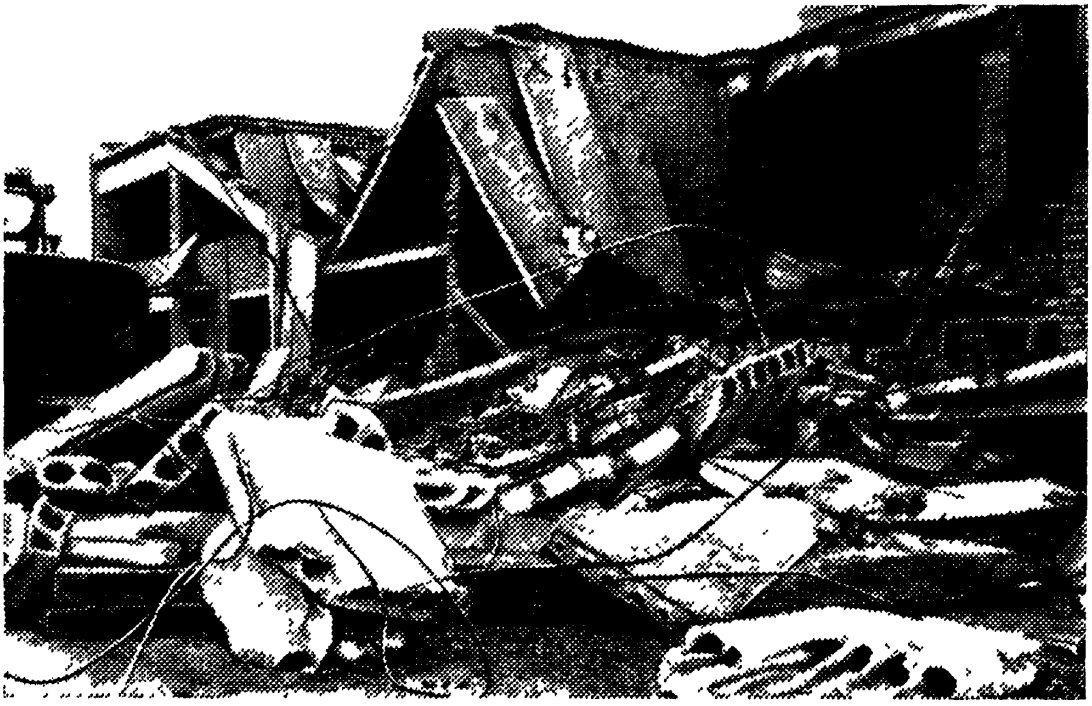


Рис. 36. Обрушение, вызванное недостаточным опиранием ригелей на кирпичные столбы

чальное раскрытие трещин было в этом столбе, как и в упавшем, еще до начала аварии.

У железобетонной подушки, сохранившейся со стороны противоположного кирпичного столба, по той же оси *5—Б*, на которую опирались ригели, бетон в пределах защитного слоя оказался разрушенным. Расстояние до обнажившейся арматуры составляло 5 *см* (рис. 37).

Характер скола бетона говорил о том, что опиравшийся на эту опорную железобетонную подушку ригель при аварии смещался в сторону обрушившегося столба.

В опорных узлах под ригелями в других столбах кроме укладываемых железобетонных подушек применялись металлические листы толщиной 8 *мм* либо ригели опирались непосредственно на кирпичную кладку без прокладок.

К другим причинам аварии можно отнести отступления от проекта. На первом этаже предусмотренная про-

ектом кирпичная перегородка по оси *5—5* в месте обрушения столба отсутствовала, а на втором этаже такая перегородка над ригелями была выполнена. Толщина асфальтового слоя стяжки совмещенной кровли на отдельных участках составляла около 12 *см*. Перед аварией производилась укладка асфальта на перекрытие, причем асфальтовая смесь подавалась автокраном типа К-161, размещаемом поблизости от края перекрытия, что дополнительно создавало сосредоточенную и возможно ударную нагрузки.

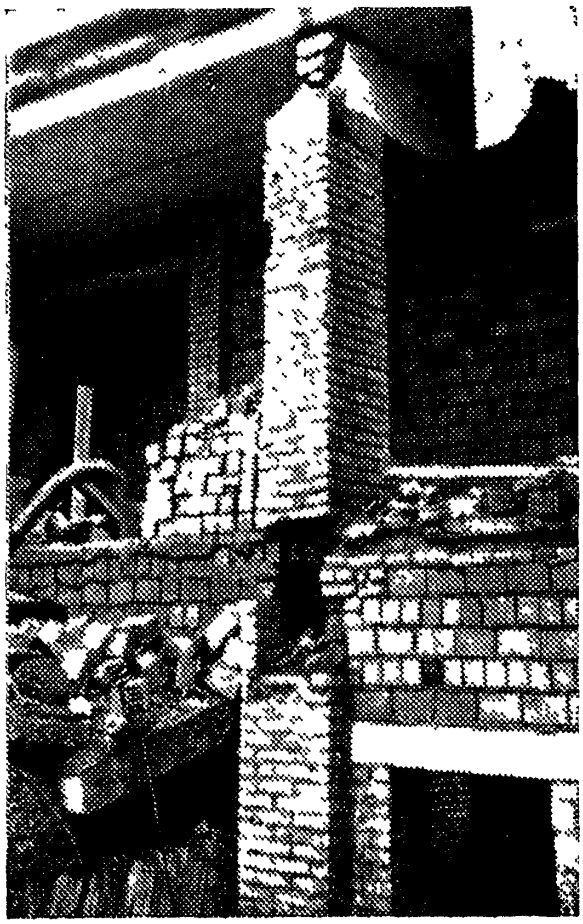


Рис. 37. Разрушение в месте опирания железобетонной подушки на кирпичный столб

В трех отобранных партиях кирпича из разных мест кладки предел прочности составлял 100 и 75 *кГ/см²*, одна партия не удовлетворяла требованиям ГОСТа.

Предел прочности отобранных проб раствора из швов кладки составил 15—22 *кГ/см²*. Работы по возведению наземной части сооружения выполнялись в январе-феврале при температурах от —20 до —30° С.

Таким образом, основными причинами обрушения конструкций явились: ненадежность опор и узлов, создавших в сочетании с местными неучтенными нагрузками и возможными динамическими воздействиями при подаче асфальтовой смеси и других строительных материалов на перекрытия аварийное состояние. Все это способствовало накапливанию деформаций в кладке столбов и привело к срезу опоры и падению конструкций перекрытия.

Примером разрушения конструкций в результате воздействия нескольких причин может быть провал перекрытия и простенков одноэтажной пристройки спортивного зала. Четырехэтажное здание школы было возведено в 1936 г. В последующие годы к зданию пристроили спортивный зал размером 25×10 *м*, высотой 4,6 *м*. Стена

с большими проемами выложена из обыкновенного красного кирпича толщиной 51 *см*.

Перекрытие спортивного зала запроектировано из металлических спаренных балок № 30-а или одного двутавра № 40-в. В натуре были уложены балки, состоящие из двух швеллеров № 30-б. Эта замена ничем не была обоснована. На нижние полки швеллеров были положены сборные железобетонные плиты типа ПРТ размером 40×275 *см*, по ним сделана шлаковая засыпка слоем 10 *см* и уложены керамзитовые плиты толщиной 10 *см*.

В акте на приемку работ указывалось на необходимость устройства пароизоляции, в связи с чем проектом предусматривалась замена балок, однако это оказалось невыполненным. Поверх металлических балок укладывались бревна диаметром 22—25 *см*, обрешетка и металлическая кровля.

В декабре 1966 г. уже замечались видные на глаз прогибы металлических балок. Замеры показали, что прогибы достигли 28 *см*, в марте прогиб увеличился до 30 *см*. Спортивный зал был закрыт. Одновременно проектной организацией был выдан проект на новое перекрытие; работы не начинались и охранные стойки не устанавливались. Через три дня после того, как зал был закрыт, произошло обрушение всего перекрытия.

При обрушении упали четыре металлические балки и пять пролетов плит, опирающихся на эти балки. Площадь обрушения составила 137,5 $м^2$. На полу одна к одной лежали 125 плит. Все кирпичные простенки выпали наружу. При падении перекрытия воздушной волной были выбиты все стекла в примыкающей к спортивному залу стене.

Осмотром установлено, что балки заглублялись в стены на 17—20 *см*. Разгрузочных подушек не оказалось, выполненная анкеровка была недостаточной.

По произведенному расчету требуемый момент сопротивления оказался в 1,6 раза больше допускаемого проектом, не были учтены динамические нагрузки от спортивных снарядов, прикрепленных к балкам.

Снег, который скапливался на кровле, не удалялся, толщина снежного смерзшегося со льдом слоя достигала 1,5 *м*.

При обильном выпадении снега произошло несколько обрушений покрытий в один день на других объектах.

Одна из таких пристроек, подобных рассмотренному

спортивному залу, была завершена строительством в январе 1965 г. Обрушение кирпичных столбов, а вместе с ними и перекрытия произошло 18 февраля 1966 г.

В некоторых из домов серии II-18/9 предусматриваются для пристраиваемых магазинов кирпичные столбы, одновременно в этих же пролетах устанавливаются и железобетонные колонны, которые несут, как и кирпичные столбы, нагрузки от вышележащих этажей. С одной из сторон ригели опираются на железобетонные колонны, с другой — на кирпичные столбы. Совершенно очевидно, насколько неудачно сочетание таких разнородных конструкций.

В одном из зданий, когда завершался монтаж седьмого этажа, автор проекта, осуществлявший технический надзор за строительством, усомнился в прочности раствора в кладке кирпичных столбов и приостановил монтаж оставшихся двух этажей. Кладка столбов выполнялась при отрицательной температуре во второй половине декабря. Седьмой этаж был завершен 30 января. Следовало ожидать, что работы по монтажу последних двух этажей будут закончены до 15 февраля.

К наступлению весеннего оттаивания или при искусственном обогреве помещений раствор пройдет через нулевую прочность. Это и вызвало опасение за прочность уже выложенных кирпичных столбов. Осмотр показал, что раствор имеет весьма низкую прочность, а кирпич, использованный для столбов, не удовлетворяет требованиям ГОСТа. Такие значительные нарушения при дальнейшем строительстве могли вызвать серьезные деформации.

Кирпичные столбы, как ненадежные, пришлось усилить металлическими обоймами из уголков и поперечных планок. Это позволило через два дня возобновить приостановленные работы, а с наступлением теплого времени — оштукатурить столбы по сетке.

Даже в старых и реконструируемых зданиях встречаются ослабленные и значительно утратившие первоначальную прочность кирпичные столбы и простенки.

Пятиэтажное здание, построенное в 1932 г., подлежало реконструкции — часть деревянных перекрытий предполагалось заменить на железобетонные. Когда были разобраны перегородки и частично перекрытия, выявилось, что столбы у перекрытий подрублены для установки осветительных коробок и скрытой проводки; имеются

большие гнезда для деревянных балок перекрытий, некоторые из них по этажам отклоняются; кладка столбов не армирована, выполнена из разнородного кирпича с утолщенными швами и без необходимой перевязки. В технической документации по реконструкции не предусматривалось усиления столбов. Только вскрытия и всесторонние обследования позволили выявить недостатки в конструкциях.

В другом кирпичном здании, строительство которого относится к середине прошлого столетия, конструкции простенков и столбов оказались настолько ослабленными (проходили развитые трещины, наблюдался распад кладки в местах прохождения дымоходов), что требовалось немедленное их усиление. Эти недостатки удалось выявить только после того, как была снята вся штукатурка в процессе реконструкции здания.

4. Кирпичные стены

Основными причинами нарушения и разрушения в кирпичных стенах и простенках являются:

1) неравномерные осадки отдельных участков при нарушениях оснований;

2) использование некачественных материалов;

3) подрубки и перегрузки стен, нарушение теплового режима твердения раствора в швах кладки в зимнее время;

4) искривление стен при большой их протяженности и потеря ими устойчивости;

5) несовместимость работы в кладке материалов, разнородных по жесткости, толщине швов, перевязке, качеству исполнения работ.

Для иллюстрации таких разрушений приведем несколько примеров.

На строительстве цеха стеклопластиков опытного завода произошло обрушение кирпичной торцовой стены светового фонаря длиной 9 *м*, толщиной 38 *см*, высотой 3,2 *м*. Обрушение произошло на отметке 6,7 *м*. Строительство цеха осуществлялось по типовому проекту, предусматривающему производство строительно-монтажных работ гусеничным краном грузоподъемностью 7,5 *Т* со стрелой длиной 18 *м*, методом монтажа «на себя». В действительности работы велись гусеничным краном с меньшим вылетом стрелы.

Предусмотренные проектом для кирпичной кладки инвентарные металлические леса типа ВНИИОМСа, требующие крепления их к стене, на строительстве были заменены пакетными подмостями. В обрушившейся торцовой стене у ее основания на всю длину на отметке 6,36 *м* с противоположной от фонаря стороны была проведена борозда глубиной 12 *см*, высотой 30 *см*, предназначавшаяся в последующем для опирания плит перекрытий примыкающего к стене пролета. Работы выполнялись при переменной температуре наружного воздуха.

4 и 5 ноября были выполнены работы по кладке стены на высоту 0,95 *м* при температуре наружного воздуха 4—8° С; 6—12 ноября работы по кладке стены не производились; 13—15 ноября стена была выполнена на высоту 1,6 *м* при температуре от —7 до —12° С; 16—17 ноября кладка была выполнена на высоту 93 *см* при температуре 2° С.

К моменту окончания кладки пакетные подмости укладывались в семь рядов по высоте длиной каждый 11 *м*. По окончании кладки стены три верхних яруса подмостей были сняты краном. В момент, когда рабочие отдыхали, закончив разборку лесов, произошло обрушение торцовой стены по всей длине борозды.

Проверкой было установлено, что пробы кирпича по прочности отвечали марке 75, а по проекту предусматривалась марка 100. Пробы раствора отбирались на трех уровнях. После оттаивания пробы в течение 2 *ч* подвергались испытанию на сжатие; раствор имел следующие прочности: 0; 0 и 6 *кГ/см*^{2}.

Поверочные расчеты показали, что торцовая стена фонаря, выложенная методом замораживания с бороздой у основания на всем протяжении, оказалась неустойчивой на опрокидывание от расчетной ветровой нагрузки.

Причиной расстройства кладки и ее обрушения могли быть порывы ветра, внешние удары по стене при возведении и при демонтаже пакетных подмостей.

В типовом проекте и в проекте организации работ не указывался порядок выполнения работ по устройству узла примыкания перекрытия к отдельно стоящей торцовой стене светового фонаря. Это сопряжение могло оказаться ненадежным и опасным и при монтаже плит, которые заводились в борозды кладки стены.

Одноэтажная котельная протяженностью 20 *м*, перекрытая металлическими фермами пролетом 12 *м*, была

построена в 1948 г. Фермы опирались на пилястры, выполненные из шлакобетонных камней 40×20×20 *см*. В дальнейшем в котельной было пристроено небольшое здание, перекрытое металлическими балками, по которым были уложены железобетонные плиты, шлаковая засыпка слоем 40 *см*, а затем были выполнены цементная стяжка и рулонная кровля. В ночное время эта пристройка внезапно рухнула.

Никакой технической документации на возведение котельной не было.

При обследовании балки оказались заглубленными в кладку стен на 12—16 *см*. От систематических промочек кровли, которая не ремонтировалась, пострадала кирпичная кладка, выполненная из силикатного кирпича. Карниз и участки стен в местах опирания балок оказались разрушенными с внешней стороны на глубину 18 *см* при общей толщине стены 38 *см*.

Потеря прочности кирпича вне зоны полного разрушения составила около 60% начальной прочности. Концы металлических балок от продолжительного увлажнения талой и дождевой водой, фильтровавшей через толщу шлаковой засыпки, покрылись большим налетом коррозии.

У основания здания наблюдался распад шлакобетона в камнях в местах увлажнения стен из-за порчи металлических окрытий. В сопряжениях стен с пилястрами образовались трещины с раскрытием до 2 *мм*. Хотя железобетонные подушки заглублялись в стены на 20 *см*, кладка и стеновой материал за 18 лет эксплуатации утратили первоначальную прочность и оценивались как ненадежные.

5. Сборные и монолитные железобетонные конструкции

Из истории строительства известно немало случаев, когда отдельные недостатки, допущенные в железобетонных конструкциях, служили причиной аварии зданий и причиняли огромные убытки.

Ни один другой материал не поддается так хорошо «лечению», как бетон и железобетон, но работы по устранению серьезных дефектов почти всегда требуют больших затрат труда.

Особенно сложно устранить скрытые дефекты, своевременно не обнаруженные строителями, такие, как пропуск или смещение арматуры, ослабленные узлы, глу-

бокие невидимые с внешней стороны пустоты и раковины, некачественная сварка арматуры, плохо заделанные закладные детали, ненадежные опоры, низкая прочность бетона. Каждый замеченный и выявленный дефект в железобетонных конструкциях необходимо ликвидировать с той необходимой тщательностью и точностью, которой требует этот материал.

Нагрузки на железобетонные конструкции в зданиях и сооружениях возрастают с каждым годом. В современном строительстве колонны обычных сечений используются для зданий высотой 16—25 этажей и более с постоянными нагрузками 1000—1500 *т* и более. Нагрузки на колонны растут быстрее, чем возможности повышения марок бетона, поэтому разрушения, вызванные низкой прочностью бетона, встречаются по сравнению с другими дефектами чаще.

По статистическим данным, фактическая прочность бетона в 28-дневном возрасте оказалась ниже проектной на 15—20%. Это особенно типично для бетона зимней укладки.

При оттаивании в железобетоне обнаруживаются изъяны, вызванные нарушением режима прогрева. Дефекты такого типа, своевременно выявленные нужно устранить, в противном случае этот существенный недостаток зимнего бетонирования может привести к разрушениям и обвалам.

Нарушения режима прогрева явились причиной разрушения бетона при строительстве складского помещения.

На кирпичные стены укладывались железобетонные балки размером 590×60×22 *см*, а по ним — настилы, засыпка и кровля. Когда были закончены работы и включено отопление, одна из балок разрушилась, что повлекло за собой обрушение двух пролетов. Произведенная оценка прочности бетона в различных местах упавшей балки показала, что в момент ее обрушения прочность бетона составляла 50—70 *кГ/см²* вместо запроектированной 300 *кГ/см²*.

Обрушение сопровождалось срезом бетона у опоры на всем сечении балки с вытяжкой арматуры из остатка балки, защемленной в кладке. Такое нарушение было вызвано очень низкой прочностью бетона (рис. 38).

Как выяснилось, конструкции готовились на полигоне без необходимого контроля за температурным ре-

жимом и нарастанием прочности бетона. Контрольная проверка прочности других смонтированных балок выполнялась только после установки временных деревянных стоек под концами балок, забетонированных в холодное время года.

Бетон в балках имел прочность 50—200 $кГ/см^2$, некоторые из балок находились в таком же состоянии, как и аварийная. Под ненадежные конструкции устанавли-

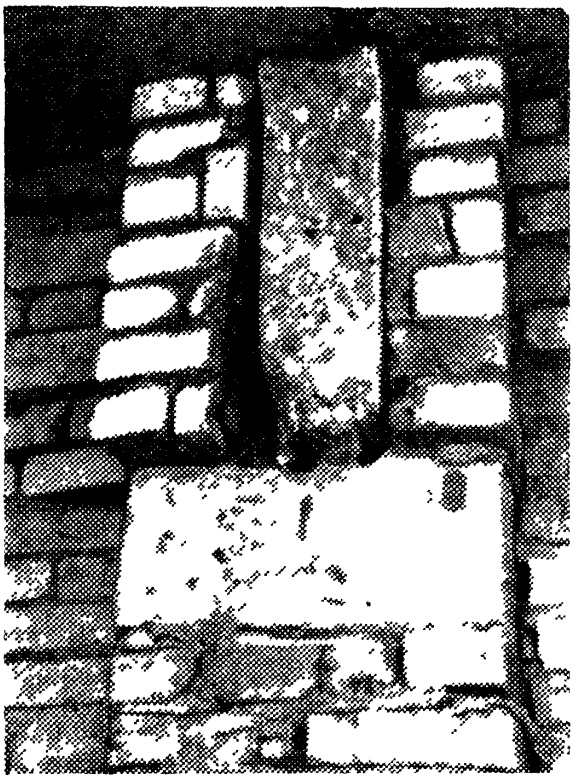


Рис. 38. Разрушение железобетонной балки (видны остатки бетона в стене)

вались деревянные стойки, балки выдерживались при положительной температуре до тех пор, пока бетон не достиг прочности 180—200 $кГ/см^2$.

В другом случае произошло разрушение прогона, уложенного на чердачном перекрытии в пятиэтажном жилом доме. В месте падения прогона разрушились перекрытия на пятом и четвертом этажах. Все разрушенные железобетонные конструкции остались на третьем этаже.

Конструкции по три элемента одновременно готовились в полигонных условиях, укрывались съемным деревянным колпаком, внутри которого производился обогрев, причем установлено, что этот прогрев был неэффективен. Бетон в упавшем прогоне обладал прочностью 40 $кГ/см^2$.

Из шестнадцати смонтированных прогонов пять имели весьма низкую прочность. Дефектные прогоны были демонтированы и заменены прогонами заводского изготовления.

6. Разрушения капителей и безбалочных перекрытий

Работа по бетонированию безбалочных перекрытий должна постоянно контролироваться строителями. Бетонирование монолитных или монтажных сборных элементов этих перекрытий требует тщательного и точного выполнения всех операций.

Отступления в армировании, неправильное определение рабочих швов, захваток бетонирования, ненадежные леса и отставание в замоноличивании соединений приводили к образованию нежелательных и опасных для конструкций трещин, разрушению бетона в сопряжениях плит с капителями и провисанию бетона в поле плит.

Работы по бетонированию безбалочного перекрытия в одном из складских зданий выполнялись в холодное время года. Еще до начала электропрогрева бетон успел частично загустеть и замерзнуть. Эффект от такого прогрева, естественно, был снижен или совершенно не оказал влияния на рост прочности бетона. В дальнейшем, когда начали снимать стойки, произошло полное обрушение перекрытия на третьем этаже, что привело в свою очередь к разрушению бетона в перекрытиях двух нижележащих этажей.

Дефекты в сборном безбалочном перекрытии картофелехранилища были обнаружены как в процессе монтажа, так и в собранном виде до замоноличивания узлов. Во многих собранных конструкциях появились опасные трещины в капителях и произошло полное их разрушение. Монтаж каркаса был начат в конце ноября 1967 г. и продолжался в зимние месяцы при низких температурах. В процессе производства работ были допущены отступления от предусмотренной проектом технологии по сварке закладных деталей.

При обследовании каркаса 11 января 1968 г. трещин в пристенных и угловых капителях обнаружено не было. 2 февраля, в период резкого перепада температур наружного воздуха, в капителях типа КПК и КПЧ

появились трещины с раскрытием до 2—2,5 *мм*. Это свидетельствовало об аварийном состоянии конструкций. Деформированные капители пришлось демонтировать. При разборке конструкций одной из колонн второго этажа произошло обрушение перекрытия.

В ночь с 3 на 4 февраля, в нерабочее время, произошло обрушение капителей того же типа на других участках здания. Одновременно обрушились и плиты перекрытий, уложенные на капители; колонны в этих местах не обрушились, видимых нарушений выявлено не было.

При освидетельствовании остальных смонтированных капителей типа КПК и КПЧ на этом объекте и на строящемся в другом районе картофелехранилище во многих местах были обнаружены аналогичные трещины.

Основной причиной появления трещин и разрушения капителей явилась низкая несущая способность капителей в результате недостаточного их армирования (меньшего, чем было предусмотрено в проекте). Сопутствующими причинами могли послужить: нарушения при монтаже, смещение арматурных сеток и закладных деталей, отставание с бетонированием монолитной части капителей, что могло привести к резкому снижению устойчивости каркаса здания (рис. 39).

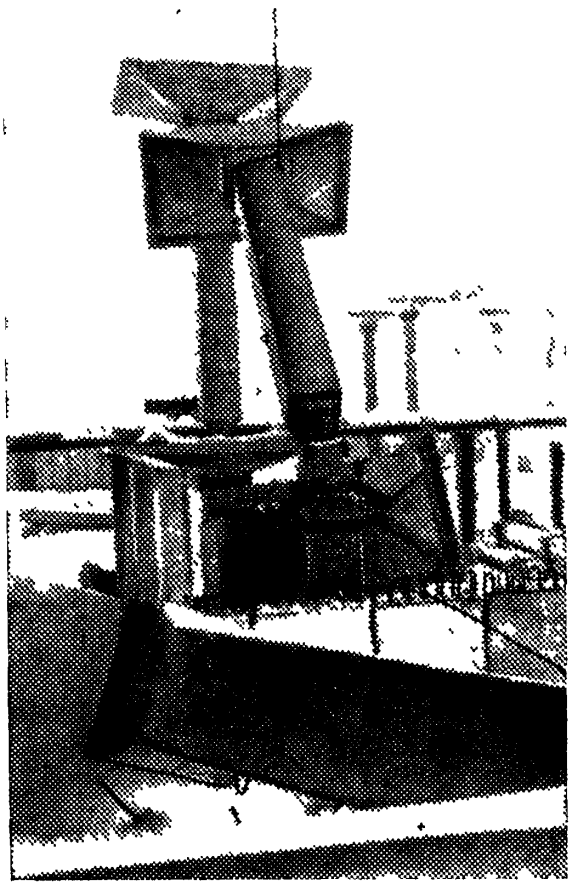


Рис. 39. Разрушение слабоармированных капителей

Возникла необходимость во внесении конструктивных изменений в армирование капителей и технологию монтажа этих конструкций. Повышена была также марка бетона — предусмотрена марка бетона 300 (вместо 200).

При проверке прочности бетона в обрушившихся конструкциях и в образцах, выпиленных из отобранных кусков разрушенных капителей, установлено, что бетон во всех исследованных конструкциях отвечал проектной прочности.

В январе 1966 г. произошло обрушение одного пролета в осях *1 —2* каркаса трехэтажного здания склада гарных грузов, смонтированного из сборных элементов (рис. 40). Протяженность корпуса 115 *м.*

Обрушение произошло после завершения монтажа пролета. Сварка закладных деталей ригелей с колоннами не была выполнена, а работы по замоноличиванию стыков между колоннами и ригелями и плитами даже не были начаты. Эти работы намечалось выполнить в теплое время года. При обрушении колонны ригели и

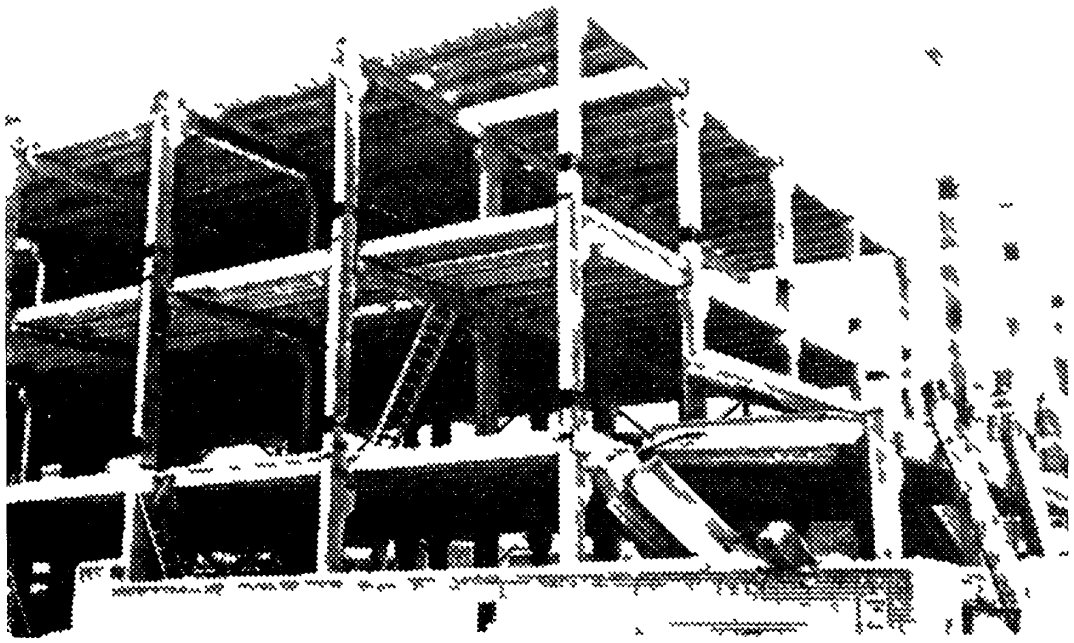


Рис 40 Обрушение участка пролета каркасного здания

часть плит крайнего пролета упали за пределы сооружения.

При падении конструкций плиты третьего этажа выбили плиты в том же пролете второго этажа и затем первого. Одна из плит третьего этажа задержалась при падении и заняла место выбитой плиты на первом этаже.

По счастливой случайности конструкции последнего пролета, смонтированного накануне дня аварии только на прихватках, упали в крайнем пролете в сторону от здания, не вызвав дальнейших обрушений.

Аналогичная авария произошла 19 апреля 1961 г. на смонтированном железобетонном каркасе многоэтажно-

го здания склада бумаги. Однако в отличие от предыдущего случая конструкции упали внутрь здания и вызвали полное обрушение каркаса. Причиной обрушения было отставание в замоноличивании и сварке стыков, а также невыполнение других работ по кладке стен и перегородок (рис. 41).

Подобные разрушения в каркасных зданиях трудно предвидеть. Отклонения в правильности монтажа выявляются лишь при геодезических проверках.

Деформации и отклонения конструкций от проектного положения накапливаются постепенно, а обрушения

Рис. 41. Вид участка разрушенных конструкций монтируемого корпуса

происходят внезапно. Обрушение смонтированных деталей произошло на строительстве станции аэрации. Аэротенки состояли из четырех отсеков протяженностью 112 *м*, расстояние между стенами составляло 12 *м*, высота сборных деталей, из которых собирались отсеки, 5,2×2,5 *м*. Каждая колонна с пазами для железобетонных досок устанавливалась и крепилась в фундаментах стаканного типа на глубине 30 *см*. Свободные зазоры должны были замоноличиваться бетоном марки 150.

Производство работ должно было осуществляться в следующем порядке: бетонирование фундамента, установка стоек, замоноличивание зазоров в стаканах для

колонн, монтаж-заводка железобетонных плит в пазы колонн, сварка углов соединений и замоноличивание швов.

Так как технология замоноличивания колонн в зимнее время не была разработана, они устанавливались насухо, а для придания устойчивости их заклинивали деревянными клиньями.

После того как в одном из отсеков было смонтировано 26 пролетов, одна из колонн упала, за этим последовало падение заложенных в пазы железобетонных досок. Они

Рис. 42. Разрушение слабозакрепленных железобетонных конструкций

потянули за собой следующую колонну, и конструкции начали падать одна за другой. Обрушение проходило, как по цепной реакции, до полного разрушения всех пролетов. Разрушение стен аэротенка приостановилось у температурно-осадочного шва и продолжалось, по рассказам очевидцев, примерно 1,5 *мин.* За это время обрушилось 18 пролетов; падение конструкций происходило в одну сторону (рис. 42).

Обрушение было вызвано следующими причинами: при высоте колонн для стен 5,2 *м* глубина их заделки была недостаточной, во многих местах в колоннах имелись сколы бетона, железобетонные доски не защемлялись

в пазах. Бетон укладывали в опорную часть колонн зимой без прогрева. Другие участки из-за перебоев в подаче пара обогревались только периодически. Клинья неправильной формы или просто куски древесины, использованные для расклинивания колонны и помещенные в стаканы фундамента, неравномерно расклинивали конструкцию — при увлажнении древесина набухала, а при высыхании ослабевала, и некоторые клинья свободно вынимались из гнезд.

При падении первой колонны произошел скол бетона в стакане фундамента, прочность которого была весьма низкой.

В другом случае совершенно неожиданно произошло разрушение железобетонного забора при падении одного его звена. Эта авария возникла при планировке территории АТС, огражденной забором. Бульдозерист, перемещая грунт к забору, задел бетон. Вывернувшейся из грунта бетонной глыбой был нанесен удар по одному из сборных элементов железобетонного забора, в результате одна из панелей упала на тротуар за пределы территории АТС.

При проверке выяснилось, что работы по завершению недоделок оказались невыполненными (приварка закладных деталей и замоноличивание стыков). В натуре также не была выполнена предусмотренная проектом кирпичная опорная стена, к тому же отдельные звенья забора не входили в шпунт обвязочной конструкции. Все это и отразилось на прочности и устойчивости конструкций.

7. Разрушения, вызванные дефектами армирования

Как правило, причиной появления трещин в железобетоне считают отступления в армировании конструкций. Однако возникновение трещин может быть вызвано и другими причинами. Наиболее распространенный недостаток, особенно в ажурных и тонкостенных конструкциях, — это неточность фиксации проектного положения арматуры.

В железобетонных плитах на комнату толщиной 12 *см* рабочая арматура при вскрытиях находилась от лицевой поверхности на расстоянии 4 и даже 6 *см*. Эти плиты пришлось усиливать.

В последние годы широко пользуются выносными железобетонными козырьками у входов в здания. Разрушение этих козырьков происходит по одной причине — принятая для армирования двойная сетка в результате нарушения технологии бетонирования смещается к опалубке нижней сжатой зоны.

Разрушение сопровождается образованием вверху козырька одной или двух продольных трещин. Если снять стойку, железобетонный козырек опускается и остается висеть на заанкеренной арматуре в стене или продольной балке.

Первым предупреждением о неудовлетворительном армировании является появление трещин. Они часто возникают до удаления стоек и опалубки. По-видимому, стойки устанавливаются на непрочных распределительных досках и под влиянием тяжести оседают. Эти осадки не воспринимаются конструкцией.

Из-за нарушения в армировании консольная плита типа КВ-1Т на строительстве панельного дома, установленная над магазином, пристроенным в первом этаже, упала в тот момент, когда велись работы. Перелом плиты произошел у места заделки плиты в стену (рис. 43).

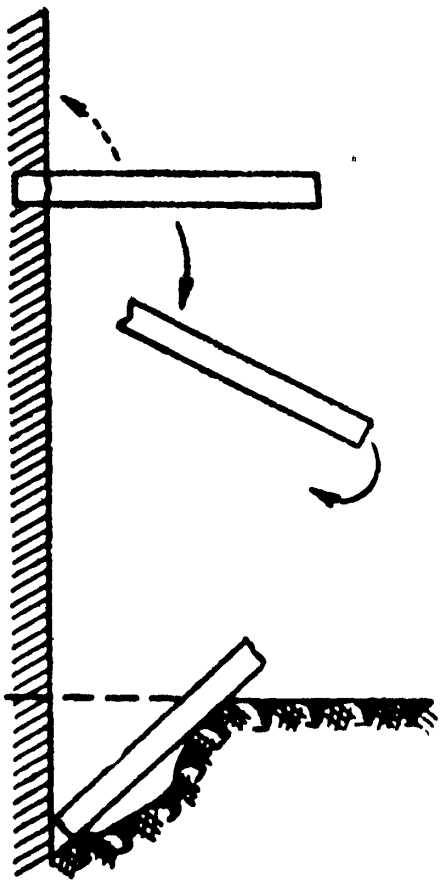


Рис. 43. Динамика обрушения консольной плиты

При освидетельствовании разрушенной плиты было установлено, что рабочая арматура оказалась опущенной по сравнению с проектным положением на 45 *мм*. Плита имела общую толщину 15 *см* и состояла из защитного слоя раствора толщиной 20 *мм*, утеплителя 50 *мм* и самой железобетонной плиты толщиной 80 *мм*. При вскрытии на заводе плит, подготовленных к отправке на строительство, выяснилось, что во всех выборочно отобранных плитах имелись значительные отступления в армировании. Поставка плит на строительство была приостановлена до всесторонней проверки технологии их изготовления.

Аварии вызываются также выдергиванием из бетона и разрывом монтажных петель в монтируемых конструкциях. Выдергивание является следствием неудовлетворительной анкеровки монтажных петель и недостаточной прочности бетона, а разрыв вызывается низкой прочностью металла, использованного для петель.

При строительстве железобетонного коллектора для труб в траншею опускали сборные железобетонные элементы. Звенья собирались из отдельных конструкций: Г-образных деталей для стен и плоских плит для днища и перекрытия. Арматура плит днища имела выпуски, которые соединялись с такими же выпусками в конструкциях стен. Промежутки бетонировались для придания системе монолитности.

При подъеме плиты для днища весом 750 *кг* строп был закреплен не за монтажные петли, а за выпуски арматуры. В момент опускания плиты в траншею арматура выдернулась из бетона и упала в траншею, где производился монтаж коллектора. Бетон оказался весьма низкой прочности.

В практике строительства встречаются случаи выдергивания закладных деталей вместе с анкерными стержнями. Это может произойти в результате недостаточного заглубления анкерных стержней в тело бетона, когда к тому же сцепление металла с бетоном недопустимо мало по сравнению с выдергивающим усилием. Другой дефект вызван недостатками технологии — анкерные стержни заглубляются в бетон после того, как конструкция отформована. При заглублении закладных деталей в бетон гнездо несколько увеличивается по сравнению с диаметром заглубленных анкерных стержней. Закладные детали при этом можно даже раскачать при незначительном усилии. Детали с такими дефектами непригодны для крепления конструкций к основному каркасу.

Панели бракуются либо на месте изыскиваются другие средства для их крепления к каркасу.

Иногда в процессе строительства железобетонные конструкции укладываются в сооружения арматурой вверх. Это вызывается тем, что по технологическим особенностям распалубки на заводе подъемные крюки укладывались в конструкции балок по две штуки с каждой из сторон. Это ввело в заблуждение строителей, и балки были уложены в перевернутом виде.

В типовых школах на пятом этаже над конференц-за-

лом укладывались балки типа РШ длиной 9 *м*. В балках имелись подъемные крюки сверху и внизу. При выполнении отделочных работ в нижней части балок были замечены трещины, их решили зашпаклевать, но при нанесении следующего отделочного слоя они вновь раскрылись. Это вызвало беспокойство у производителя работ.

Причину появления трещин не удалось сразу выяснить и трудно было себе представить, что их возникновение связано в данном случае с неправильной укладкой балок, но при детальном осмотре конструкций с участием представителя завода факт подтвердился. Балки оказались уложенными рабочей арматурой вверх. Они были загружены плитами утеплителей более месяца.

Это случай, конечно, исключительный. Потребовалось принять срочные меры по обеспечению безопасности. Самым простым решением было сменить балки, но сроки окончания строительства не позволяли произвести разборку конструкций кровли. Усиление балок при их аварийности требовало выполнения охранных мероприятий: в кратчайшие сроки под каждую балку на лежнях были установлены деревянные стойки по две с каждой стороны опоры. Лишь после этого начали усиливать балки.

Состояние аналогичных конструкций было проверено и на других объектах подобного типа зданий. Удалось обнаружить в одной из школ, в которой заканчивались отделочные работы, балки с такими же дефектами. Трещин или других признаков деформаций балок в этом здании после окончания всех работ обнаружено не было. Укрепление балок выполнялось путем установки параллельно с дефектными двутавровых металлических балок, сваренных между собой. Приваренные между балками металлические пластины удерживали железобетонную балку на случай ее полного отказа.

8. Разрушения, вызванные дефектами при устройстве оснований и фундаментов

При подготовке строительных участков на месте разбираемых зданий в открытых котлованах удается освидетельствовать и зафиксировать состояние материалов и разбираемых конструкций, которые использовались для

фундаментов и искусственных оснований. По материалам обследований можно судить о причинах деформаций в соседних зданиях, где были применены такие же конструкции и методы для упрочнения грунта.

При разборке части старого здания ЦУМ в Москве для строительства на этом участке нового здания отрытые кусты деревянных свай, забитые в грунт более 200 лет назад, на которые опирались ростверки стен Малого театра, находились в хорошем состоянии. Для деревянных свай использовалась древесина лиственных пород.

Верхняя часть свай и ростверков находилась вне зоны постоянного уровня грунтовых вод. Ростверки, выполненные из других пород древесины, подверглись значительным разрушениям, что повлекло за собой образование в стене трещин. Во избежание обвала нарушенные стены были усилены тяжами. Эта стена примыкала к снесенному участку здания ЦУМ и была недоступна для подводки свай, которая выполнялась в 1947—1948 гг. при реконструкции здания Малого театра.

Осадки отдельных участков зданий и разрушения фундаментов часто вызываются реконструкцией магистралей, прокладкой тоннелей для городских коммуникаций, строительством подземных путепроводов, пешеходных переходов.

При строительстве подземного тоннеля по Садовому кольцу на участке Садово-Спасской ул., где глубина выемки составляла 7 *м*, для защиты от оползания грунта вдоль трассы тоннеля забивались трубы диаметром 25 *см*, а между ними закладывалась забирка из досок. При производстве работ по креплению стенок котлована все-таки наблюдались вынос и оползание грунта. На одном из таких участков в результате оползания грунта нарушился фундамент четырехэтажного здания постройки начала прошлого столетия. Это вызвало просадку угла здания на участке длиной до 4 *м* и появление трещин в стенах с раскрытием 3—4 *см*. Пришлось выполнить в первую очередь неотложные работы по усилению стен. С фасадной стороны в простенках устанавливались спаренные швеллеры по высоте на два этажа и с помощью тяжей ослабленные стены закреплялись к поперечным стенам.

На этом участке тоннеля после выполнения всех строительных работ была произведена тщательная засыпка пазух грунтом с уплотнением каждого уложенного слоя. Это предотвратило дальнейший вынос грунта из-под зда-

ния. По окончании этих работ приступили к непосредственному усилению фундаментов.

Разборка разрушенного цоколя позволила установить, что на этом участке здания, как и в других местах под стенами, фундамент отсутствовал. Стены покоились на песчаной подушке толщиной 30 *см*.

Трещин или других нарушений в стенах, связанных с отсутствием фундамента, в здании не обнаружили. Усиление поврежденного угла состояло из втрамбования в грунт слоя щебня, устройства железобетонной подушки и новой кладки разобранного участка стены.

В других постройках прошлого столетия фундаменты, заложенные на песчаных грунтах, заглублялись только на 40—60 *см*.

Во многих случаях причины и механизм нарушения оснований в зданиях и сооружениях, размеры и границы повреждений грунта часто остаются невыясненными. Так, например, через полгода после ввода в эксплуатацию внезапно произошел провал грунта под фундаментом выстроенного четырехсекционного крупнопанельного дома серии II-32-В на участке длиной 3—5 *м*, шириной 2,5—3,4 *м*. Образовавшаяся воронка имела глубину считая от уровня земли 5,5 *м*, или ниже отметки заложения фундамента на 2,5 *м*.

Сборные бетонные подушки оторвались и вместе с просевшим грунтом провалились в образовавшуюся под зданием воронку. Вышележащие конструкции на этом участке как бы повисли в воздухе. Прежде чем принять какие-либо решения конструктивного характера, требовалось создать условия безопасной эксплуатации здания. Из-за опасности обрушения вертикальных стенок и развития просадок грунта на соседних участках был ограничен выбор эффективных и вместе с тем быстро выполнимых решений.

После всестороннего рассмотрения предложенных вариантов наиболее приемлемым решением для ликвидации аварийного состояния и создания безопасных условий выполнения работ явилось заполнение воронки пластичной бетонной смесью. Это обеспечило безопасность работ, так как бетон забрасывался в скважину, что не требовало пребывания людей в опасной зоне. По мере заполнения воронки бетоном стенки выемки закреплялись, что исключало возможность осыпания и обвалов грунта. Такая своеобразная бетонная пломба враспор со стенками не

требовала выполнения дополнительных мероприятий по креплению грунта и фундаментов.

Для заполнения образовавшейся воронки в течение 5 *ч* было уложено 40 $м^3$ бетона. Следовало ожидать, что при уплотнении рыхлого грунта в основании и усадке бетона возникнет дополнительное обжатие на этом участке. Для этих целей до бетонирования в основание выемки заглублялись на 30—50 *см* металлические трубы диаметром 50 *мм*, которые выводились выше уровня земли на 70 *см*.

Они предназначались для инъецирования грунта под бетонной пломбой на случай образования пустот. По окончании бетонирования в каждую из заглубленных труб нагнеталась водоцементная смесь под давлением 2—4 *ат*. Инъецирование выполнялось с перерывами и продолжалось несколько дней до наступления полного отказа в приеме грунтом смеси. Общий объем заинъецированной смеси составил 1,5 $м^3$.

На поверхность бетона укладывались металлические балки с тем, чтобы можно было ввести клинья между рамной частью фундамента здания и новым фундаментом.

По мере ослабления клиньев до полной стабилизации осадок подводили металлические пластинки, а затем и окончательно заделывали сопряжения. После окончания работ были организованы инструментальные наблюдения за конструкцией.

Опасные деформации несущих стен в возводимых зданиях возникают при промерзании грунтов, недостаточном уплотнении грунта, попадании снега, льда и разжиженного грунта под фундаменты. Развитие трещин начинается в период начала оттаивания грунта и продолжается до полного его оттаивания. Этот процесс сопровождается довольно часто полным разрушением ленточных фундаментов, кирпичных, блочных и других перегородок, возведенных на таких грунтах.

При выполнении комплекса работ нулевого цикла на объектах, впоследствии законсервированных, перегородки сооружений, возведенных на суглинистых пластичных грунтах и заглубленных в грунт на 40 *см*, оказались весной разрушенными.

Типичный характер разрушений кладки при промерзании и увлажнении грунта — отрыв перегородок от перекрытий, образование поперечных и косых трещин, от-

клонение от вертикали, потеря устойчивости и полное разрушение кладки.

Так, в подвальной части школы кирпичная стена, поддерживающая перекрытие первого этажа, отошла от перекрытия на 15—20 *мм*, и продолжала отклоняться. Меры по закреплению стены тяжами не обеспечили ее устойчивости, стена продолжала отклоняться. Зондирование показало, что грунт под стеной на глубину до 1,5 *м* насыпной и весьма рыхлый. Фундамент оказался заглубленным в грунт на 40 *см*. Для упрочнения насыпного слоя в данных условиях в грунт вдавливали металлические трубы диаметром 75 *мм* на глубину 150 *см*, затем полости заглубленных труб заполняли цементным раствором. Поверх труб была уложена бетонная армированная плита толщиной 40 *см* враспор с фундаментом средней стены. По окончании работ на одном участке производилось такое же укрепление основания с противоположной стороны стены.

Перегородки зданий, возведенных на насыпных песчаных грунтах, могут длительное время оставаться в первоначальном состоянии, без признаков появления трещин в примыканиях, но при увлажнении грунта либо при порче системы отопления и водопровода устойчивость перегородок нарушается.

Для здания жилого кирпичного пятиэтажного дома с подвалом, расположенным только в торцах, был вырыт общий котлован. Промежуток между помещениями подвала засыпался вынутым грунтом. Над этой частью здания располагалась библиотека, причем в первые годы в перегородках и санузлах не было трещин или просадок пола.

Однако после восьми лет эксплуатации в стенах образовались трещины. Осмотр показал, что горизонтальные и наклонные трещины действительно большие и проходят они в кирпичных перегородках, возведенных на насыпных грунтах.

Не всегда можно получить точные и объективные сведения об истинных причинах развития дефекта у исполнителей, особенно при передаче объектов из одного ведомства в другое либо при выполнении работ несколькими строительными организациями. Однако рано или поздно причины удается полностью выяснить. В данном случае причиной просадок послужили авария водопровода и засорение канализации.

По этой же причине возникли просадки грунта под фундаментами котлов. Чтобы предотвратить разрывы в соединениях трубопроводов, пришлось организовать наблюдения за осадками. Ускоренному процессу просадки фундамента в первые месяцы эксплуатации котельной способствовало проникание технологической воды в грунт через лотки, которые также просели. Работы по упрочнению оснований можно было начать только по окончании отопительного сезона.

9. Различные повреждения и разрушения конструкций

Ущерб, наносимый падением незначительных по размерам деталей облицовки, штукатурки потолков, акустических плиток, архитектурных деталей оформления, скульптурных украшений зданий, весьма ничтожен, но сам факт нарушения и падения деталей может причинить большой вред своей внезапностью и вызвать даже тяжелые травмы.

Это можно проиллюстрировать следующими примерами.

Во время выполнения работ по укладке рулонной кровли бачок с горячим битумом, поставленный на кровлю, размягчил под днищем ранее уложенный слой мастики и начал сползать по наклонной кровле со все возрастающей скоростью. Падая с высоты 8 *м*, горячий битум распылился на мелкие брызги и нанес ожоги многим прохожим; у некоторых из них оказалась прожженной одежда. Незначительные ожоги не требовали госпитализации, однако такая неосмотрительность технического персонала строительства могла вызвать и тяжелые травмы.

Железобетонные прокатные панели широко применяются для кровель. Со стороны плоской части плит укладывается трехслойный рубероидный ковер на битумной мастике. На одной из кровель жилого дома серии I-515 рабочий, подносивший бачки с горячим битумом, провалился в промежуток между ребрами кровельной панели, образовавшийся из-за разрушения бетона. Замерами установлено, что толщина бетона в плоской части между ребрами составляла 5—7 *мм* вместо предусмотренной проектом 15 *мм*.

На данном аварийном участке толщина бетона со-

ставила 7 *мм*. Как известно, эта часть плиты не армируется. Повышенная хрупкость, свойственная бетону в тонкостенной части панелей, формуемых на прокатных станах, не допускает перемещения грузов по этим конструкциям, сосредоточенных нагрузок (например, от ножек подмостей) и ударных воздействий.

Подобные разрушения тонкой части прокатных плит наблюдались в трансформаторных подстанциях.

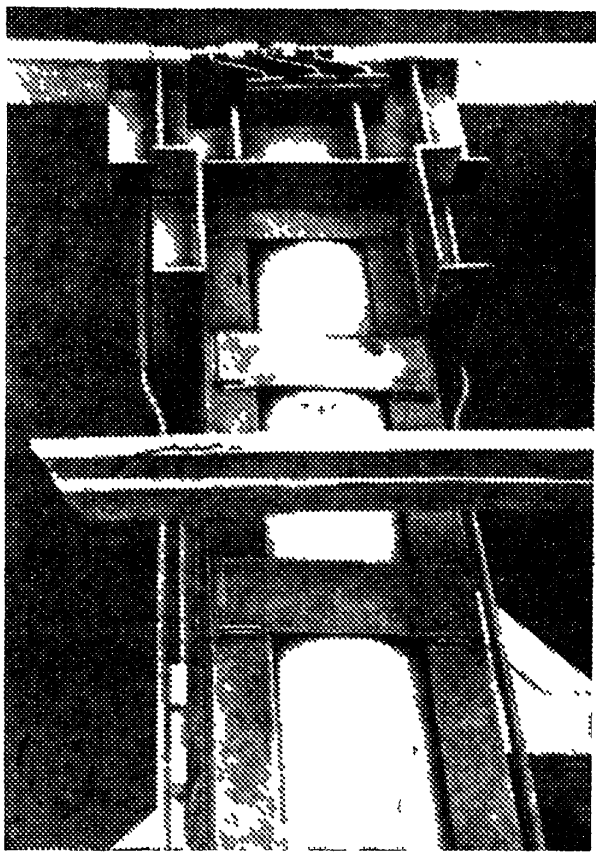


Рис. 44. Вид смятия металлических оголовков колонн

В квартире дома серии 1-515 на кухне произошло обрушение вентиляционного асбестоцементного короба длиной 162 *см*, диаметром 20 *см*, с толщиной стенок 25 *мм*. Один конец короба опирался на перегородку санузла, другой был прикреплен к монтажной петле, пропущенной из перекрытия через отверстие в трубе диаметром 25 *мм* с помощью штыря длиной 30 *мм*, диаметром 6 *мм*.

Причиной обрушения явилось ненадежное крепление штыря с монтажной петлей. При установке упавшего короба в рабочее положение оказалось, что выступ монтажной петли за стенки асбестоцементной трубы недостаточен для свободного ввода штыря в эту петлю. Стержень

держался в петле только за край острия. Вес упавшего короба вместе с раствором для заделки швов составил 62 *кг*. Дом был введен в эксплуатацию в феврале 1966 г., обрушение короба произошло 27 августа 1968 г.

На заключительной стадии монтажа блочного дома серии II-18-01/22 произошло обрушение блока 65-н, монтируемого над лестничной клеткой на кровельном перекрытии. При опускании на перекрытие ящика с раствором из-за плохого обзора блок, установленный на слоїї раствора, был задет краем ящика, что и вызвало его падение.

Блок упал в лестничную клетку и разбил четыре лестничных марша и пять площадок; поврежденные конструкции задержались на площадке восьмого этажа.

В другом случае блок такого же типа при падении разрушил лестничные марши и площадки на всех двенадцати этажах.

Потеря устойчивости и полное смятие металлических оголовков колонн наблюдались на строительстве жилого дома серии II-49-Д с магазинами в первом этаже.

К моменту повреждения оголовков все девять этажей были смонтированы. Дом состоит из 12 секций общей протяженностью 80 *м*. Колонны первого этажа круглого сечения, на которые укладывались оголовки, располагались под поперечными стенами. Опорные оголовки выполнены из трех двутавров № 20 длиной 70 *см*, привариваемых к закладным деталям верха колонн.

Пространственная жесткость и устойчивость первого этажа обеспечивается лестничными клетками, поперечными и продольными стенами со стороны дворового фасада.

Смятие оголовков (рис. 44) произошло внезапно в 25 колоннах. Это вызвало их отклонение от вертикали на 7—16 *см*. Деформировались и некоторые перекрытия над первым этажом. Отдельные панели отклонились наружу, раскрытие швов увеличилось.

Стены лестничной клетки локализировали распространение деформаций вдоль здания.

Причиной разрушения части здания следует считать недостаточную устойчивость оголовков, выполненных из металлических пакетов, состоящих из двутавровых балок. Пространство между балками не было забетонировано, как предусматривалось проектом.

К сопутствующим причинам относятся температурные деформации диска перекрытий первого этажа, вызванные перепадами температуры от 0 до +10° С при пуске отопления.

Колонны с раздавленными оголовками, отклонившиеся от вертикали, были заключены в металлические обоймы, а затем обетонированы.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

Предисловие 3

I. Классификация дефектов

1. Виды дефектов и причины их возникновения 5
2. Методика обследования конструкций и сооружений 12
3. Оценка степени надежности 14
4. Учет и систематизация дефектов 16
5. Отбор и хранение образцов 18

II. Дефекты в основаниях, фундаментах и подземных частях сооружений

1. Состояние оснований и фундаментов в старых зданиях и сооружениях 20
2. Причины дефектности оснований и фундаментов 22
3. Водонепроницаемость бетона 23
4. Способы усиления фундаментов 26
   Усиление бутовых фундаментов 26
   Подводка фундаментов 30
   Усиление железобетонных фундаментов 35

III. Дефекты в каменных конструкциях

1. Виды дефектов каменных конструкций 38
2. Дефекты в кирпичных стенах 40
3. Продуваемость через швы в кладке стен 42
4. Трещины в сопряжениях стен 44
5. Разрушения облицовки фасада здания 46
6. Значение качества кирпича для повышения прочности конструкций 48

IV. Дефекты в сборных и монолитных железобетонных конструкциях

1. Трещины в железобетонных конструкциях 50
2. Основные причины прогибов железобетонных конструкций 52
3. Дефекты плит и панелей перекрытий 53
4. Недостатки, допускаемые при тепловой обработке бетона .. 58

Стр.

Разрушение бетона из-за недостаточной морозостойкости .. 60
Потери цемента и снижение качества железобетонных конструкций 63

V. Дефекты в металлических конструкциях

Область применения металлических конструкций 64
Дефекты, вызываемые коррозией 66
Коррозия трубопроводов 71
Другие повреждения металлических конструкций 74

VI. Дефекты деревянных конструкций

Основные дефекты деревянных конструкций 77
Повреждения деревянных конструкций и методы их защиты 79

VII. Дефекты в штукатурке и покраске

Контроль качества отделки фасадов 83
Дефекты в штукатурке потолков 86
Восстановление архитектурных деталей на потолках и сводах 92

VIII. Некоторые дефекты в полносборных зданиях

Отсыревание и промерзание стен 96
Дефекты, вызванные превышением объемного веса ограждающих конструкций 99
Контроль за качеством заделки оконных блоков 100
Выколы в бетоне 101
Дефекты в заделке швов 104

IX. Меры по предупреждению дефектов

Полевая метрология 106
Приспособления и инструмент для контроля за качеством сварных соединений 108
Измерение прогибов строительных конструкций 110
Измерение трещин в конструкциях..... 112
Прибор для определения нормативного сопротивления кладки осевому растяжению 113
Наблюдения за температурой наружного воздуха 116
Контроль и анализ качества раствора в швах полносборных и кирпичных зданий 117
Полевой контроль за качеством раствора 124

X. Методы устранения дефектов

Характер работ и способы устранения дефектов 125
Устранение дефектов в бетонных и каменных конструкциях 127
Основные принципы замоноличивания стыков 133

XI. Обрушения и аварии

1. Некоторые общие причины 140
2. Кирпичные пилястры 141
3. Кирпичные столбы 146
4. Кирпичные стены 151
5. Сборные и монолитные железобетонные конструкции 153
6. Разрушения капителей и безбалочных перекрытий 156
7. Разрушения, вызванные дефектами армирования 161
8. Разрушения, вызванные дефектами при устройстве оснований и фундаментов 164
9. Различные повреждения и разрушения конструкций 169

Физдель Иосиф Абрамович

Дефекты и методы их устранения в конструкциях и сооружениях

* * *

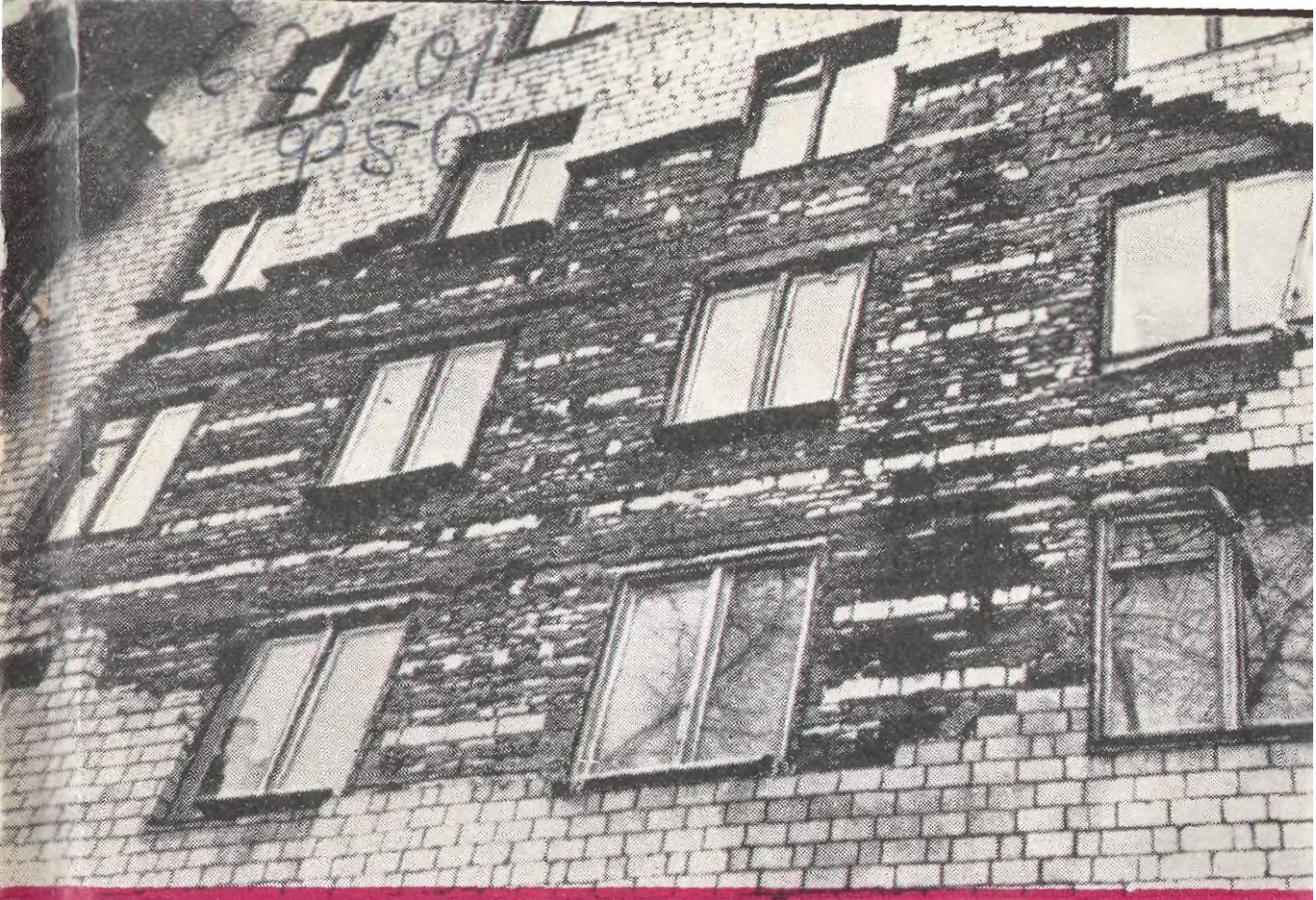
Стройиздат
Москва, К-31, Кузнецкий мост, д. 9

* * *

Редактор издательства *М. В. Перевалюк*
Внешнее оформление художника *Т. П. Паленовой*
Технический редактор *А. А. Михеева*
Корректоры *И. А. Зайцева, Е. Н. Кудрявцева*

Сдано в набор 15/VII 1969 г. Подписано к печати 12/XI 1969 г.
Т-14466 Формат 84×108$^{1}/_{32}$ д. л. — 2,75 бум. л. 9,24 усл. печ. л.
(уч.-изд. 9,38 л.) Тираж 16.000 экз. Изд. № AVI-1435.
Зак. № 1030. Цена 50 коп.

Владимирская типография Главполиграфпрома
Комитета по печати при Совете Министров СССР
Гор. Владимир, ул. Победы, д. 18-б



И. А. ФИЗДЕЛЬ

ДЕФЕКТЫ И МЕТОДЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ В КОНСТРУКЦИЯХ И СООРУЖЕНИЯХ

СТРОЙИЗДАТ