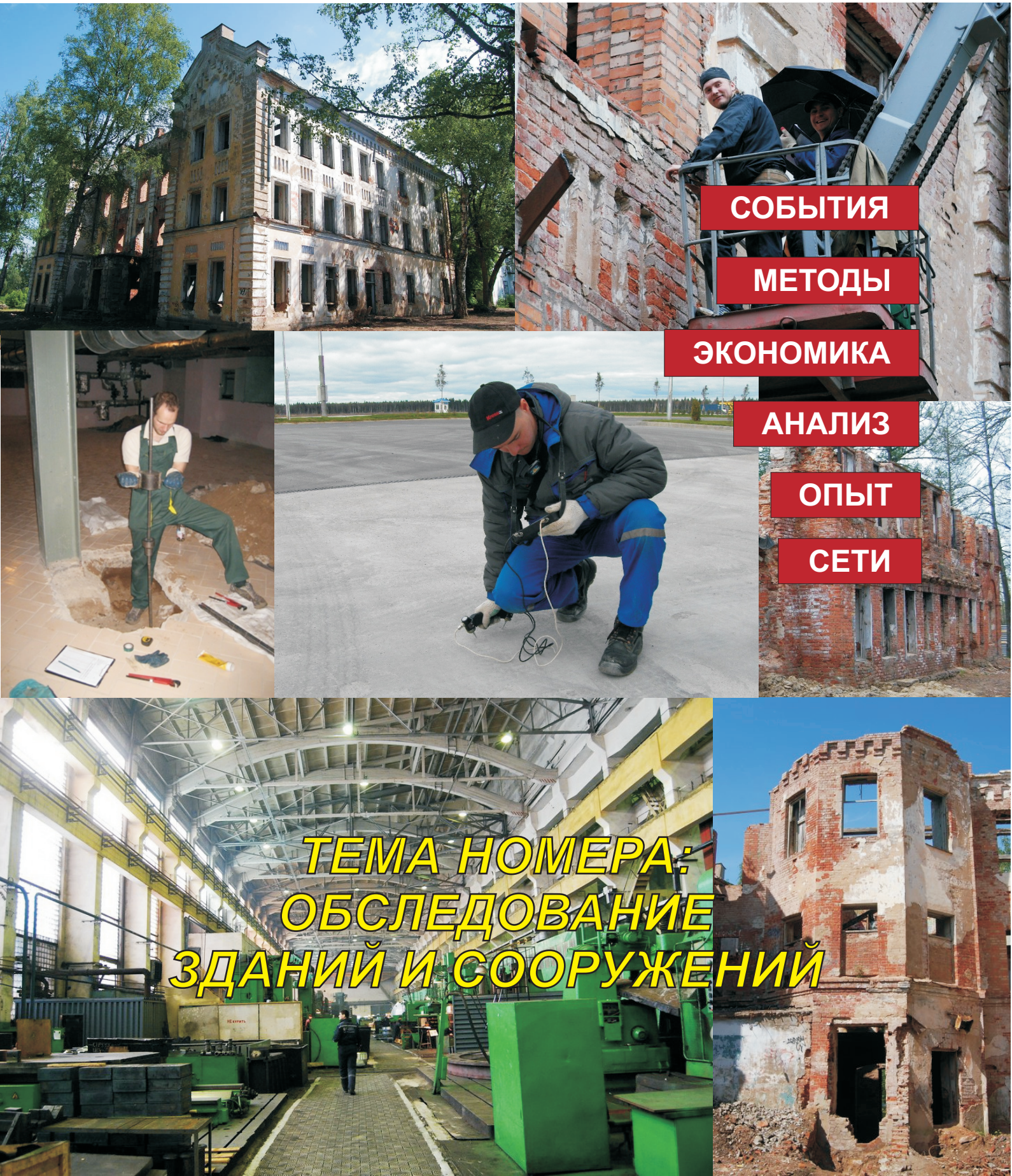
www.engstroy.spb.ru

Инженерно-строительный журнал

научно-прикладное издание

ISSN 2071-4726

№7(17) октябрь-ноябрь 2010



Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
Санкт-Петербургский государственный политехнический университет

Инженерно-строительный факультет
Россия, 195251, г. Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29,
тел/факс: 552-94-60, www.stroikursi.spb.ru.
stroikursi@mail.ru

Приглашает специалистов организаций, вступающих в СРО, на курсы повышения квалификации (72 часа)

Код	Наименование программы	Виды работ*
Курсы по строительству		
БС-01	«Безопасность и качество выполнения геодезических, подготовительных и земляных работ, устройства оснований и фундаментов»	**1,2,3,5**
БС-02	«Безопасность и качество возведения бетонных и железобетонных конструкций»	**6,7**
БС-03	«Безопасность и качество возведения металлических, каменных и деревянных конструкций»	**9,10,11**
БС-04	«Безопасность и качество выполнения фасадных работ, устройства кровель, защиты строительных конструкций, трубопроводов и оборудования»	**12,13,14**
БС-05	«Безопасность и качество устройства инженерных сетей и систем»	**15,16,17,18,19**
БС-06	«Безопасность и качество устройства электрических сетей и линий связи»	**20,21**
БС-08	«Безопасность и качество выполнения монтажных и пусконаладочных работ»	**23,24**
БС-11	«Безопасность и качество устройства подземных сооружений»	**27,28**
БС-12	«Безопасность и качество устройства мостов, эстакад и путепроводов»	**29**
БС-13	«Безопасность и качество выполнения гидротехнических, водолазных работ»	**30**
БС-14	«Безопасность и качество устройства промышленных печей и дымовых труб»	**31**
БС-15	«Осуществление строительного контроля»	**32**
БС-16	«Организация строительства, реконструкции и капитального ремонта. Выполнение функций заказчика-застройщика и генерального подрядчика»	**33**
Курсы по проектированию		
БП-01	«Разработка схемы планировочной организации земельного участка, архитектурных решений, мероприятий по обеспечению доступа маломобильных групп населения»	**1,2,11**
БП-02	«Разработка конструктивных и объемно-планировочных решений зданий и сооружений»	**3**
БП-03	«Проектирование внутренних сетей инженерно-технического обеспечения»	**4**
БП-04	«Проектирование наружных сетей инженерно-технического обеспечения»	**5**
БП-05	«Разработка технологических решений при проектировании зданий и сооружений»	**6**
БП-06	«Разработка специальных разделов проектной документации»	**7**
БП-07	«Разработка проектов организации строительства»	**8**
БП-08	«Проектные решения по охране окружающей среды»	**9**
БП-09	«Проектные решения по обеспечению пожарной безопасности»	**10**
БП-10	«Обследование строительных конструкций и грунтов основания зданий и сооружений»	**12**
БП-11	«Организация проектных работ. Выполнение функций генерального проектировщика»	**13**
Курсы по инженерным изысканиям		
И-01	«Инженерно-геодезические изыскания в строительстве»	**1**
И-02	«Инженерно-геологические изыскания в строительстве»	**2,5**
И-03	«Инженерно-гидрометеорологические изыскания в строительстве»	**3**
И-04	«Инженерно-экологические изыскания в строительстве»	**4**
ПР-09	«Обследование строительных конструкций и грунтов основания зданий и сооружений»	**6**
И-05	«Организация работ по инженерным изысканиям»	**7**

***(согласно приказам Минрегионразвития РФ N 624 от 30 декабря 2009 г.)**

По окончании курса слушателю выдается удостоверение о краткосрочном повышении квалификации государственного образца (72 ак. часа)

Для регистрации на курс необходимо выслать заявку на участие, и копию диплома об образовании по телефону/факсу: 8(812) 552-94-60, 535-79-92, , e-mail: stroikursi@mail.ru.

Http://www.engstroy.spb.ru – полнотекстовая версия журнала в сети Интернет. Бесплатный доступ, обновление с каждым новым выпуском.

Инженерно-строительный журнал
научно-прикладное издание

ISSN 2071-4726

Свидетельство о государственной регистрации: ПИ №ФС77-38070, выдано Роскомнадзором

Специализированный научный журнал

Периодичность: 8 раз в год

Учредитель и издатель:

ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет»

Адрес редакции:

195251, СПб, ул. Политехническая, д. 29, Гидрокорпус-2, ауд. 204

Главный редактор:

Вера Михайловна Якубсон

Редакционный совет:

Академик РАН, д.т.н., проф., президент ГОУ СПбГПУ Ю.С. Васильев;
Член-корр. РАН, д.т.н., проф., проректор ГОУ СПбГПУ по научной и инновационной деятельности А.И. Рудской;
Д.э.н., проф., директор Санкт-Петербургского союза строительных компаний «Союзпетрострой» Л.М. Каплан;
Д.э.н., проф. ГОУ СПбГПУ, генеральный директор группы ЛСР А.И. Вахмистров;
Д.т.н., проф., декан ИСФ ГОУ СПбГПУ А.И. Альхименко;
Д.т.н., проф., зав. каф. ТОЭС ГОУ СПбГПУ Н.И. Ватин
И другие. Полный список редсовета и редколлегии – на веб-сайте журнала.

Установочный тираж 1000 экз.

Контакты:

Тел. 297-59-49

E-mail engstroy@inbox.ru

Http://www.engstroy.spb.ru

Содержание

СОБЫТИЯ
Проблемы обследования зданий и сооружений 2

АНАЛИЗ
Штенгель В.Г. Общие проблемы технического обследования неметаллических строительных конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений 4
Огородник В.М., Огородник Ю.В. Некоторые проблемы обследования зданий с отделкой лицевым кирпичом в Санкт-Петербурге 10
Белов В.В., Деркач В.Н. Экспертиза и технология усиления каменных конструкций 14

МЕТОДЫ
Улыбин А.В. Применение резистивного электроконтактного метода для мониторинга состояния стальных конструкций 21
Тюрин С.В., Тихонов С.Г. Сочетание методов трехмерного лазерного сканирования и цифровой фотограмметрической съемки для фиксации и обмера памятников архитектуры 25
Войнаровский А.Е. Технология обмеров фасадов стереофотограмметрическим методом в системе AutoCAD 31

ОПЫТ
Ветров С.Н., Яковлев С.В. Специфика обследования состояния железобетонных конструкций в условиях агрессивного воздействия воды 35
Старцев С.А. Проблемы обследования строительных конструкций, имеющих признаки биоповреждения 41

СЕТИ
Сотников А.Г. Мониторинг микроклимата – основа создания эффективных систем и здания с минимальным энергопотреблением 47

ЭКОНОМИКА
Улыбин А.В., Зубков С.В. Проблемы ценообразования на рынке обследования зданий и сооружений 53

При перепечатке ссылка на издание обязательна

На обложке: объекты обследования отдела «Обследование зданий и сооружений» ПНИПКУ «Венчур»

Проблемы обследования зданий и сооружений

15 октября 2010 г. в ГОУ Санкт-Петербургский государственный политехнический университет прошла конференция «Проблемы обследования зданий и сооружений и пути их решения». Во вступительном слове заведующий учебной лабораторией, старший преподаватель кафедры ТОЭС ГОУ СПБГПУ Алексей Владимирович Улыбин отметил, что такое мероприятие назревало уже давно. Обследование зданий и сооружений как одна из наиболее наукоемких отраслей строительства постоянно нуждается в пополнении информации, а также в обмене опытом между специалистами. В то же время, в Санкт-Петербурге существует только одна профильная конференция – «Дефекты зданий и сооружений. Усиление строительных конструкций», проводимая в ГОУ «Военный инженерно-технический университет».

Чтобы восполнить этот пробел, сотрудниками ГОУ СПбГПУ и была подготовлена эта конференция, в которой участвовали ведущие специалисты в области обследования, в том числе представители четырех строительных вузов Петербурга (ГОУ СПбГПУ, ГОУ СПбГАСУ, ГОУ ПГУПС, ГОУ ВИТУ) и Санкт-Петербургского государственного университета.

С первым докладом на конференции выступил Григорий Иванович Белый, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Металлические конструкции и испытание сооружений» ГОУ Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет (ГОУ СПбГАСУ). Он отметил, что техническая диагностика – сложная многоплановая деятельность, которую сложно выполнять простому инженеру, лишь пользуясь соответствующими нормативными документами.

Г.И. Белый проанализировал основные факторы, приводящие к необходимости обследования и усиления металлических конструкций, среди которых:

- изменение характера и величины нагрузок;
- ошибки монтажа;
- неравномерная осадка фундаментов;
- расстройство узлов;
- коррозионный износ;
- изменение свойств материала.

Все эти моменты должны быть учтены в поверочных расчетах.

Докладчик также отметил принципиальные отличия поверочных расчетов при обследовании от проектных расчетов. Так, нельзя вести расчет по наихудшим сочетаниям, а необходимо учитывать именно существующие дефекты. Основной вопрос обследования состоит в том, как оценить несущую способность поврежденных конструкций. По словам Г.И. Белого, не нужно запрещать эксплуатацию при наличии любых трещин (как это указано в некоторых документах Ростехнадзора). Эксплуатация возможна и с трещинами, но необходима оценка: при каком их размере в течение какого времени сооружение еще можно эксплуатировать?

Моделям принятия решений для определения технического состояния строительных конструкций был посвящен доклад к.т.н., профессора, заведующего кафедрой «Строительные конструкции и материалы» ГОУ СПбГПУ Владимира Алексеевича Соколова. Суть его работы состоит в поиске формализованного подхода к определению категории технического состояния взамен принятия волевого решения на основе определенных диагностических признаков. Предложения В.А. Соколова освещены им в серии статей в №№3–6 нашего журнала.

Рассматривались докладчиками специфические виды воздействия на строительные конструкции. Так, к.т.н., начальник Кафедры строительных конструкций и механики твердого тела ГОУ ВИТУ Дмитрий Валерьевич Курлапов рассказал о научной работе, ведущейся на его кафедре, по вопросу воздействия пожара на строительные конструкции. Результатом этой работы стали «Рекомендации по техническому обследованию зданий после пожара и проектированию усиления или замены поврежденных пожаром несущих конструкций». Статью Д.В. Курлапова «Воздействие высоких температур пожара на строительные конструкции» см. в №4, 2009 нашего журнала.

Также на конференции были освещены вопросы обследования каменных, кирпичных, железобетонных и металлических конструкций. Несколько докладов было посвящено методам обследования и испытания строительных конструкций. Статьи по материалам большинства докладов опубликованы в нашем журнале.

В.М. Якубсон

Второй международный конгресс
«ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ. XXI ВЕК.
Инженерные методы снижения энергопотребления зданий»

III Всероссийская научно-техническая конференция
«Строительная теплофизика и энергоэффективное проектирование ограждающих конструкций зданий»

9-10 декабря 2010 года

в рамках Конгресса
«Энергоэффективность XXI век. Инженерные методы снижения энергопотребления зданий»

Освещаемые темы

- теплозащитные свойства ограждающих конструкций;
- влажностный режим строительных конструкций;
- долговечность строительных конструкций;
- теплофизические свойства строительных материалов;
- энергосбережение при строительстве и эксплуатации зданий;
- методология разработки нормативных документов по строительной теплофизике.

Организаторы конференции:

- ✓ ГОУ «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет» (СПбГПУ);
- ✓ ГОУ «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» (СПбГАСУ);
- ✓ НП «Инженеры по отоплению, вентиляции, кондиционированию воздуха, теплоснабжению и строительной теплофизике» (АВОК);
- ✓ НИУПЦ «Межрегиональный институт окна» (МИО);
- ✓ ПНИПКУ «Венчур»;
- ✓ НП ОППУ «Метрология энергосбережения»;
- ✓ НП «Профессиональное объединение производителей строительных материалов и изделий» (ПСМИ).

Организационный совет конференции:

1. Гагарин Владимир Геннадьевич - д.т.н., профессор, заведующий лабораторией Строительной теплофизики НИИСФ РААСН, член президиума НП АВОК.
2. Гримитлин Александр Михайлович - д.т.н., профессор, президент НП «АВОК Северо-запад», член президиума НП «АВОК».
3. Ватин Николай Иванович - д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Технология, организация и экономика строительства» ГОУ СПбГПУ.
4. Дацюк Тамара Александровна - д.т.н., профессор, декан факультета инженерно-экологических систем ГОУ СПбГАСУ.
5. Куренкова Александра Юрьевна – директор НИУПЦ «Межрегиональный институт окна».

Место и время проведения конференции:

1 день (09.12, 13.00-18.00) Выставочный комплекс «ЛенЭкспо», Павильон №6, зал № 6.1.
Санкт-Петербург, Васильевский остров, Большой проспект, 103.
2 день (10.12, 16.00-20.00) ГОУ СПбГПУ, Гидрокорпус-2, ауд. 412.
Санкт-Петербург, Политехническая ул., д. 29.

Справки по телефонам: +7(921)388-43-15; +7(921)944-52-99;
электронной почте: alsgor@yandex.ru; на сайте: http://www.stroikafedra.spb.ru

Общие проблемы технического обследования неметаллических строительных конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений

К. т. н., ведущий научный сотрудник В.Г. Штенгель*,
ОАО «ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева»

Основная проблема технического обследования заключается в том, что идеологию системы разрабатывали проектировщики, нацеленные по своей деятельности на строительный период жизни сооружений. Аналогично, средства контроля разрабатывают специалисты (электронщики, программисты, эргономисты и др.), не очень разбирающиеся в особенностях натурных полевых исследований в часто сложных производственных условиях. Соответственно, аппаратура, в первую очередь, предполагает использование в относительно комфортных заводских условиях или на стройплощадках. Основная трудность применения средств контроля заключается в том, что, в основном, это приборы неразрушающего контроля (НК), использующие косвенные методы оценки характеристик материалов и, соответственно, требующие постоянной коррекции корреляционных зависимостей информационных параметров от состава материалов. Для разработки корреляционной зависимости требуется наличие большого числа образцов материалов нормативных размеров и в нормативном количестве, получение которых в натурных условиях ограниченного доступа к конструкциям эксплуатирующихся сооружений проблематично.

Для успешного проведения технического обследования необходимо разрешить многочисленные проблемы технического и организационного плана, от каждой из которых, в той или иной степени, зависит полнота и достоверность информации и, соответственно, объективность выводов о фактическом состоянии конструкций и сооружения в целом, а также прогнозирование дальнейшей их эксплуатации.

Ниже приведен ряд таких проблем (неполный перечень автора).

1. Проблемы конструкционного и эксплуатационного характера

Особенностью строительных конструкций и эксплуатирующихся сооружений, как объектов обследований, являются, в том числе:

- различия во временном отрезке строительства, срока и периода эксплуатации;
- нарушения технологии строительства (применение непроектных материалов и технологий, неплановые перерывы строительного процесса, директивность сроков сдачи объектов в эксплуатации и др.);
- особенности применяемых строительных материалов и технологий;
- естественное старение материалов и конструктивных соединений;
- изменение свойств и характеристик материалов под внешним агрессивным воздействием;
- совместная работа в пространственной схеме сооружения разнородных строительных материалов с различными физико-механическими характеристиками, с различной степенью износа, коррозии, накопления и развития дефектов;
- включение в общую работу сооружения и схему нагрузок ограждающих конструкций, оборудования, трубопроводов, элементов инженерных коммуникаций;
- изменение проектных требований к сооружению в процессе эксплуатации (например, требования к сейсмичности района;
- изменение эксплуатационных характеристик, в том числе, изменение системы нагрузок, расстройство узлов и соединений;
- изменение окружающей среды, особенно, для фундаментов: изменение систем и качества дренажа, прокладка новых коммуникаций в зоне фундаментов, демонтаж и строительство соседних зданий и сооружений;
- реконструкция внутренних инженерных коммуникаций;
- перепланировка зданий с изменением пространственной схемы несущих конструкций;
- выполнение локальных ремонтов «по месту» без проектной документации;
- климатические особенности региона;

- часто встречающаяся некомплектность проектной и эксплуатационной документации;
- смена собственника объекта и переориентация целей использования сооружения;
- несоответствие сроков эксплуатации основного установленного оборудования и строительных элементов, требующее периодической частичной реконструкции сооружения.

2. Проблемы наличия и обеспечения полноты информации и надлежащего доступа к контролируемым конструкциям

Все деструктивные процессы, протекающие в строительных конструкциях, можно считать длительными и вялотекущими до определенного критического периода. Во многих случаях осуществлять непрерывный мониторинг или обычный периодический контроль состояния конструкций (если не произошло форс-мажорных событий или не появились требования к изменению системы эксплуатации, или перед реконструкцией) достаточно сложно или просто невозможно.

Периоды обследования нормализованы, но, тем не менее, зависят от расчетной долговечности конструкций. Так как основное количество строительных конструкций рассчитано на эксплуатацию в течение десятков лет, то и отношение к обязательному контролю неоднозначное. Многие собственники живут «сегодняшним днем» – авось, и так сойдет, а что будет завтра – это «головная боль» следующих поколений собственников. Поэтому часто нарушаются проектные условия эксплуатации, что во многих случаях приводит к развитию процессов искусственного старения материалов, к появлению новых и развитию старых дефектов, а иногда к лавинообразному нарастанию деструктивных процессов.

К сожалению, осуществлять контроль многих конструкций сложно или вообще практически невозможно, так как конструктивно в эксплуатационном режиме он на проектном уровне не предусмотрен или требует сложных и дорогостоящих вспомогательных работ, тем более, если этот контроль проводится в эксплуатационных условиях непрерывного технологического процесса.

В последнее время появилась тенденция укрывать строительные конструкции фальшэлементами и покрытиями. Это практически лишает возможности проводить контроль в должном объеме. Кроме того, между покрытием и элементом часто создается агрессивная газовая среда, ускоряющая процессы разрушения. Несущие конструкции покрываются штукатуркой, плиткой, краской, металлом, кроме этого могут быть покрыты дополнительно производственной пылью и т.д.

Ко многим конструкциям возможен только ограниченный односторонний доступ.

3. Проблемы нормативной документации

Нарушение советской, относительно стройно выстроенной системы нормативной документации, привело к созданию большого количества ведомственных нормативов. Если раньше существовала многоступенчатая схема формирования документов с промежуточными рассылками вариантов во все заинтересованные организации, с соответствующим обсуждением и коррекцией отдельных положений, то в настоящее время эти документы разрабатываются намного проще. Это привело, в том числе, не только к деградации их уровня, тем более что многие из них разрабатываются не ведущими специалистами направления, но даже к разнобою терминологии, например, в названии технического состояния конструкций, в разночтении рекомендаций по использованию методов и средств обследования.

4. Проблемы методологии обследования

Во многих случаях собственники объектов не владеют достоверной информацией о характере эксплуатации и проблемах сооружений с момента строительства до момента контроля. Проектная и исполнительская документация частично или полностью утрачена.

Желание собственника сэкономить на обследовании приводит к сокращению состава и объема исследований и, соответственно, к сокращению и достоверности результатов. В обследование попадает, прежде всего, поверхностная зона сечений конструкций, которая в основном определяет защитные свойства. Центральная часть сечения, определяющая несущую способность конструкции, остается неисследованной.

Инструментальное обследование условно можно подразделять на 2 вида:

- оценка физико-механических характеристик материалов, которая проводится в бездефектных, ненапряженных участках конструкций;
- дефектоскопия конструкций, то есть выявление участков аномальных результатов визуального характера и инструментальных измерений с дополнительными исследованиями этих участков для выявления характера дефекта, его расположения в конструкции, возможных размеров.

При этом необходимо осознавать, что наличие нескольких незначительных дефектов в совокупности, при определенных неблагоприятных условиях эксплуатации и нагрузок, может привести к разрушению конструкций.

5. Проблемы корректной регистрации и анализа информационных параметров

Излишняя автоматизация съема и обработки информационных параметров, необходимая при выходном контроле изделий на заводах или на стройплощадках, неприемлема при обследовании эксплуатируемых сооружений.

Статистически обрабатывать можно только результаты, полученные в допустимо идентичных условиях состояния контролируемых участков объекта, например, состояние поверхности (шероховатость, наличие микродефектов, влажность и т.д.), с которой снимается информация. Почему особое внимание уделяется состоянию поверхности? Ответ: потому, что она наиболее часто используется как источник информации для контроля характеристик конструкции. Но ведь именно поверхностный слой наиболее «болезненно» реагирует на агрессивное воздействие внешней среды, и все нарушения структуры материала, в начале срока эксплуатации условно равномерной по всему сечению конструкций (хотя и это достаточно сомнительно), в первую очередь, происходят именно в поверхностном слое, не затрагивая ядра сечения. Соответственно, выводы о состоянии конструкции на основании информации, полученной с поверхностного слоя, могут быть неверны по отношению к работоспособности самого элемента.

Поэтому полученная база данных даже по одной конструкции должна быть для обработки разделена на зональные информационные блоки. Эта часть результатов снята на сухой поверхности, эта – на влажном участке, эта – на промасленном, эта – на постоянно нагреваемом, на этом отсутствует техническая возможность получения надежного контакта с поверхностью и т.д. Необходимо четко понимать: характеристики материалов определяются на бездефектных однородных участках конструкций. Участки, на которых были получены аномальные результаты, должны рассматриваться индивидуально: или это свидетельство наличия дефекта, или это ошибка оператора. Если не удается выделить участки со сходными результатами контроля, и разброс данных больше допустимого, то это свидетельствует о нарушении однородности поверхностного слоя и его структуры (при допущении соблюдения технологии изготовления конструкции).

Поэтому с большой осторожностью следует доверять результатам компьютерной обработки серии информационных параметров, записываемых автоматически в базу данных современных приборов.

6. Проблемы обеспечения средствами контроля и их корректного применения

Условно парк приборов, предназначенных для обследования строительных конструкций, можно разделить на 3 группы.

1) полевые простые для получения первичной общей информации о характеристиках материалов и о наличии дефектов;
2) средства дефектоскопии – позволяющие более углубленно и комплексно исследовать участки конструкций, дающие при контроле аномальные результаты;
3) средства лабораторных исследований образцов материалов.

Основная масса обследователей снабжена простыми приборами. Эти средства контроля просты, мобильны и удобны в обращении, относительно дешевы. Наибольший объем косвенной информации, поступающий в обработку и анализ, получается именно с них. Для использования таких приборов необходимо четко представлять границы задач, которые можно решить с их применением, границы их собственной эксплуатационной возможности (например, допуски по влажности, по температуре, по давлению и др.), степень подготовки поверхности конструкции к контакту с первичным преобразовательным элементом прибора и т.д.

Особо следует выделить проблему занесения конкретного значения в память приборов. На практике полевых исследований повторный доступ в контролируемую зону конструкций на эксплуатируемом объекте часто не возможен, и перепроверка результатов при их обработке и анализе практически не осуществима. Поэтому вопрос о занесении конкретного результата в память прибора должна решаться не автоматически, а оператором, в зависимости от условий его получения. Это, естественно, снизит оперативность контроля, но зато позволит сократить количество недостоверных результатов в общей обрабатываемой впоследствии базе данных или учесть особые условия съема локальной информации поправочными коэффициентами. Такой принцип, в частности, заложен в визуализацию принимаемых ультразвуковых сигналов прибором «Пульсар 1.2».

Она позволяет:

- убедиться в правильности определения сигнала первого вступления;
- полностью просмотреть осциллограмму сигнала, оценить форму и фронт первого вступления;
- скорректировать положение временной метки первого вступления, а в случае пропуска первого вступления – принять меры по усилению сигнала, изменению положения ультразвуковых преобразователей, контакта их с поверхностью конструкции и других мер по устранению ошибок.

На промышленных объектах часто сложно обеспечить надежность снятия первичной информации и возможности ее повторяемости не только из-за сложностей надежного доступа и подготовки поверхности, но также из-за низкой помехозащищенности первичных преобразователей и линий связи с вторичной аппаратурой (повышенная вибрация для ультразвуковых методов измерения, насыщенность металлом – для магнитных методов и др.). Для дефектоскопии уровень достоверности определяется также выборочностью и дискретностью измерений, ограниченностью контроля трещин, выходящих на поверхность, необходимостью очистки поверхностей от покрытий различных видов (краска, штукатурка, декоративные покрытия, побочные продукты технологического производства и т.д.), наличием технологических облицовок.

В полевых инструментальных исследованиях рекомендуется одновременно использовать комплекс независимых методов, позволяющих дополнить и уточнить итоговую информацию о материалах и конструкции. Например, при обследовании железобетонных элементов применять сочетание механических, ультразвуковых и магнитного (особенно при схеме ультразвукового поверхностного прозвучивания) методов, а при обследовании фундаментов и кирпичной кладки дополнительно использовать влагомеры.

К сожалению, при работе с этой группой приборов часто встречается упрощенный (непрофессиональный) взгляд на возможности неразрушающего контроля эксплуатируемых конструкций. Это приводит к получению недостоверной информации и ошибочным выводам о состоянии конструкций и сооружений.

Группа специализированной аппаратуры дефектоскопического направления требует высокой квалификации специалистов. Приборы эти дорогостоящие, сложны в применении в полевых условиях без специальной подготовки контролируемых участков.

Количество организаций, обладающих такой аппаратурой, невелико. Обычно средства контроля такого вида используются в экспертизах или при обследовании ответственных конструкций потенциально опасных объектов.

Лабораторные исследования проводятся при калибровке средств неразрушающего контроля, для выработки корреляционных зависимостей информационных параметров от характеристик контролируемых материалов, а также для изучения свойств строительных материалов. При этом особую роль играет качество подготовки образцов к исследованиям. Анализ полученных результатов обязательно должен проводиться с учетом локальных особенностей участков для отбора образцов материала. Статистическая обработка проводится для материалов из идентичных участков.

7. Проблемы расчетных моделей

Для максимально достоверной оценки технического состояния отдельных конструкций, совокупности их в сооружении и, соответственно, сооружения в целом, и для определения остаточного ресурса объектов необходимо (особенно для потенциально опасных объектов) проведение поверочных расчетов с максимальным учетом фактических характеристик материалов, конструкций и сопряжений, наличия и расположения дефектов, фактического распределения нагрузок.

В принципе, специалисты-обследователи должны перед контролем иметь представления об условно «слабых» или опасных местах или сечениях конструкций. На практике, в условиях ограниченного доступа к контролируемым конструкциям или их участкам на эксплуатируемых объектах полученная информация может быть недостаточной для расчетных моделей. В таком случае расчетчики перед обследованием должны дать

приоритетный набор требуемых характеристик и зон контроля, чтобы можно было ставить вопрос о необходимости организации безопасного доступа к зонам необходимого контроля и о подготовке конструкции к контролю, а также формировать комплекс средств контроля.

Однако наибольшей трудностью является создание расчетных моделей и программ, реализующих полученную информацию. В СНиПах и технической литературе, в основном, рассматриваются линейные, плоскостные или идеализированные пространственные модели и для расчета условные идеализированные характеристики материалов, однородные для контролируемых конструкций и сооружений.

Однако существующие схемы расчетов в той или иной степени пригодны только для строительного периода. В процессе эксплуатации меняются характеристики материалов (например, в нормальных температурно-влажностных условиях бетон в зависимости от состава с годами набирает прочность до 150-250% от марочной), металл корродирует, характер сопряжений изменяется, в перекрытиях и стенах вырубаются непроектные технологические отверстия и проемы, основания адаптируются к реальной геологической обстановке, происходит пространственное перераспределение нагрузок и воздействий и т.д.

Нормативные требования к прогибам, изгибам, отклонениям от вертикали отдельных конструкций не выполняются, однако сооружения при этом могут не испытывать опасных деформационных изменений.

Наблюдаются многочисленные случаи, когда сооружения успешно эксплуатируются даже без наличия отдельных проектных несущих элементов, элементов связи, элементов, формирующих фермы и т.д. То есть пространственный запас прочности сооружений фактически значительно завышен.

Неоднозначным может быть требование к оценке опасности выявленных дефектов. Одинаковые по виду трещины могут быть опасны или нет в зависимости от их развития в существующей системе нагрузок и условий эксплуатации конструкций (при их смене требуется поверочный расчет и, при необходимости, проведение ремонтно-восстановительных мероприятий). Основная масса трещин возникает в период строительства и начальный (адаптационный) период эксплуатации. В дальнейшем характеристики трещин обычно стабилизируются и трещины не развиваются. Допустимость нормативного раскрытия трещин также зачастую фактически определяется не силовым воздействием, а защитной функцией, минимизирующей воздействие окружающей среды (влажность, кислотность и т.д.) на арматуру, находящуюся в зоне трещин.

Соответственно, степень учета в расчете выявленных дефектов в зависимости от их размеров, положения в конструкции и потенциальной степени опасности при развитии должны рассматриваться в каждом конкретном случае в зависимости от требований к дальнейшей эксплуатации конструкции и сооружения в целом.

Естественно, необходимо, в первую очередь, устранять или минимизировать причины, вызывающие образование дефектов. При этом все значимые дефекты должны быть (желательно на начальном этапе эксплуатации сооружений) устранены или зафиксированы с назначением участков контроля для предотвращения возможности и последствия их развития и создания опасного сочетания, влияющего на работоспособность конструкции.

8. Кадровые проблемы

Искусство обследования, образно говоря, похоже на фигурное катание. Существует обязательная программа, то есть выполнение того, что, в принципе, изложено в технической и нормативной литературе, и произвольная программа, в которой, кроме обязательных приемов, включается индивидуальный профессиональный подход с учетом особенностей эксплуатации сооружений и, соответственно, методологических приемов в выполнении этапов комплекса исследовательских работ. В связи с этим необходимо возродить систему обучения, совершенствования и обмена опытом специалистов. Подготовка дефектоскопистов металла организована достаточно качественно. В то же время достаточно сложным сторонам обследования неметаллических конструкций практически нигде не уделяется большого внимания.

9. Проблема оценки стоимости работ по обследованию

Для оценки стоимости работ по обследованию обычно используются различные отраслевые Прейскуранты. При этом формы, объемы и стоимости этапов носят не обязательный, а справочный характер. Невозможно в Прейскуранты занести все особенности сооружений (возраст, условия эксплуатации, обеспечение документацией, стоимость вспомогательных работ по обеспечению необходимого доступа к конструкциям др.), стоимость необходимых полевых работ, стоимость современных лабораторных испытаний и расчетных работ. Трактовка отдельных пунктов также не носит однозначный характер. В связи с этим на тендер выносят стоимости обследований, разнящиеся в разы. И Заказчик выбирает обычно самый дешевый, но не качественный вариант, который не претендует на достоверность выводов о техническом состоянии объекта.

В заключении необходимо отметить следующее. Участившиеся в последнее время аварии свидетельствуют о недостаточности контроля технического состояния строительных конструкций. Инвестиции в разработку новых методов и средств, предназначенных для периодического контроля или мониторинга опасных эксплуатируемых объектов, явно недостаточны без государственной поддержки. Необходимы срочное создание научно-технической программы по разработке методов, средств и нормативной базы для контроля состояния строительных конструкций в производственных условиях и организация подготовки специалистов, участие в разработках надзорных органов.

Литература

1. РД 09-102-95. Методические указания по определению остаточного ресурса потенциально опасных объектов, поднадзорных Госгортехнадзору России. М., 1995.
2. СП 13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений. Госстрой России. М., 2004.
3. Штенгель В.Г. О методах и средствах НК для исследования эксплуатируемых железобетонных конструкций // В мире НК. – 2002. – №2. 12-15 с.
4. Штенгель В.Г. О корректном применении НК в обследованиях железобетонных конструкций длительно эксплуатирующихся сооружений // В мире НК. – 2009. – №3. 56-62 с.
5. Еремин К.И., Матвеюшкин С.А. Особенности экспертизы и НК металлических конструкций эксплуатируемых сооружений // В мире НК. – 2008. – №4. 4-7 с.
6. Моннанов И.И., Столбов А.В. О качестве работ по обследованию зданий и сооружений // Предотвращение аварий зданий и сооружений : Сб. науч. тр. под ред. Еремина К.И. – М., 2008. 86-92 с.
7. Коковкин А.Ю. Новый подход к определению категорий технического состояния несущих строительных конструкций зданий и сооружений // Предотвращение аварий зданий и сооружений : Сб. науч. тр. под ред. Еремина К.И. – М., 2008. 109-117 с.
8. Коршунов Д.А. Оценка прочности бетона в конструкциях при их возведении и эксплуатации // В мире НК. – 2006. – №2. 40-42 с.
9. Штенгель В.Г. Ультразвуковой контроль структуры бетона // В мире НК. – 2004. – №1. 4-7 с.

** Вячеслав Гедалиевич Штенгель, Санкт-Петербург*
Тел. раб.: +7(812)493-93-87; эл. почта: shtengel@concrete.vniig.ru

Некоторые проблемы обследования зданий с отделкой лицевым кирпичом в Санкт-Петербурге

К.т.н., начальник отдела обследований и изысканий В.М. Огородник*;
инженер Ю.В. Огородник,
НПО «Наука-Строительству»

Кирпичные здания и сооружения различного назначения широко использовались в строительной практике Санкт-Петербурга с давних времен. Как правило, здания с наружной стороны оштукатуривались сложным известково-песчаным раствором. Это позволяло длительное время не прибегать к ремонтным работам, поскольку в условиях влажного климата известковые растворы постоянно набирали прочность.

Некоторые кирпичные здания постройки прошлого столетия не оштукатуривались, а в отделочном слое применялся либо обычный красный кирпич, либо специальный облицовочный кирпич, имевший цветную окраску. В обоих случаях применялся полнотелый материал.

Длительная эксплуатация кирпичных зданий выявила целый ряд дефектов, связанных с воздействиями различного характера (см. рис. 1 и рис. 2). Дефекты связаны с применяемыми материалами – это дефекты раствора и дефекты камней кладки, – а также с испытываемыми воздействиями силового и несилового характера.

Рисунок 1. Трещина в кирпичной перемычке наружной стены

Основные дефекты раствора кладки:

- выветривание и вымывание раствора;
- неравномерность шва;
- неполнота шва и др.

Дефекты камней кладки:

- качество материала;
- замокания, высолы;
- механическое выветривание;
- трещины;
- размораживание камней;
- биоповреждения и др.

Рисунок 2. Разрушение кладки: выветривание раствора, кирпича, вывал кирпича из кладки

В последнее время широкое применение нашла технология возведения кирпично-монолитных зданий с отделкой различными материалами, в том числе и лицевым пустотелым кирпичом. В Санкт-Петербурге данная технология выявила ряд негативных особенностей, связанных с использованием лицевого пустотелого кирпича. На рис. 3–6 представлены примеры дефектов отделки зданий, которым со дня постройки не более 5-6 лет.

В связи с возникшими проблемами эксплуатации зданий, имеющих отделку лицевым пустотелым кирпичом, обследовать данные здания приглашают специалистов.

Задачи обследования, как правило, это выявление причин образования дефектов и разработка мероприятий по устранению выявленных причин. Правильно определенные причины помогут разработать и грамотное решение по восстановлению эксплуатационных свойств конструкции.

Опыт проведения обследования рассматриваемых зданий и сооружений позволил обобщить основные причины образования дефектов и повреждений – это замачивание (замокания) конструкций; качество примененных материалов; качество выполнения работ подрядчиком; проектные ошибки.

Рисунок 3. Разрушение кирпича в отделочном слое от размораживания кирпича

Рисунок 4. Повреждение кладки в месте замоканий в месте постоянного попадания влаги

Постоянные замокания наружных стен даже при отделке лицевым кирпичом вызывают со временем развитие повреждений: высолы, выветривание раствора, разрушение кирпича. Места замоканий могут быть связаны с качеством работ (выступы железобетонных плит перекрытий из плоскости стены, неправильно выполненные или невыполненные защитные окрытия элементов стен и др.). В условиях многократного замораживания-оттаивания эти места становятся дефектными.

Отдельного исследования проблемы использования лицевого кирпича в отделке стен потребовали вопросы, связанные с качеством примененных материалов, и ошибки проектировщиков.

Качество применяемых материалов, как правило, связано с характеристикой морозостойкости кирпича. При этом нормы [8] регламентируют применение в конструкциях кирпича с морозостойкостью не ниже F35 или F50. Эти условия в большинстве случаев выдерживаются. Почему же происходит разрушение кирпича?

В практике проектирования в качестве основного показателя, характеризующего агрессивность морозных воздействий на конструкции, принимаются средние суточные температуры наружного воздуха в холодное время года [8] или средняя температура воздуха наиболее холодной пятидневки в зависимости от района строительства [11]. Проектировщик сегодня назначает морозостойкость материала следующим образом: чем ниже температура наружной среды, тем выше морозостойкость. Этот подход, по нашему мнению и по мнению других специалистов [1], неправильный.

Рисунок 5. Высолы на стене в месте замоканий при неправильно выполненном окрытии парапета

Рисунок 6. Наглядное состояние объекта с многочисленными дефектами кирпичной кладки в отделочном слое: высолы, замокания в местах выступающих плит, отсутствие связи отделочного слоя (дополнительные крепления)

При выполнении натурных обследований несущих конструкций зданий и сооружений было установлено, что наибольшее влияние на деформационные процессы оказывает число циклов замораживания и оттаивания именно поверхностного слоя материала, а не средняя температура наиболее холодной пятидневки [1]. Это наиболее актуально для Санкт-Петербурга, где количество переходов наружной поверхности стен через 0º только за один зимний сезон более 50.

Многократное замораживание-оттаивание конструкций приводит к изменению границы «вода-лед» в отделочном слое. Применение в лицевом слое пустотелого кирпича провоцирует скопление влаги в пустотах, а затем ее замерзание. Последствия такого многоциклового процесса в большинстве случаев очевидны.

Проектировщик, не обладая данной информацией, назначает конструкцию стены с использованием лицевого пустотелого кирпича по аналогии с имеющимися уже проектными решениями, выполнив только теплотехнический расчет своей конструкции. На практике такое решение ошибочно.

Изучая рассматриваемую проблему, специалисты по обследованию выявили необходимость назначения морозостойкости лицевого кирпича по результатам не только объемного замораживания, регламентируемого СНиП [3], но и одностороннего замораживания. Эти методы не взаимозаменяемы [3]. В лабораториях, как правило, испытания кирпича проводят по первой методике, как наиболее практичной. На самом деле, конструкции с использованием лицевого кирпича находятся в условиях одностороннего замораживания. Испытания по второй методике более трудоемки, поэтому применяются реже. В связи с этим назначенная морозостойкость кирпича не соответствует эксплуатационным требованиям.

Отдельного исследования потребовал вопрос температурных и влажностных воздействий на конструкции кирпичных стен. Сочетание данных нагрузок с силовыми предполагает сложное напряженно-деформированное состояние кирпичных стен. Возможные пути решения данной задачи еще окончательно не сформулированы, но следует указать, что теплотехнические расчеты указывают на целесообразность применения в отделочном слое наружных стен кирпича с морозостойкостью F250…F300 [1].

Таким образом, применение в отделочном слое наружных стен пустотелого кирпича выявило ряд проблем. При обследовании следует учесть имеющийся опыт для выявления главных причин повреждений и дефектов, поскольку это связано с выбором правильного решения по их устранению. Проектировщикам целесообразно внимательно относиться к выбору конструкции отделочного слоя из лицевого кирпича, чтобы избежать возможных ошибок.

Литература

1. Гаврилов Н.Т. Прогнозирование технико-эксплуатационного состояния зданий и сооружений. – М. : МАКЦЕНТР, 2002. – 203 с.
2. ГОСТ 8462-85 Материалы стеновые. Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе.
3. ГОСТ 7025-91. Кирпичи и камни керамические и силикатные. Методы определения водопоглощения, плотности и контроля морозостойкости.
4. ГОСТ 7484-78. Кирпичи и камни керамические лицевые. Технические условия.
5. ГОСТ 5802-86. Растворы строительные. Методы испытаний.
6. СП 13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений.
7. СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий.
8. СНиП 3.03.01-87. Несущие и ограждающие конструкции.
9. СНиП II-22-81. Каменные и армокаменные конструкции.
10. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий.
11. СНиП 2.01.01-82. Строительная климатология и геофизика.

** Владимир Михайлович Огородник, Санкт-Петербург*
Тел. раб.: +7(812)275-38-91; эл. почта: mr-ogorodnik@rambler.ru

Экспертиза и технология усиления каменных конструкций

Д.т.н., профессор В.В. Белов*,
ГОУ Санкт-Петербургский государственный политехнический университет;
к.т.н., заместитель директора филиала В.Н. Деркач**,
РУП «БелНИИС»

Одним из наиболее распространенных видов повреждений построек из камня является их растрескивание. Наиболее частыми причинами, вызывающими образование трещин в каменных конструкциях, по статистике являются [1]:

- неравномерные осадки оснований (65-75%);
- перегрузка конструкций (10-15%);
- температурные деформации (10-15%);
- влажностные деформации (5-8%);
- особые нагрузки и воздействия (2-5%).

В последнее десятилетие появились новые технологии кладочных работ, позволяющие при высоком качестве кладочных элементов возводить кладку на тонких растворных швах. Благодаря этому уменьшаются мостики холода, которыми являются растворные швы, снижается расход раствора, увеличивается производительность труда, а прочность кладки на сжатие возрастает. Однако такие кладки имеют и весьма существенные недостатки. Обладая более высокой однородностью по сравнению с кладками на обычных растворных швах, они по своим свойствам приближаются к неармированному бетону (в случае применения в качестве кладочных элементов полнотелых блоков из газосиликата, пенобетона или керамзитобетона). Ситуация усугубляется, когда кладка возводится из пустотных щелевых камней, особенно керамических с высоким (50% и выше) объемом пустот. Высокотехнологичные, экономичные и эффективные с точки зрения тепловых и акустических свойств, стеновые конструкции с применением данных кладок, к сожалению, имеют низкую трещиностойкость, а в случае использования их в качестве наружного стенового заполнения каркасных зданий – высокую чувствительность к перекосам. Так, например, за минувшие пять лет в Москве и Подмосковье было зафиксировано более 420 случаев отказа фасадных систем каркасных зданий [2]. По итогам обследования каркасно-монолитных зданий в Москве в 2008 г. в результате повреждений стенового ограждения в аварийном состоянии на сегодняшний день находятся 36 объектов. Специалисты считают, что в ближайшие 5-6 лет количество «проблемных» домов может резко возрасти.

Методы мониторинга каменных зданий

Основной целью обследования зданий и сооружений является получение информации, необходимой для оценки технического состояния и несущей способности строительных конструкций. От степени достоверности полученной информации зависит правильность выводов о пригодности конструкций к эксплуатации, а также эффективность проектных решений по их ремонту и усилению.

В случае возникновения трещин в каменных конструкциях, прежде всего, должна быть установлена динамика их развития во времени. Эта задача решается путем мониторинга выявленных трещин. В отечественной практике для этой цели чаще всего используются гипсовые, цементно-песчаные или стеклянные маяки, реже – устанавливаются индикаторы перемещений часового типа. В зарубежной практике обследования зданий мониторинг трещин проводится с использованием механических, индукционных, пьезоэлектрических и других датчиков. Первые из перечисленных, являющихся наиболее дешевыми и простыми, работают по принципу штангенциркуля (рис. 1).

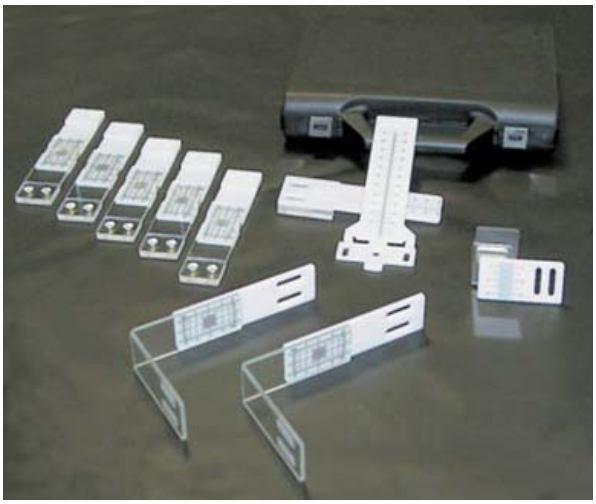


Рисунок 1. Измерители ширины раскрытия трещин из поликарбоната

Данные датчики позволяют измерить не только ширину раскрытия трещин, но и взаимный сдвиг их берегов. На рис. 2 приведены схемы установки датчиков, в зависимости от вида выполняемых измерений.

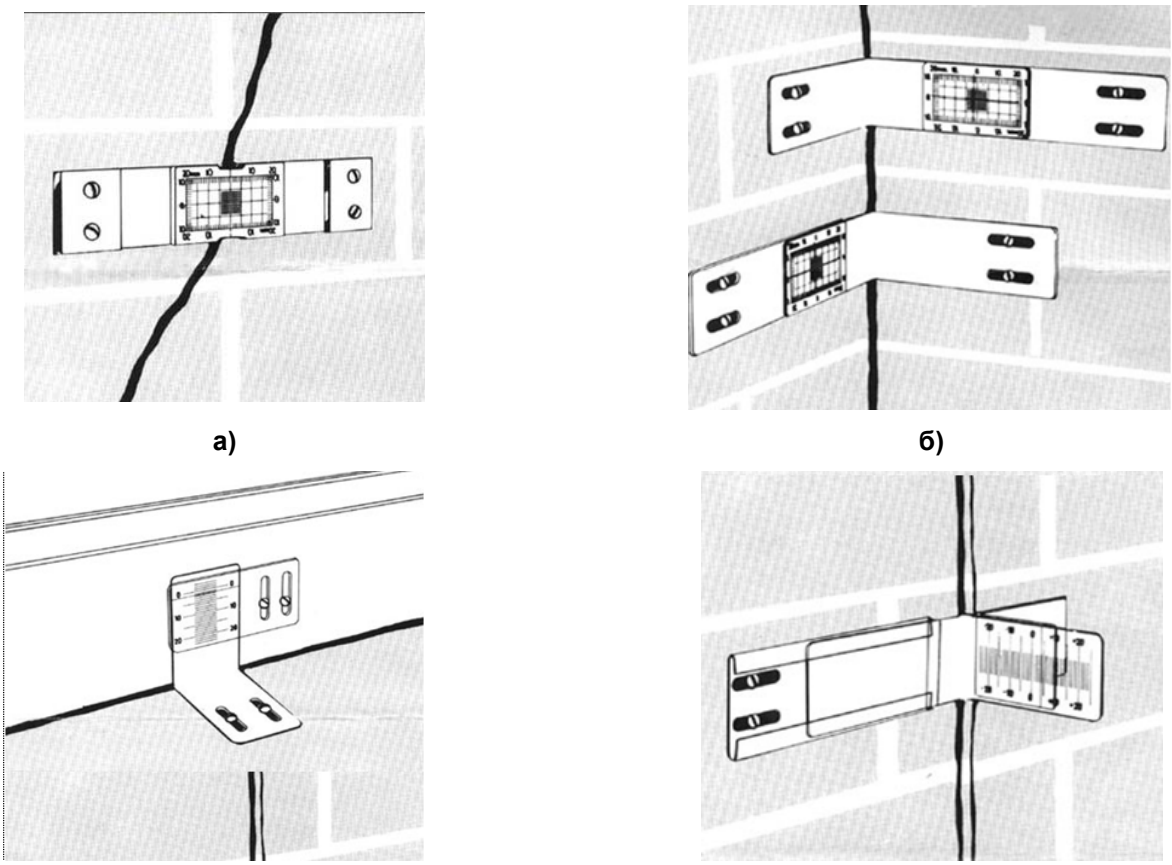


Рисунок 2. Возможные схемы установки измерителей трещин:
а – трещина в плоскости стены; б – трещина в месте сопряжения стен;
в – горизонтальная трещина; г – измерение сдвига берегов трещины

Достоинствами таких датчиков являются простота закрепления их на поверхности конструкции без повреждения отделки, возможность длительного непрерывного мониторинга жизнедеятельности трещин, возможность снятия отсчетов с удаленных объектов, в том числе фотографическим методом.

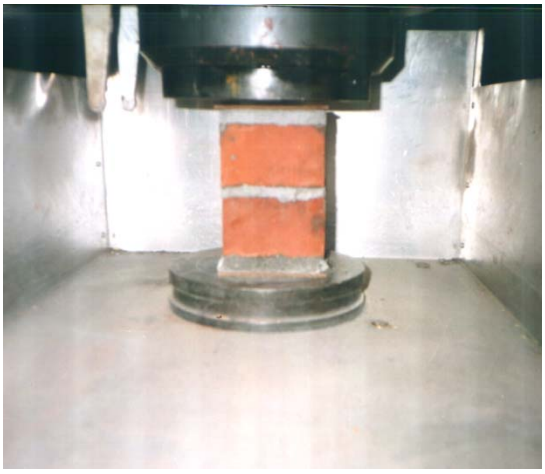
Широкое распространение при мониторинге трещин получил метод фотограмметрии. Суть его заключается в периодической съемке обследуемого объекта цифровой камерой с высокой разрешающей способностью матрицы и дальнейшей компьютерной расшифровкой полученных фотографий. Ширина раскрытия трещин определяется по изменению числа растровых точек между ее берегами.

Для определения глубины и длины развития трещин в толще стены широко используется тепловизионная техника. При этом производится оценка теплотехнического состояния поврежденной трещинами конструкции, по которой можно судить, является исследуемая трещина поверхностной или сквозной. Данная методика хорошо зарекомендовала себя при поиске скрытых каналов в стенах зданий старой постройки.

Наблюдая за поведением трещин, параллельно необходимо отслеживать температуру и влажность окружающего воздуха, вести геодезический мониторинг сооружения и оснований фундаментов.

Для каменных конструкций одной из важнейших характеристик, по которой производится оценка их эксплуатационной пригодности, является прочность каменной кладки при сжатии. В отечественной практике для приближенной оценки прочности кирпича и раствора в кладке при обследовании строительных конструкций чаще применяются приборы неразрушающего контроля, принцип действия которых основан на методе ударного импульса. В частности, для определения прочности раствора и строительной керамики используется измеритель прочности бетона ИПС-МГ4.01 с энергией удара 0.16 Нм. Практика обследования показала, что точность определения прочностных показателей кладочных материалов при сжатии по этой методике неудовлетворительна. Методом ударного импульса оцениваются прочностные показатели камня и раствора приповерхностных участков кладки, тогда как по толщине конструкции показатели могут существенно отличаться. Поэтому данный метод неразрушающего контроля рекомендуется использовать только для качественной оценки прочностных показателей кладочных элементов и раствора.

Для количественной оценки прочности кирпича и раствора служат разрушающие испытания отобранных из каменной кладки образцов [3]. Отбор образцов, как правило, производится из незагруженных (под окнами, в проемах) или слабо нагруженных элементов. Испытания кирпича выполняются по стандартной методике на сжатие и изгиб (рис. 3). Из пластинок раствора, отобранных из горизонтальных швов кладки, готовятся кубики с размером ребра 2-4см, которые испытываются на сжатие.



а) б)

Рисунок 3. Испытания кирпича керамического: а – на изгиб, б – на сжатие

Достоверность оценки прочности каменной кладки по результатам испытаний, отобранных из конструкции образцов кладочных элементов и раствора недостаточна. Это обусловлено высоким коэффициентом вариации прочностных показателей кладочных элементов. Так, по данным работы [4], средняя прочность кирпича на сжатие и растяжение практически удовлетворяла требованиям стандартов. Однако коэффициент вариации прочности кирпича на сжатие составил 30-40%, на растяжение – около 40%. Вычисления показали, что прочность кирпича при нормируемых обеспеченностях (0.95-0.995) до 30-40% ниже средних ее значений на сжатие и до 40-50% – на растяжение [4].

Существенным недостатком разрушающего метода является то, что при отборе образцов кирпича и раствора происходит нарушение структуры кладки. Как следствие, не учитывается такой важный показатель как качество выполнения кладочных работ, или, другими словами, «рука каменщика».

В зарубежной практике обследования для определения фактической прочности кладки, как правило, используются разрушающие методы или методы ее частичного разрушения [5].

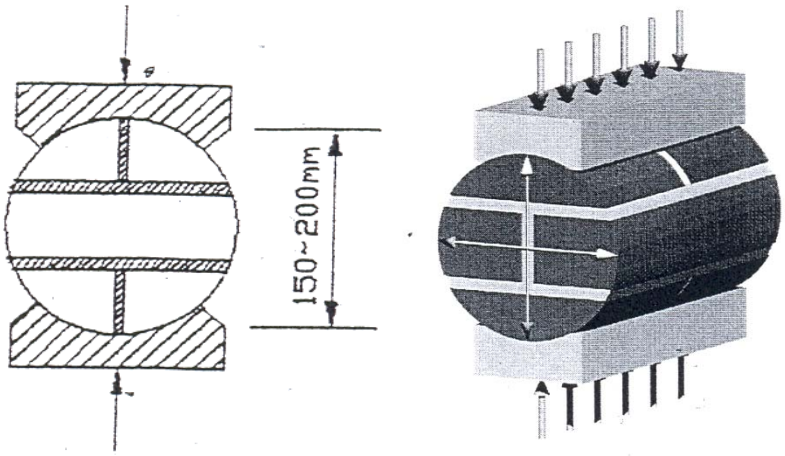


Рисунок 4. Схема испытаний образцов кладки на сжатие

Одним из этих методов является метод определения прочности кладки при сжатии на образцах – цилиндрах диаметром 150–200мм, отобранных из тела конструкции. Отбор цилиндров производится с помощью специальных буров, при этом в образцах сохраняется структура кладки. Испытания образцов кладки производят по схеме, показанной на рис. 4.

Данный метод оценки прочности кладки при сжатии преимущественно используется для кладок из полнотелого кирпича на прочном растворе. При растворах низкой прочности или пустотном кирпиче возникают сложности с отбором образцов кладки для испытаний.

Наиболее достоверные данные о прочности кладки при сжатии дает метод испытаний непосредственно в конструкции с помощью плоского пресса (Flat-Jack-Tests) (рис. 5). Плоские плиты пресса (плоские домкраты) устанавливаются в предварительно прорезанные в кладке конструкции горизонтальные щели шириной 20 мм (рис. 6, а). Сжатию подвергается участок кладки с ненарушенной структурой высотой 400–500мм (рис. 6, б). В ходе испытаний определяются не только прочностные, но и деформационные характеристики кладки. Нагружение кладки может производиться до определенного уровня напряжений или до полного исчерпания ее несущей способности. Сопротивление кладки сжатию S_f определяется по формуле:

$$S_t = K_f \cdot K_a \cdot P_f, \quad (1)$$

где K_f и K_a – коэффициенты, учитывающие сдерживающее влияние плит пресса и прилегающей к разрезу кладки < 1;
P_f – разрушающее давление, создаваемое прессом.

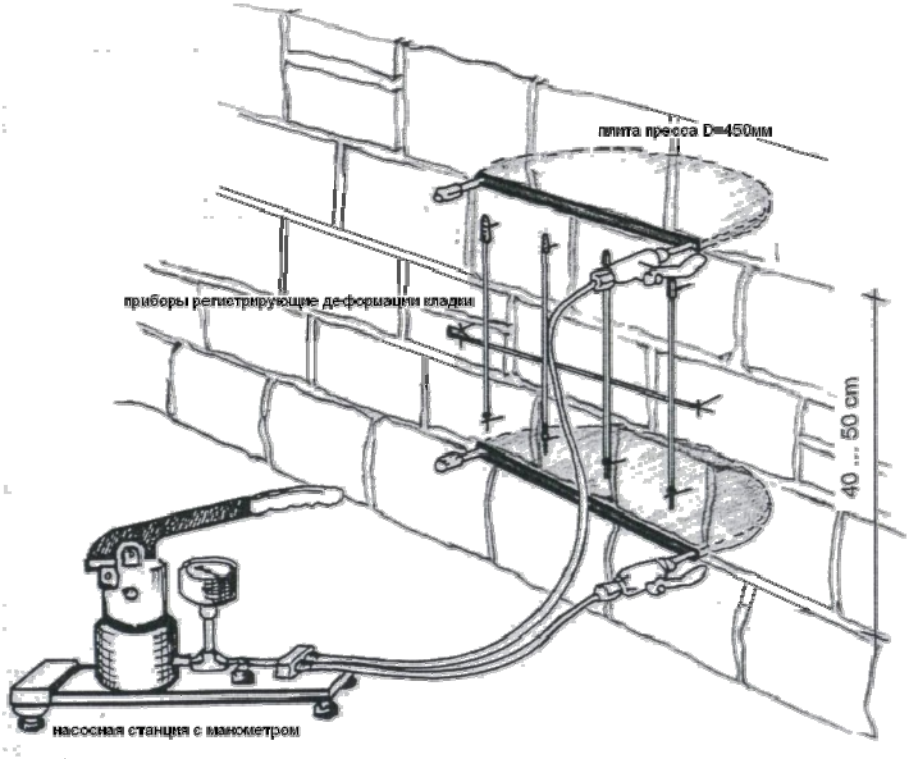
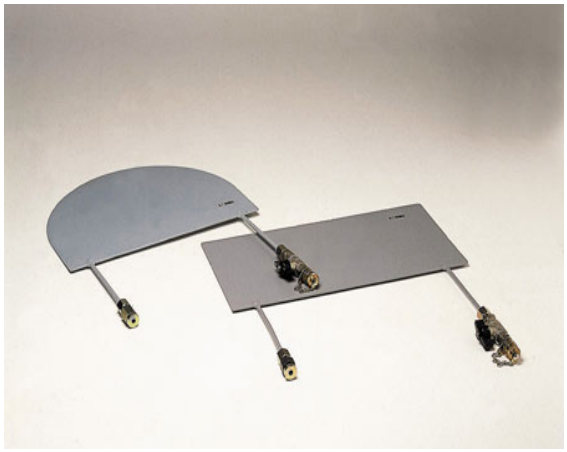
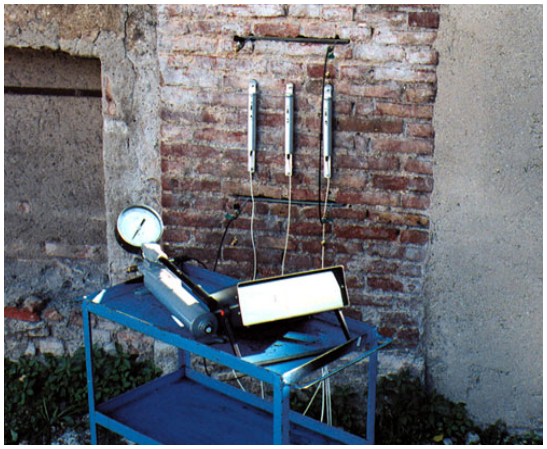


Рисунок 5. Схема испытаний каменной кладки методом «Flat-Jack-Tests»



а)



б)

Рисунок 6. Оборудование для испытаний каменной кладки методом «Flat-Jack-Tests»: а – плоские домкраты, б – насосная станция и измерители деформаций

Инновационные методы ремонта и усиления каменных конструкций

Среди традиционных способов усиления каменных конструкций наибольшее распространение получили стальные и железобетонные обоймы, металлические пояса и накладки, перекладка кладки и др. Большинство из них трудоемки в реализации, дорогостоящи, а применительно к историческим зданиям некоторые из них вовсе неприменимы по эстетическим соображениям. Вследствие этого для ремонта и усиления каменных конструкций все большее применение получают новые технологии и материалы. К последним, в частности, относятся композиты в виде ламелей, матов и сеток, изготавливаемые из углеродных, арамидных и

стекловолокон [6]. Их прочность зачастую превышает прочность стали, в связи с чем они используются для усиления не только каменных, но железобетонных и даже металлических конструкций в качестве поверхностного армирования. Соединение таких материалов с усиливаемой конструкцией обычно осуществляется с помощью составов на основе эпоксидной смолы. Коммерческое название такой системы усиления за рубежом известно как FRP (Fibre Reinforced Polymers). Эта система, однако, обладает рядом недостатков:

- для надежного сцепления материала усиления с конструкцией поверхность последней должна быть сухой и выровненной;
- работы по усилению должны осуществляться при положительных температурах и нормальной влажности воздуха для отверждения клея, а его низкая живучесть требует быстроты приклеивания;
- клеевое соединение обладает низкой огнестойкостью, поскольку деструкция эпоксидного клея начинается при температуре 50-100°С;
- учитывая органическое происхождение эпоксидных клеев, соединения с их помощью обладают низкой долговечностью из-за их строения;
- технология приклеивания на эпоксидном клее является вредной для здоровья;
- усиление должно выполняться высококвалифицированными рабочими и специализированными фирмами.

Отмеченных недостатков удается избежать при использовании вместо клея специальных штукатурных растворов из неорганических минеральных материалов с модифицированными полимерными добавками. Технология усиления при этом заключается в следующем. На очищенную от штукатурки и загрязнений поверхность каменной кладки после ее увлажнения наносится слой клеящего штукатурного раствора толщиной 3 мм, в который утапливается армирующая сетка из композиционных материалов. Затем наносится защитный штукатурный слой толщиной 8-10мм, поверхность которого подвергается финишной обработке. При необходимости, в защитный слой может утапливаться вторая сетка, обеспечивающая повышенную прочность усиления.

Такая система усиления известна за рубежом как FRCM (Fibre Reinforced Cementitious Matrix), а одной из ее разновидностей является система Ruredilx Mech. В указанной системе используются сетки из углеволокон, обладающие следующими механическими характеристиками: прочность на растяжение – 4800 МПа; модуль упругости – 240 ГПа; деформативность при разрыве – 1.8%. Рассматриваемая система обладает следующими достоинствами:

- простотой технологии;
- высокой сцепляемостью армирующего штукатурного слоя с поверхностью усиливаемой каменной кладки;
- высокой компатибильностью армирующего слоя с кирпичной кладкой, т.е. сближенными деформационными характеристиками (модули упругости, коэффициенты температурного расширения);
- высокой огнестойкостью и коррозионной стойкостью, паропроницаемостью и водостойкостью, что позволяет производить усиление каменных конструкций как изнутри, так и снаружи зданий.

а)

б)

Рисунок 7. Усиление поврежденных кирпичных сводов (а) и арочных конструкций (б) исторических зданий

К достоинствам рассматриваемого способа усиления следует отнести его универсальность и возможность применения для любых форм и очертаний усиливаемых конструкций (рис. 7).

В зарубежной практике рассматриваемый метод нашел широкое применение для усиления каменных зданий и сооружений, подвергаемых динамическим воздействиям (сейсмическим, техногенной вибрации).

Другим не менее эффективным методом усиления каменных конструкций, широко распространенным в странах Европы на протяжении последних 15 лет, является усиление с использованием спиралевидных связей и анкерных соединений. В Республике Польша данный метод усиления каменных конструкций применяется с 1999 г. и известен под названием «Brutt Technologies». Он основан на применении спиралевидных стержней «Brutt profili», утапливаемых в специальный раствор «Brutt Saver Powder». Раствор укладывается в предварительно прорезанные в швах кладки щели или просверленные в ее теле отверстия. Спиралевидные связи изготавливаются из высокопрочной нержавеющей стали, устойчивы в щелочной среде. Наиболее часто в практике усиления каменных конструкций применяются связи диаметром 6, 8 и 10мм. В необходимых случаях могут применяться и связи большего диаметра 12–14мм. Длина связей может достигать 10м. Связи можно укладывать с нахлестом, изгибать, соединять с помощью вязальной проволоки. Использование данного вида усиления позволяет устранить практически все распространенные виды конструктивных дефектов каменных конструкций, нанося минимальные повреждения внешнему облику последних.

На рисунках 8–9 показаны примеры усиления стен и каменных сводов, поврежденных трещинами.

Рисунок 8. Усиление наружных стен, поврежденных трещинами

Рисунок 9. Усиление кирпичных сводов

Спиралевидное ребро позволяет также производить установку связей методом забивания или вкручивания в материал основания при помощи ручного электроинструмента со специальной установочной насадкой-адаптером. В основание из ячеистого бетона и пустотелого кирпича связи устанавливаются при помощи химических анкеров. Спиралевидная связь дает возможность производить закрепления практически в любых строительных материалах, при минимальных расстояниях от края конструкции и осями креплений.

По мнению специалистов, метод усиления с помощью спиралевидных связей позволяет решать задачи сохранения оригинального внешнего облика зданий старой застройки, его можно использовать как одно из новейших инновационных средств усиления кирпичной облицовки в многослойных стенах [7].

Поскольку материалы, используемые в рассматриваемых методах усиления, имеют достаточно высокую стоимость, эффективность их применения должна быть обоснована соответствующим расчетом. Армирующие элементы должны размещаться так, чтобы их направления (волокна сеток или спиралевидные связи) были перпендикулярны трещинам либо, при отсутствии последних, совпадали с траекторией главных растягивающих напряжений. Для правильной оценки напряженно-деформированного состояния каменной кладки полезным является многоуровневый (иерархический) подход при ее математическом моделировании:

а) камень, раствор;

б) малый представительный элемент каменной кладки, для которого должны быть построены зависимости «нагрузка-перемещение»;

в) характерные отдельные фрагменты каменной конструкции (столб, перемычка, свод и т.д.);

г) каменная конструкция в целом.

При этом необходимо обеспечить инженерную доступность моделей на каждом уровне и практическую возможность их применения при проектировании и экспертизе.

Литература

1. Серов А., Орлович Р., Морозов И. Мониторинг трещин в каменных зданиях: современные методы // Архитектура, дизайн и строительство, Санкт-Петербург. – 2009. – №1[41]. – С. 62-63.
2. Слоистые кладки в каркасно-монолитном строительстве // Технологии строительства. – 2009. – 1(63).
3. Рекомендации по обследованию и оценке технического состояния крупнопанельных и каменных зданий / ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко. – М., 1988. – 57с.
4. Райзер В.Д. Расчет и нормирование надежности строительных конструкций. – М. : АСВ. – 1995. – 344с.
5. Деркач В.Н., Жерносек Н.М. Методы оценки прочности каменной кладки, в отечественной и зарубежной практике обследования зданий и сооружений// Вестник Белорусско-Российского университета. – 2010.- №3. – С. 135-143.
6. Орлович Р., Мантегацца Д., Найчук А., Деркач В. Современные способы ремонта и усиление каменных конструкций // Архитектура, дизайн и строительство, Санкт-Петербург. – 2010. – №1[44]. – С. 86-87.
7. Павлова М., Моськина О., Пыхяла Я. Выполнено из кирпича // Строительный эксперт. – 2009. – №11(224). – С. 10-11.

** Вячеслав Вячеславович Белов, Санкт-Петербург*
Тел. раб.: +7(812)535-16-32; эл. почта: belov@cef.spbstu.ru

*** Валерий Николаевич Деркач, г. Брест, республика Беларусь*
Тел. моб.: +3(752-96)41-19-62; эл. почта: v-derkatch@yandex.ru

Применение резистивного электроконтактного метода для мониторинга состояния стальных конструкций

Заведующий учебной лабораторией А.В. Улыбин*,
ГОУ Санкт-Петербургский государственный политехнический университет

Во многих странах строится и эксплуатируется множество зданий и сооружений с несущими строительными конструкциями, выполненными из стали. В связи с большим сроком эксплуатации существующих конструкций, а также большой неопределенностью совокупности факторов, влияющих на их работу, необходимо проводить мониторинг их состояния. Такая необходимость обосновывается также требованиями ФЗ РФ №384 от 30.12.2009 «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», ГОСТ Р 53778-2010 «Правила обследования и мониторинга технического состояния» и других документов.

Одним из основных параметров, контроль которых производится при мониторинге технического состояния, являются эксплуатационные механические напряжения в элементах конструкций. Известные методы неразрушающего контроля напряженного состояния в ряде случаев не могут быть использованы достаточно полно, либо их использование затруднено, экономически нецелесообразно или неэффективно.

Для особо важных зданий и сооружений актуальным является разработка и применение альтернативных средств мониторинга, даже при удовлетворительной практике применения существующих средств контроля. Совокупное применение резистивного электроконтактного метода с другими традиционными методами контроля приведет к повышению безопасности строительных объектов и срока их эксплуатации.

Наибольший вклад в развитие методов неразрушающего контроля, применяемых на сегодняшний день для исследования напряженного состояния изделий и конструкций, внесли советские ученые Р.И. Янус, Л.Г. Меркулов, С.Т. Назаров, С.В. Румынцев, М.Н. Михеев, С.Я. Соколов и многие другие. Среди ученых–современников стоит отметить вклад В.В. Клюева, а также А.И. Потапова, В.Л. Венгриновича, А.А. Дубова, В.Е. Гордиенко, М.С. Бахарева, М.Г. Баширова и многих других.

Резистивный электроконтактный метод неразрушающего контроля разработан для оценки остаточных механических напряжений, сохраняющихся в металлических изделиях после их изготовления. Основополагающие исследования данного методы произведены в конце XX века С.Ю. Ивановым, Д.В. Васильковым и В.Э. Хитриком. Исследованием метода в последние несколько лет, а также разработкой аппаратуры для его применения занимается С.Д. Васильков.

Метод основан на измерении электрического сопротивления на участке поверхностного слоя металла при подаче к нему переменного тока [1].

Если рассмотреть участок плоского проводника с протекающим по нему током I от какого-либо внешнего устройства, то сопротивление R такого проводника при постоянном токе выражается формулой:

$$R = \rho \frac{l}{S} = \rho \frac{l}{b \cdot h}, \qquad (1)$$

где ρ – удельное электрическое сопротивление материала; l- длина участка, по которому проходит ток; $S=b\cdot h$ – площадь поперечного сечения проводника.

Изменение электрического сопротивления согласно зависимости (1) может быть обусловлено тремя эффектами.

1. Изменением удельного сопротивления материала (ρ) при изменении его напряженного состояния. Данный эффект называется пьезорезистивным и используется в различных датчиках высокого давления. Одним из видов датчиков, работающих за счет пьезорезистивного эффекта, являются манганиновые датчики давления, коэффициент эластосопротивления которых достигает значений $\Delta\rho/\rho=2.5\cdot10^{-5}$ $МПа^{-1}$. Влияние данного эффекта в обычных металлических проводниках, в том числе стальных, настолько мало, что им обычно пренебрегают.

2. Изменением длины проводника (l) при его деформировании. Данный эффект используется в тензорезисторах. Датчики, основанные на данном эффекте, имеют коэффициент тензочувствительности, равный примерно 2. Это означает, что при напряжениях, соответствующих пределу упругости, например в стали марки Ст3, относительная деформация (ε) составит около 0,1%, а изменение сопротивления – около 0,2% от абсолютного значения.

3. Известно, что при подаче к поверхности проводника переменного тока высокой частоты имеет место скин-эффект, при котором токи высокой частоты сосредотачиваются у той поверхности проводника, которая является ближайшей к источникам поля, вызывающим появление токов.

На основании решения системы уравнений Максвелла для проводящего полупространства глубина проникновения тока h в таком проводнике определяется выражением:

$$h = \frac{1}{\sqrt{\pi f \mu \gamma}}, \qquad (2)$$

где f – частота тока, Гц; μ – абсолютная магнитная проницаемость материала, Гн/м; γ – удельная электропроводность материала, Ом$^{-1}$.

Известно, что магнитная проницаемость материала является переменной величиной и, в том числе, зависит от напряженного состояния. На данном явлении основан ряд магнитных методов неразрушающего контроля напряжений, в частности в работах М.С.Бахарева [2] имеется зависимость:

$$\mu = \frac{\mu_н}{1 - \mu_н \lambda_0 \sigma / \pi}, \qquad (3)$$

где $\mu_н$ – начальная относительная проницаемость материала;

λ_0 – константа магнитострикции ферромагнетика; σ – одноосные напряжения растяжения–сжатия (при растяжении имеют положительную величину).

Если подставить зависимость (3) в зависимость (2), а зависимость (2) – в (1), то получим зависимость следующего вида:

$$R = \rho \cdot l \sqrt{\frac{\pi \cdot f \cdot \mu_н}{(1 - \mu_н \lambda_0 \sigma / \pi)\rho}}, \qquad (4)$$

С учетом магнитной постоянной ($\mu_0 = 4\pi 10^{-7}$ *Гн/м*), константы магнитострикции стали ($\lambda_0 = 5 \cdot 10^{-6}$ *МПа*$^{-1}$), того, что удельная электрическая проводимость $\gamma = 1/\rho$ (для стали $\rho = 140$ *Ом·мкм*), приняв $\mu_н = 200$, пренебрегая незначительным изменением ρ и считая частоту тока постоянной, получим зависимость, представленную на рис. 1.

По результатам исследований М.Г. Баширова [3], после перехода стали в пластическую зону работы величина магнитной проницаемости уменьшается и, соответственно, зависимость (R-σ) должна измениться на обратно пропорциональную.

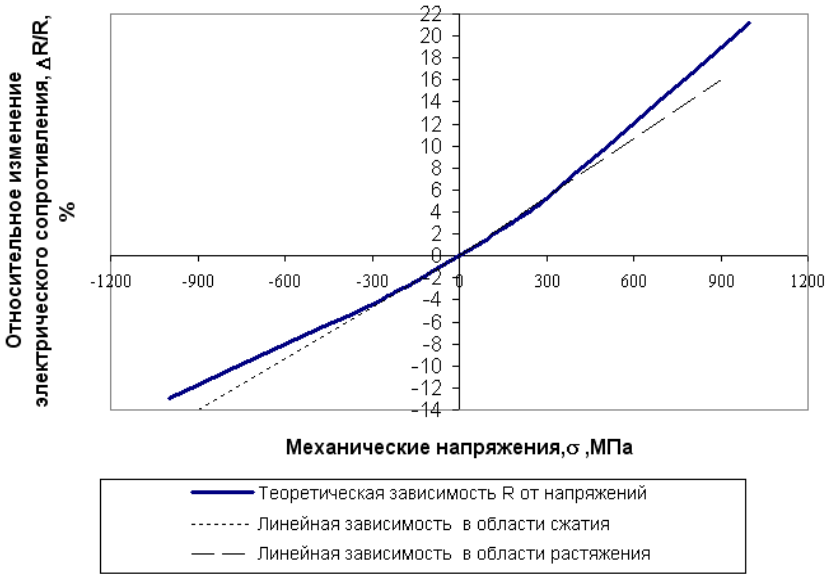


Рисунок 1. Теоретическая зависимость электрического сопротивления от напряжений растяжения-сжатия

При упругой работе конструкционных сталей в строительных конструкциях механические напряжения обычно не превышают значений ±300 МПа. Поэтому для данного диапазона значений можно пренебречь нелинейностью зависимости в зонах от 0 до $\sigma_т$ при растяжении и от 0 до $\sigma_т$ при сжатии с погрешностью до 5% от величины напряжений. Для рассматриваемого примера (рис. 2) в диапазоне до ±300 МПа, $\pi_p=1,7\cdot10^{-4}$ $МПа^{-1}$ при растяжении и $\pi_c=1,5\cdot10^{-4}$ $МПа^{-1}$ при сжатии.

Таким образом, выявленная зависимость изменения электрического сопротивления на переменном токе от механических напряжений, обусловленная изменением магнитной проницаемости стали, имеет чувствительность, в 7 раз превышающую пьезорезистивный эффект в манганине и в 17 раз чувствительность проводниковых тензорезисторов. Этот факт доказывает перспективность исследования данной зависимости (R-σ) для применения в ходе мониторинга механических напряжений в строительных конструкциях при их упругой работе.

По результатам экспериментальных исследований [4, 5] показано, что зависимость от растягивающих и сжимающих напряжений, создаваемых как чистым растяжением, так и поперечным изгибом моделей, линейная и прямо пропорциональная. Коэффициент корреляции по результатам статистической обработки данных имеет значение для всех экспериментов в диапазоне 0,950-0,999.

Экспериментально полученная зависимость электрического сопротивления от механических напряжений имеет вид:

$$\eta = K_t \cdot \Delta t + \frac{K_\sigma \Delta\sigma}{R_0}, \qquad (5)$$

где $\eta=R/R_0$ – относительное изменение сопротивления, д.е.;

K_t – температурный коэффициент сопротивления (экспериментальное значение $1,3*10^{-3}$ $^oC^{-1}$);

Δt – изменение температуры стали, ^oC ;

K_σ – экспериментальный коэффициент тензочувствительности, зависящий от марки стали и знака напряжений (0,1±0,02 мкОм/МПа);

$\Delta\sigma$ – абсолютное изменение одноосных механических напряжений (при растяжении – положительное), МПа;

R_0 – величина сопротивления без дополнительных механических напряжений, мкОм.

Для определения изменения величины одноосных напряжений зависимость (5) преобразуется в следующий вид:

$$\Delta\sigma = \frac{(\eta - K_t \cdot \Delta t)R_0}{K_\sigma}. \qquad (6)$$

Установлено, что на немагнитных материалах зависимость отсутствует (рис. 2). Это подтверждает, что основным фактором, влияющим на изменение электрического сопротивления, является именно магнитная проницаемость материала.

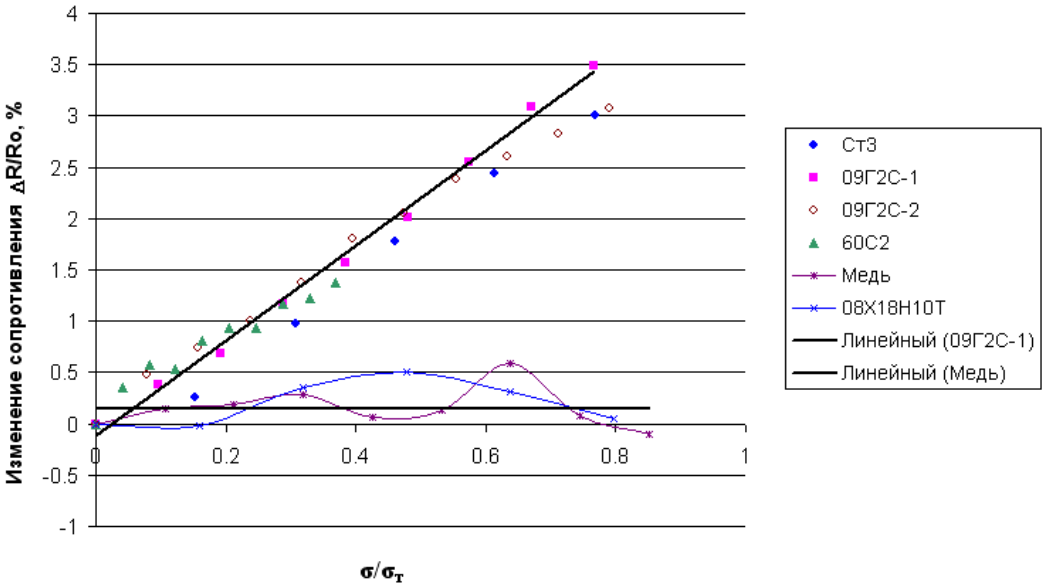


Рисунок 2. Влияние на зависимость сопротивления от механических напряжений вида металла

На основе результатов теоретико-экспериментальных исследований предложена технология мониторинга эксплуатационных механических напряжений в конструкциях с помощью резистивного электроконтактного метода.

Технология заключается в следующем:

1) выбор исследуемого участка конструкции, осуществляемый с помощью расчета компьютерной модели, применения других неразрушающих методов контроля напряжений, либо иным способом;
2) измерение абсолютного значения электрического сопротивления на выбранном участке конструкции до приложения/снятия нагрузок;
3) выполнение градуировки по отобранным образцам при их испытании на растяжение для уточнения коэффициента тензочувствительности;
4) повторное (очередное) измерение значения сопротивления в интересующий момент времени после изменения величины эксплуатационной нагрузки или по прошествии определенного времени;
5) определение приращения напряжений по выявленной зависимости (6) с учетом температурного коэффициента и уточненного коэффициента тензочувствительности.

Литература

1. Васильков С.Д.Определение остаточных напряжений в поверхностном слое деталей из никелевых сплавов после механической обработки. / Васильков С.Д., Анастасиади Г.П., Юрова Г.П. // Металлообработка. – 2008. – №5 (47). – С. 4-9.
2. Бахарев М.С. Разработка методов и средств измерения механических напряжений на основе необратимых и квазиобратимых магнитоупругих явлений: Автореферат. … докт. тех. наук. – Тюмень, 2004. -321 с.
3. Баширов М.Г. Использование взаимосвязи электрофизических и механических свойств металлов в напряженно-деформированном состоянии в задачах прогнозирования ресурса оборудования нефтепереработки // Нефтегазовое дело. – 2002. – №1.
4. Улыбин А.В., Васильков С.Д. Использование резистивного электроконтактного метода для контроля напряженно-деформированного состояния элементов стальных конструкций // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2009. – №6. – С. 155-160.
5. Улыбин А.В. Кукушкина Г.А. Особенности применения резистивного электроконтактного метода для контроля напряженно-деформированного состояния стальных конструкций // Инженерно-строительный журнал. -2010. – №3.– С. 32-34.

** Алексей Владимирович Улыбин, Санкт-Петербург*
Тел. раб.: +7(812)535-57-82; эл. почта: ulybin@mail.ru

Сочетание методов трехмерного лазерного сканирования и цифровой фотограмметрической съемки для фиксации и обмера памятников архитектуры

К.т.н., доцент С.В. Тюрин,
ГОУ Санкт-Петербургский государственный университет;
исполнительный директор С.Г. Тихонов,
ООО «НПП «Фотограмметрия»

Задача совершенствования методов фиксации памятников архитектуры, на наш взгляд, всегда актуальна. Традиционная форма фиксации в виде альбома с фотографиями сохраняет только информацию о внешнем облике объекта. Она не может дать точную информацию о геометрических свойствах объекта, так как съемка ведется на неметрические и некалиброванные камеры. Существует и другая известная форма фиксации – чертежи. Они передают геометрию, но не передают полностью внешний вид объекта. Кроме того, создание чертежей трудоемко и дорогостояще. Появление новых геодезических приборов и развитие методов цифровой фотограмметрии позволяет предложить качественно новые формы фиксации.

На сегодняшний день наиболее совершенными приборами для сбора данных о геометрии объекта являются лазерные сканирующие системы (Рис.№1). Результатом работы лазерного сканера является облако точек (набор точек с трехмерными координатами). Благодаря высокой скорости работы лазерного сканера, отпадает необходимость в избирательной съёмке объекта. Используя лазерное сканирование, мы в сжатые сроки получаем наиболее полную и достоверную информацию о геометрии объекта на конкретный момент времени.

Многие сканеры наряду с координатами точек позволяют получать данные об интенсивности отраженного сигнала. Приведя интенсивность отраженного сигнала к оттенкам серого, можно воспринимать данные лазерного сканирования как черно-белую трехмерную дискретную модель (Рис. №2, 3, 4, 5). Чем с более высокой плотностью производится сканирование, тем подробнее и информативнее будет модель.

Рисунок 1. Трехмерный лазерный сканер Imager 5006 фирмы Z+F

Рисунок 2. Трехмерная дискретная модель южного фасада Эрмитажа в цветах сканера

Рисунок 3. Фрагмент модели южного фасада Эрмитажа

Рисунок 4. Трехмерная дискретная модель интерьера зала Китайского дворца в ГМЗ Ораниенбаум

Рисунок 5. Фрагмент модели интерьера зала Китайского дворца в ГМЗ Ораниенбаум

Однако представленное таким образом облако точек не даёт полного реалистичного представления об объекте, так как отсутствует информация о цвете. Это обстоятельство побудило нас разработать технологию совмещения результатов лазерного сканирования и цифровой фотограмметрической съёмки. Съемка выполняется на цифровую калиброванную камеру. Калибровка выполняется на тестовом полигоне нашего предприятия и заключается в определении параметров описывающих дисторсию объектива камеры. После исправления полученных снимков по строгим фотограмметрическим формулам мы можем пересчитать координаты точки скана из геодезической системы в систему координат снимка и таким образом определить цвет каждой точки. В результате совмещения данных лазерного сканирования и цифровой фотограмметрической съемки можно получить реалистичную цветную трехмерную дискретную модель (рис. 6, 7, 8).

Рисунок 6. Цветная трехмерная дискретная модель памятника Николаю I

Рисунок 7. Цветная трехмерная дискретная модель интерьера зала Китайского дворца в ГМЗ Ораниенбаум

Рисунок 8. Фрагмент модели интерьера зала Китайского дворца в ГМЗ Ораниенбаум

Другой важной формой представления состояния объекта являются ортофотопланы. Ортофотоплан, хотя и выглядит как фотография, является не центральной, а ортогональной проекцией объекта на плоскость. Поэтому по геометрическим свойствам ортофотоплан ничем не отличается от чертежа, а по информативности значительно его превосходит. Кроме этого, по изобразительным свойствам ортофотоплан превосходит точечную модель. Это происходит благодаря тому, что если снимки сделать с большим разрешением, чем у скана, то разрешение ортофотоплана можно довести до разрешения снимка (рис. 9, 10).

Рисунок 9. Цветной ортофотоплан интерьера зала Китайского дворца в ГМЗ Ораниенбаум

Рисунок 10. Фрагмент цветного ортофотоплана интерьера зала Китайского дворца в ГМЗ Ораниенбаум

Для хранения ортофотопланов нами используется собственный растровый формат «SPO». Его преимуществом является возможность хранения для каждой точки изображения всех трех геодезических координат и возможность хранения и визуализации очень больших изображений. Можно сказать, что это изображение является «трехмерным» ортофотопланом. Причем эта «трехмерность» может быть визуализирована, т.е. мы можем преобразовать ортофотоплан в модель.

Для дальнейшего использования ортофотоплана в иных приложениях его можно сохранить в стандартном растровом формате с привязкой к геодезической системе координат (рис. 11). Такое изображение можно открыть в системе AutoCad, масштабировать по координатной сетке и составить чертеж (рис. 12).

Исходя из изложенного, фиксация состояния памятников архитектуры может осуществляться в следующих формах.

- Чёрно-белые или цветные трёхмерные точечные модели: эта форма сохраняет всю метрическую информацию об объекте. Имея такую модель, можно при необходимости получить любую другую форму представления. Главный её недостаток – большой объём хранения информации, часто исчисляющийся терабайтами. Такая фиксация наилучшим образом подходит для объектов сложной формы (скульптуры, монументы, церкви).
- Чёрно-белые или цветные ортофотопланы в формате «SPO»: такая форма при некоторой потере информации, не попавшей на ортофотоплан, обладает рядом преимуществ, о которых уже сказано выше, но при этом объём хранения уменьшается более чем в три раза по сравнению с трёхмерной моделью. Информативность такого представления гораздо выше, чем у обычного ортофотоплана, а по изобразительным свойствам оно лучше, чем трёхмерная точечная модель. Ортофотопланы хорошо подходят для фиксации таких объектов как фасады, стены, плафоны и полы.
- Чёрно-белые или цветные ортофотопланы в стандартных растровых форматах: недостатком этой формы является ограниченность метрической информации двумерным пространством, но при решении некоторых задач этого вполне достаточно. Объем же хранения уменьшается еще примерно в два раза.

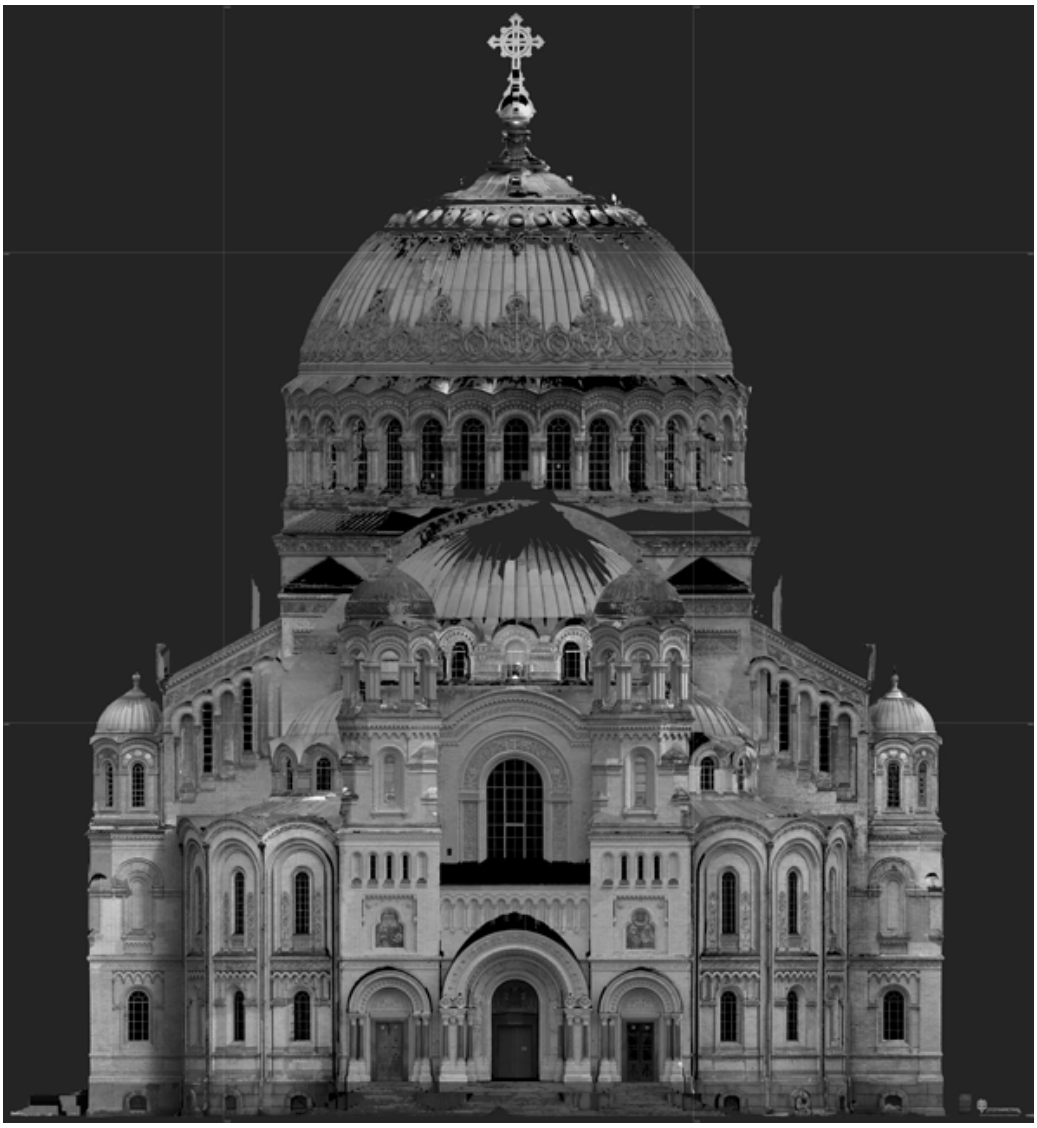


Рисунок 11. Ортофотоплан фасада Морского собора в г. Кронштадт с нанесенной координатной сеткой

Из вышесказанного очевидно, что у каждой формы фиксации есть свои плюсы и минусы. Выбор той или иной формы должен зависеть от решаемой задачи. На наш взгляд, для задачи именно фиксации текущего состояния памятника (т.е. сохранения облика и геометрии объекта) на конкретный момент времени желательно хранить трехмерную точечную модель и/или цветные ортофотопланы в формате «SPO». Имея такой материал, можно в любой момент при необходимости составить обмерные чертежи.

Работа с продемонстрированными материалами осуществляется в разработанном нашим предприятием программном комплексе ScanIMAGER. Эту программу мы передаем нашим заказчикам вместе с результатами работы. Получив такой материал и инструмент для работы с ним, архитекторы самостоятельно могут брать необходимые размеры, делать сечения в нужных местах, составлять чертежи. Многие архитектурные предприятия Санкт-Петербурга успешно применяют данную технологию.

Если говорить о стоимости сканирования и изготовления ортофотопланов, то она зависит главным образом от требуемого разрешения конечного материала, т.е. от масштаба фиксации. В среднем стоимость цветного ортофотоплана в два (а иногда в три) раза ниже, чем чертежа в таком же масштабе. Поскольку ортофотопланы создаются автоматизированными средствами, а чертежи вручную, то чем сложнее объект, тем больше будет разница в цене.

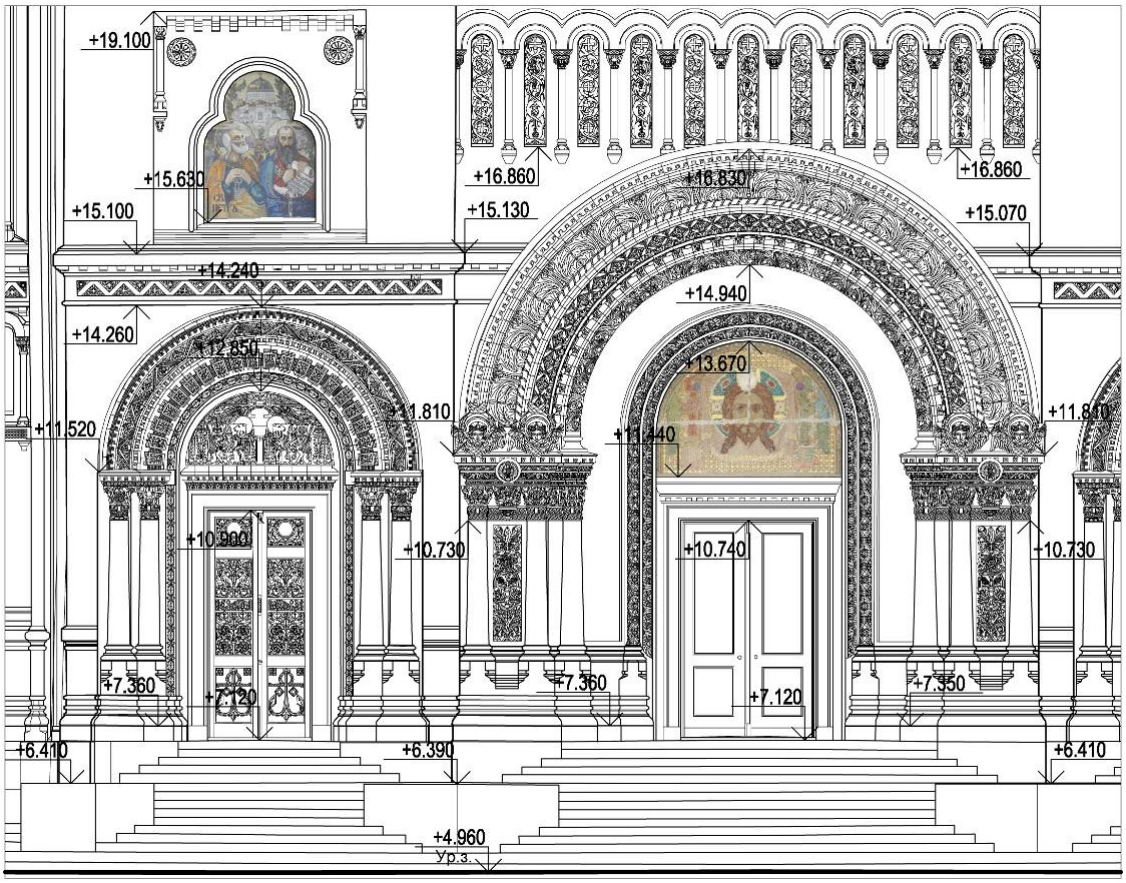


Рисунок 12. Фрагмент чертежа фасада Морского собора в г. Кронштадт

В заключение считаем необходимым призвать органы надзора, специалистов в архитектуре и реставрации изучить возможность более широкого применения таких материалов для решения задач фиксации объектов культурного наследия. Мы со своей стороны вместе с коллегами из других компаний готовы принять участие в разработке технических требований, предъявляемых к фиксационным материалам.

Литература

1. Технические характеристики лазерной сканирующей системы IMAGER 5006 – Zoller+Frohlich Ltd [Электронный ресурс]. URL: http://www.zf-laser.ru/skaner5600.html (дата обращения: 29.10.2010).
2. Лобанов А.Н. Фотограмметрия: Учебник для вузов. – М. : Недра, 1984. – 552 с.

** Сергей Вячеславович Тюрин, Санкт-Петербург*
Тел. моб.: +7(921)952-98-63, эл. почта: turin@photogrammetria.ru

Технология обмеров фасадов стереофотограмметрическим методом в системе AutoCAD

К.т.н., доцент А.Е. Войнаровский*,
ГОУ Санкт-Петербургский государственный университет,
генеральный директор ООО «НПП «Фотограмметрия»

Одним из важнейших направлений деятельности нашего предприятия является разработка технологий обмерных работ и специализированного программного обеспечения. С 2010 года НПП «Фотограмметрия» предлагает сразу несколько технологических решений, которые охватывают практически весь спектр задач, связанных с инструментальными методами обмеров зданий и сооружений.

В данной статье рассмотрена технология обмеров фасадов зданий стереофотограмметрическим методом в системе AutoCAD.

Основными компонентами технологии являются:

1) калиброванная цифровая камера;
2) приложение Coordinate Transformer;
3) программный комплекс PhotoTransformator Universal;
4) интегрируемый модуль StereoTracer for AutoCAD.

Перечисленные программные продукты разработаны в НПП «Фотограмметрия».

Фотограмметрическая калибровка камеры выполняется на тестовом полигоне нашего предприятия и заключается в определении элементов внутреннего ориентирования фотокамеры и параметров, описывающих отклонение проекции снимка от центральной (дисторсию). Тестовый полигон представляет собой набор закрепленных марок, координаты которых определены геодезическим методом с заведомо более высокой точностью, чем разрешение калибруемой камеры (рис. 1). Всего полигон содержит более 800 точек.

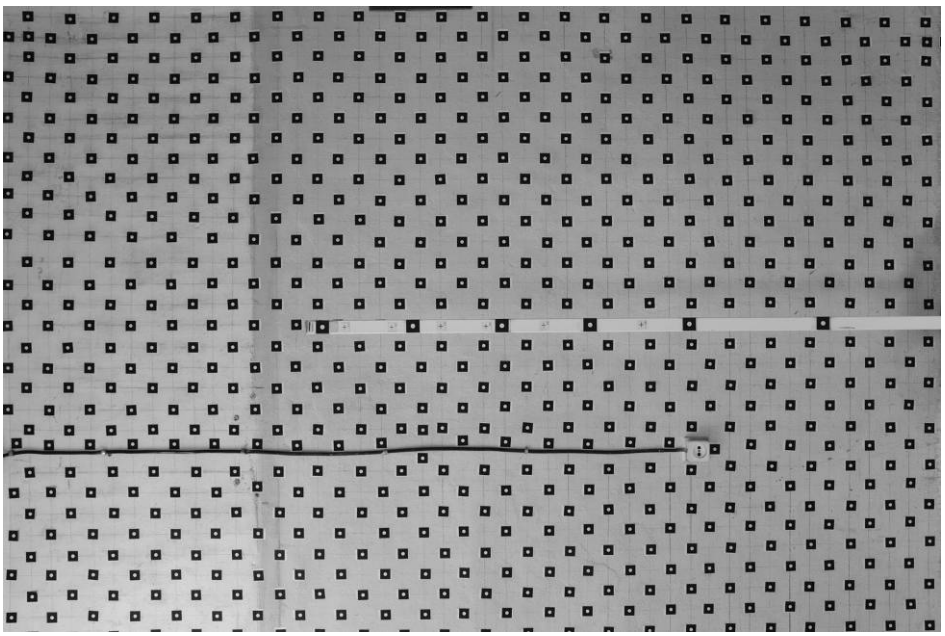


Рисунок 1. Тестовый полигон

После фотосъемки полигона в программном комплексе PhotoTransformator Professional выполняются следующие операции:

- автоматический поиск марок и их измерение с субпиксельной (0.02 pix) точностью;
- решение обратной фотограмметрической засечки и уравнивание результатов измерений снимка по МНК с совместным определением коэффициентов полиномов, описывающих дисторсию;
- создание матрицы коррекции, формирование отчета по калибровке.

Теперь с помощью специальной программной утилиты любой снимок, сделанный калиброванной камерой, может быть исправлен и приведен к центральной проекции (рис. 2, 3).

Рисунок 2. Исходный снимок

Рисунок 3. Метрический снимок

Собственно работа по обмеру фасадов зданий стереофотограмметрическим методом может быть разбита на следующие этапы: полевые работы; обработка полевых материалов; построение чертежей. На первом этапе выполняется фотограмметрическая съемка объекта (рис. 4, 5) и координирование опорных точек. Координирование выполняется электронным тахеометром. На каждую стереопару должно приходиться минимум 4 опорные точки.

Рисунок 4. Левый снимок стереопары

Рисунок 5. Правый снимок стереопары

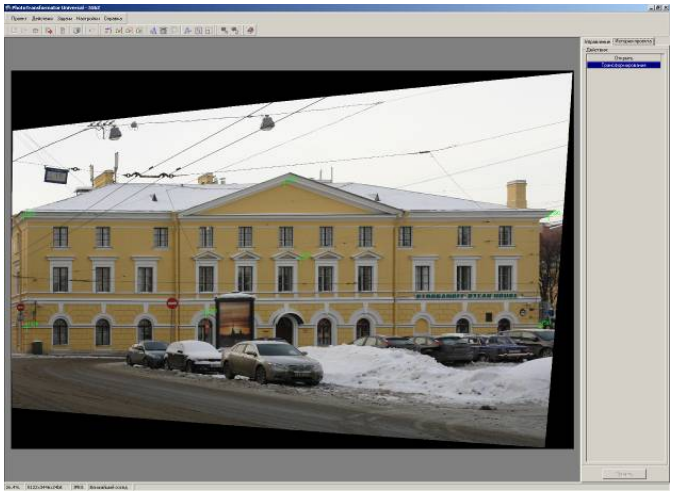


Рисунок 5. Левый трансформированный снимок стереопары

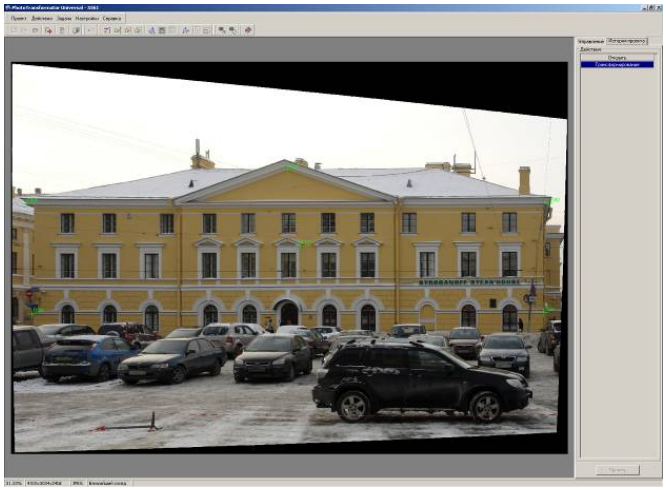


Рисунок 6. Правый трансформированный снимок стереопары

На втором этапе, прежде всего, выполняется обработка результатов координатной привязки в приложении Coordinate Transformer. Эта программа предназначена для обработки данных тахеометрической съемки архитектурных объектов и, в частности, позволяет объединять результаты измерений, выполненных с разных станций, ориентировать систему координат необходимым образом (обычно ось абсцисс должна идти

параллельно фасаду) и решать ряд других задач. На следующем этапе выполняется исправление снимков за дисторсию, после чего, используя опорные точки, в программе PhotoTransformator производится их строгое аналитическое трансформирование на плоскость фасада (рис. 5, 6).

Эти снимки по метрическим свойствам отличаются от ортогональной проекции только тем, что масштаб изображения не одинаков для разных плоскостей фасада.

Для реализации третьего этапа – построения чертежей, – используется интегрируемый в систему AutoCAD модуль StereoTracer. Модуль позволяет открывать проекты программы PhotoTransformator, содержащие трансформированные снимки, а также элементы их ориентирования непосредственно в системе AutoCAD и выполнять там стереофотограмметрические измерения (рис. 7). Обычно работа ведется следующим образом: необходимо выбрать текущую плоскость и указать для нее несколько соответственных точек на левом и правом снимках. Программа вычислит их пространственные координаты, и, если контрольные невязки будут в допуске, – произведет масштабирование и привязку изображений. После этого все элементы, принадлежащие текущей плоскости, могут быть векторизованы (рис. 8). Завершив составление чертежа для данной плоскости, переходим к следующей, и так далее. Таким образом, составляется чертеж всего фасада (рис. 9).

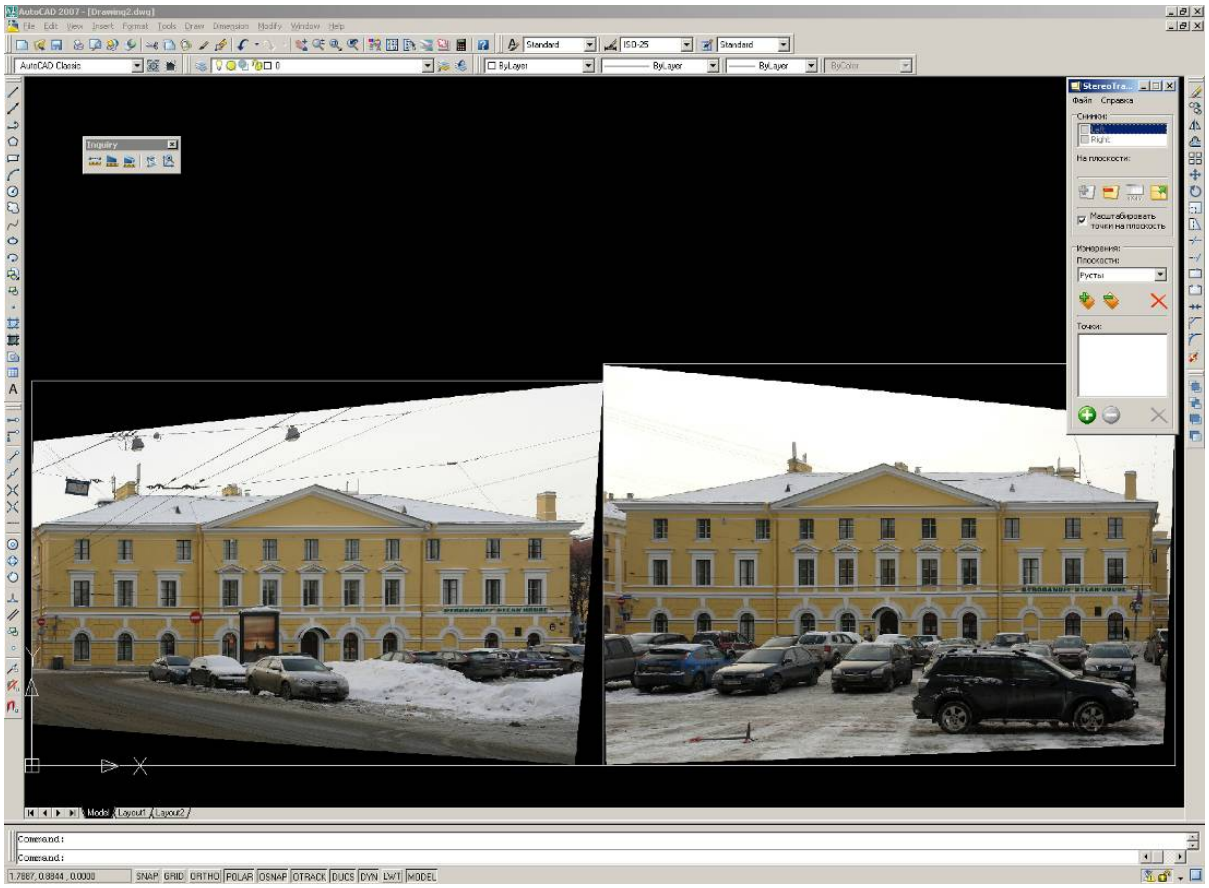


Рисунок 7. Пара трансформированных снимков, открытая модулем StereoTracer в системе AutoCAD

Подобным образом, вместо чертежа в системе AutoCAD может быть построена трехмерная модель. При этом меняются настройки модуля StereoTracer.

Очевидным достоинством представленной технологии является то, что в ней в полной мере используются метрические свойства трансформированных снимков, а сам процесс обмера сведен к минимуму и, фактически, совмещен с процессом составления чертежа или модели. Благодаря этому, по эффективности при обмерах фасадов, данная технология конкурирует с лазерным сканированием и в разы превосходит метод тахеометрической съемки.

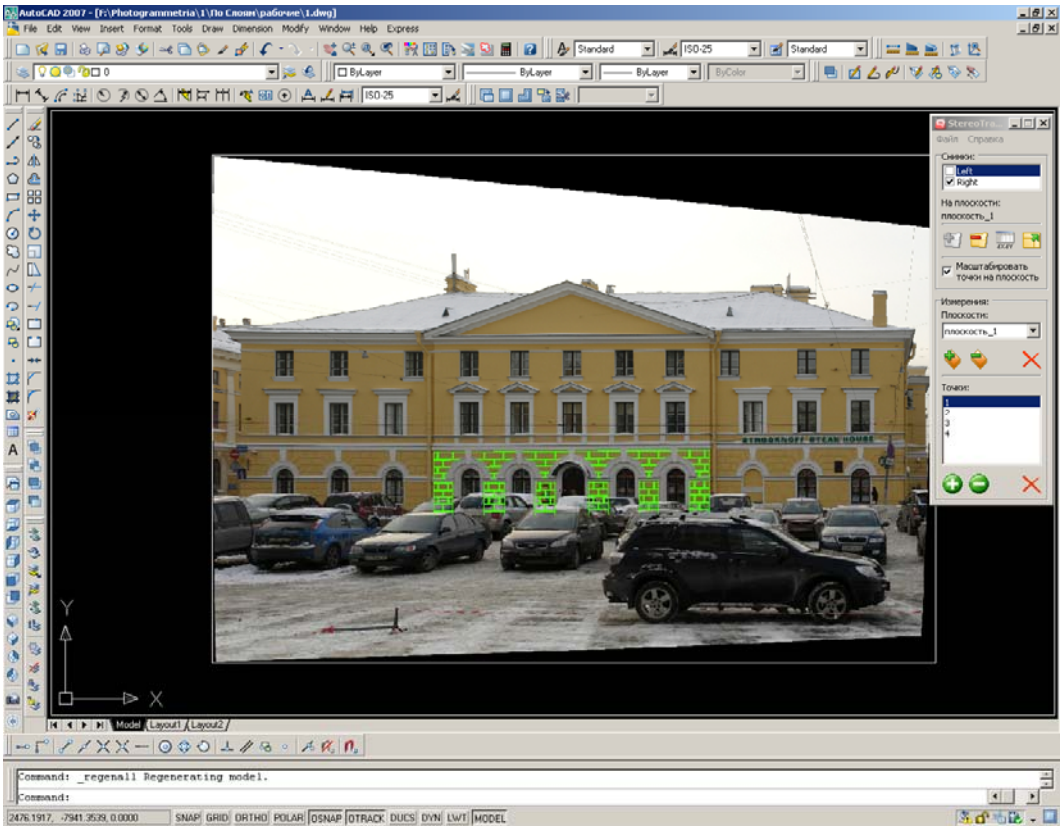


Рисунок 8. Векторизация рустов в центральной части фасада по правому снимку стереопары

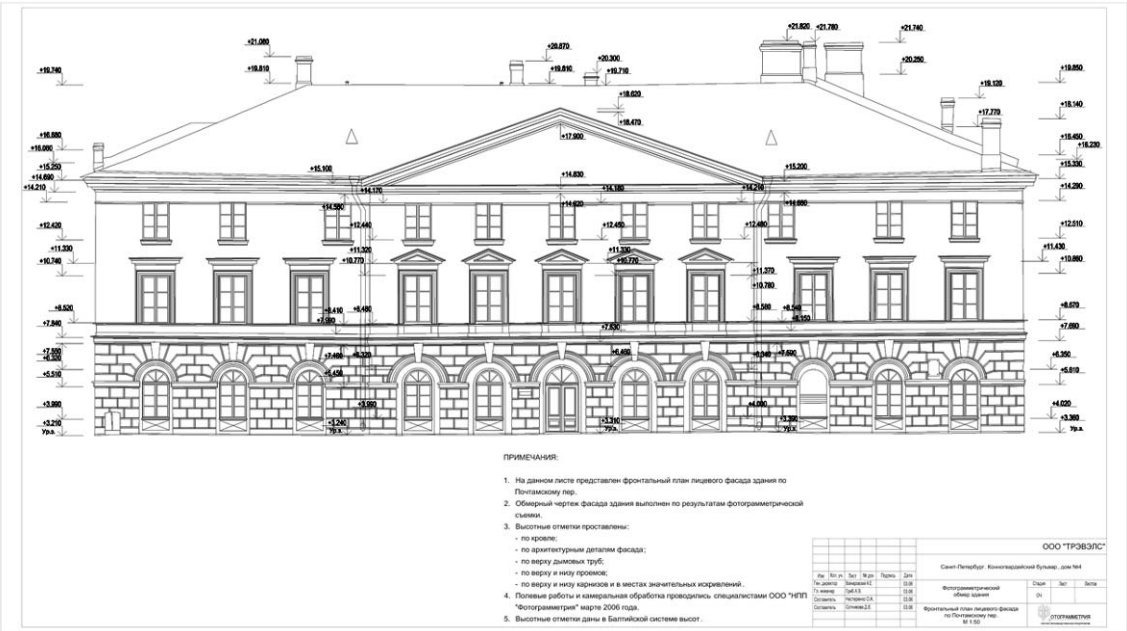


Рисунок 9. Готовый чертеж

Литература

1. Лобанов А.Н. Фотограмметрия: Учебник для вузов. – М. : Недра, 1984. – 552 с.
2. Назаров А.С. Фотограмметрия: Учебное пособие для студентов вузов. – М. : ТетраСистемс, 2006. – 368 с.

Александр Евгеньевич Войнаровский, Санкт-Петербург
Тел. моб.: +7(921)992-26-85; эл. почта: aw@photogrammetria.ru

Специфика обследования состояния железобетонных конструкций в условиях агрессивного воздействия воды

К.т.н., доцент С.Н. Ветров*;
инженер С.В. Яковлев,
ЗАО «Управление специальных строительных работ»

Среди различных факторов, негативно влияющих на прочность и долговечность железобетонных конструкций, особенное место занимает, несомненно, вода. Воздействие воды – атмосферной, грунтовой, техногенной – настолько многогранно и всеобъемлюще, что делает настоятельно необходимым обратиться к этой проблеме, тем более что при обследовании специалисты практически всегда сталкиваются с ней.

В качестве примеров, на которых явно видна негативная роль воды в образовании дефектов и повреждений строительных конструкций, следует привести два. Первый из них касается ответственного подземного сооружения – тоннеля – в условиях воздействия грунтовых вод, а второй – конструкции перекрытия промышленного здания под воздействием техногенной воды.

Нефтепроводный тоннель на юге России, сооружён в 1965-1967 гг.

Длина тоннеля 3300м.

Диаметр внутренний 5,3м.

Глубина заложения – более 300м.

Разность отметок порталов – 70м.

Материал обделки:

- на участках порталов – чугунные тюбинги производства различных ленинградских заводов;
- остальная часть – сборные железобетонные блоки;
- камера сбойки – чугунные тюбинги.

Со стороны северного портала проходка велась щитом, со стороны южного портала – буровзрывным методом.

Внутренность тоннеля на высоту более половины заполнена песчано-гравийной смесью, в которой проложены продуктопроводы различного диаметра. По поверхности засыпки проложены два продуктопровода большого диаметра.

В течение всего периода эксплуатации внутри тоннеля поддерживается относительно однородный температурно-влажностный режим. Вентиляция действует постоянно в принудительном режиме.

Среди различных факторов, негативно влияющих на эксплуатационные свойства материала обделки, выявленных за период наблюдения, мы выделим только один, наиболее ярко проявившийся, каковым является грунтовая вода.

Интенсивность действия этого фактора чётко проявляется по участкам тоннеля:

- участок, прилегающий к северному порталу, имеющий длину около 1000 метров.
- участок, прилегающий к южному порталу, длиной 600…700 метров.
- средний участок тоннеля.

Первый участок характеризуется относительно сильным проявлением воздействия воды на строительные конструкции.

Второй участок – зона относительно более слабых проявлений воздействия воды.

Третий участок – зона относительно слабых проявлений воздействия воды.

Внешним и наиболее массовым признаком проникновения грунтовой воды сквозь обделку тоннеля служат многочисленные сталактиты. Местами их основной дислокации стали стыки между блоками на доступной визуальному наблюдению поверхности обделки (рис. 1, 2).

Наиболее интересным в процессе образования сталактитов следует считать факт необычайно быстрого их роста. От момента зарождения до размеров 50…500 мм проходит немногим более года. Подобный факт можно объяснить уникальными условиями микроклимата в тоннеле.

Рисунок 1. Образование сталактитов на внутренней стороне обделки тоннеля

Рисунок 2. Размер сталактита достигает 500мм

Перечень мероприятий по наблюдению за состоянием обделки тоннеля.

1. Периодический визуальный контроль состояния поверхности обделки тоннеля.
2. Контроль состояния маяков, установленных по всей длине тоннеля.
3. Фотофиксация выявленных дефектов и текущих разрушений.
4. Лабораторный анализ проб грунтовых вод, проникающих сквозь обделку, и проб бетона обделки, отобранных на местах выявленных разрушений.
5. Анализ полученных результатов.

Просачивание воды через стыки между блоками обделки – наиболее частый случай. Оценочно около 90% случаев. В остальных случаях вода проникает через другие «слабые» места. Согласно данным лабораторного анализа, вода пресная. Эта вода, проходя через толщу бетона, растворяет составляющие материала бетона. Таким образом, происходит коррозия бетона по первому виду, описанному теорией, разработанной проф. В.М. Москвиным.

Рисунок 3. Свободное проникновение воды сквозь обделку тоннеля

Пресные воды, соприкасаясь с цементным камнем, вымывают выделяющуюся при твердении портландцемента известь $Ca(OH)_2$, которая больше растворяется в воде по сравнению с другими продуктами гидратации. Удаляющаяся из цементного камня гидроокись кальция разлагает другие гидраты, вследствие чего бетоны становятся более пористыми и постепенно разрушаются. Особенно быстро эти процессы протекают при фильтрации воды сквозь толщу бетона. В доказательство можно привести факты образования сквозных канальцев (рис. 3) с вытекающими из них струями воды.

При просачивании воды выносимые ею из бетона растворённые вещества выпадают из раствора и кристаллизуются в виде многочисленных сталактитов.

Необычно быстрый рост сталактитов объясняется действием специфических условий, создающихся в атмосфере тоннеля. В нём поддерживается относительно постоянная температура и непрерывный ток воздушного потока, создаваемый вентиляционными установками. В такой среде скорость роста сталактитов повышается многократно по сравнению с классической, описанной в научной литературе.

Длина сталактитов за короткий период времени (по экспертным опросам – год и менее) вырастает от 25–30 мм до 100–250 мм, а в отдельных местах – до 500 мм.

Процесс фильтрации воды сквозь обделку происходит непрерывно и сам себя инициирует по следующей схеме:

- испарение влаги со свободной поверхности обделки тоннеля способствует капиллярному подсосу воды, так называемой *миграции* в сторону свободной поверхности;
- при прохождении воды через толщу бетона происходит трение её о внутренние поверхности капилляров и, как следствие, накопление статического электричества;
- испаряющаяся влага оставляет на поверхности бетона свой статический разряд;
- разряд накапливается и между слоями бетона возникает электрическое поле малой напряжённости;
- под действием поля нарастает процесс миграции воды.

В связи с проникновением грунтовых вод через обделку тоннеля развился и продолжает нарастать процесс коррозии арматуры обделки, зримым результатом которого стало разрушение (откол) защитного слоя бетона.

В процессе фильтрации сквозь толщу обделки тоннеля вода, вступая в химическую реакцию с арматурой в присутствии кислорода, образует соединение

$$4Fe+2H_2O+3O_2=4FeO(OH),$$

т.е. ржавчину. Кроме того, железо вступает в химические реакции с иными соединениями, растворёнными в воде. Все эти вещества обладают объёмом, превышающим объём исходных материалов. Это приводит к нарастанию внутреннего давления в теле бетона и, как результат, к разрушению (отколу) защитного слоя бетона (рис. 4, 5).

Рисунок 4. Откол защитного слоя бетона обделки в результате коррозии арматуры

Рисунок 5. Откол защитного слоя бетона обделки в результате коррозии арматуры

Обнажившаяся масса коррозировавшего металла имеет достаточно рыхлую структуру. Через неё к поверхности арматуры поступает кислород воздуха, являющийся сильнейшим окислителем, и влага, содержащаяся в воздухе и мигрирующая по порам и трещинам бетона обделки. В результате процесс коррозии металла ускоряется.

Судя по нашим наблюдениям, процесс разрушения защитного слоя бетона обделки набирает скорость.

Здание постройки конца XIX века на Старопетергофском проспекте, Санкт-Петербург

Воздействие воды на строительные конструкции может иметь и несколько необычные формы. Так, обследование здания постройки конца XIX века на Старопетергофском проспекте выявило картину разрушения покрытия пола, связанную с многолетним воздействием медленно проникающей воды на материал засыпки основания пола, состоящего из «извести и гари» (терминология исходного архивного документа).

Перекрытие пролётом около 6м в виде бетонных сводов по стальным балкам. Покрытие пола – мозаичное, монолитное. Некоторое время назад сотрудники предприятия обратили внимание на сильное вздутие полов в нескольких местах цеха.

Выяснилось, что вода, вследствие длительного протекания технологических трубопроводов, проникла в массу засыпки, вступила с ней в вялотекущую реакцию гашения извести.

В результате помола исходного сырья получается негашеная молотая известь, содержащая значительное количество медленно гасящихся частиц (пережог). Такая известь в смеси с гарью (зола, остатки недогоревшего твёрдого топлива и пр.) и была применена в засыпке под полы.

При взаимодействии с водой происходит гашение извести по реакции

$$CaO+H_2O=Ca(OH_2)=15,5\ ккал.$$

Содержащийся в смеси пережог гасится очень медленно. При этом его объём в общей массе увеличивается, происходит его вспучивание, растрескивание. Выделение значительного количества тепла при гашении извести приводит к образованию водяного пара. Находясь в замкнутом пространстве, ограниченном сверху плотной плитой покрытия пола, снизу – конструкцией бетонного свода, а с боков – металлическими балками, увеличившаяся в объёме масса выравнивающей засыпки выдавливается к самому слабому месту – замку свода перекрытия и разрушает его, что проявляется в видимом «вспучивании» поверхности пола (50…60мм) и образовании трещин, расположенных вдоль балок. Кроме того, горизонтальная составляющего усилий приводит к разрушению самого свода с образованием выраженных трещин в верхней части и со смещением сторон образовавшейся трещины относительно друг друга (рис. 1).

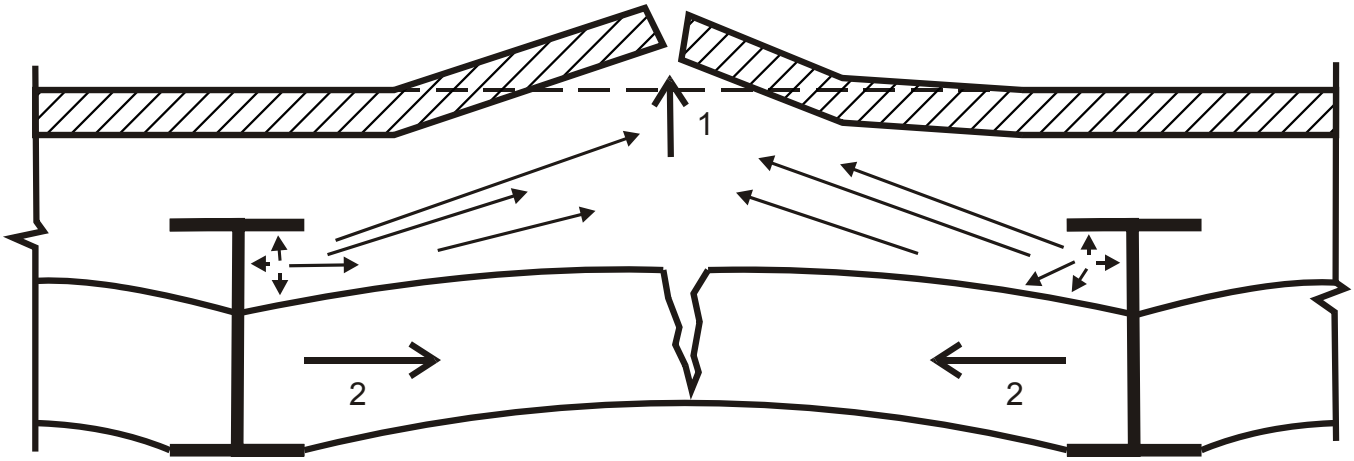


Рисунок 6. Механизм разрушения конструкции пола и бетонных сводов

Усилия, возникающие вследствие увеличения объёма засыпки при гашении извести во взаимодействии с водой.
Результирующие горизонтальные усилия, разрушающие бетонный свод.
Результирующее вертикальное усилие, разрушающее покрытие пола

Недооценка воздействия воды на бетонные и железобетонные конструкции может привести к тяжёлым последствиям, тем более, что часто проявления такого воздействия могут маскироваться иными влияниями и не всегда распознаются при обследовании.

Литература

1. СП 13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений.
2. Гроздов В.Т. Признаки аварийного состояния несущих конструкций зданий и сооружений / ООФ «Центр качества строительства». – СПб., 2007. – 42 с.
3. Воробьёв В.А. Строительные материалы. Изд.5-е, переработ. – М. : «Высшая школа», 1973. – 475 с.

** Сергей Николаевич Ветров, Санкт-Петербург*
Тел. раб.: +7(812)495-31-57; эл. почта: svet-52@mail.ru

Проблемы обследования строительных конструкций, имеющих признаки биоповреждения

Генеральный директор С.А. Старцев*,
ООО «Биоспейс-Строй»

Биоповреждения строительных конструкций сопутствуют зданиям и сооружениям с момента возникновения строительной отрасли. В промышленно развитых и в большинстве развивающихся странах к этой проблеме относятся очень серьёзно. Наличие плесневых налётов на стенах зданий, произрастание самосевных трав и деревьев на фасадах зданий в большинстве стран считается недопустимым. Особо серьёзное внимание уделяется плесневым грибам, поскольку многие из них представляют опасность не только для строительных конструкций, но и для здоровья людей. В Европе продать объект недвижимости с признаками биопоражения плесневыми грибами практически невозможно.

К сожалению, в нашей стране проблеме биоповреждения строительных конструкций зданий и сооружений до сих пор не уделяется должного внимания. Эта проблема только вскользь упоминается в учебниках по строительству. В нормативной литературе (СНиП 2.03.11-85 «Защита строительных конструкций от коррозии») воздействие грибов на бетон (W4) относят к слабоагрессивному воздействию, а для бетонов W6 и W8 вообще не рассматривают (табл.8(к)). Степень воздействия тионовых бактерий на бетон оценивают как «от слабоагрессивной до сильноагрессивной в зависимости от концентрации сероводорода по таблице 2 и приложению 1». Применительно к деревянным конструкциям в этом же документе указывается: «Агрессивное воздействие на деревянные конструкции оказывают биологические агенты – дереворазрушающие грибы и др., вызывая биологическую коррозию древесины». Этими несколькими фразами, до недавнего времени, практически исчерпывались упоминания об опасности биоповреждений строительных конструкций в нормативной строительной литературе. Однако проблема предупреждения, защиты и ликвидации последствий биопоражения строительных конструкций намного шире и сложнее. На схеме (рис. 1) перечислены организмы, которые могут оказывать негативное воздействие на строительные материалы и конструкции.

Рисунок 1. Биодеструкторы строительных материалов.

Красным цветом выделены биодеструкторы, которые наиболее часто встречаются в зданиях и сооружениях. Оранжевым цветом выделены биодеструкторы, которые встречаются реже, при наличии специфических условий. Зелёным цветом выделены биодеструкторы, которые встречаются на фасадах зданий. Голубым цветом выделены биодеструкторы, которые в данной статье не рассматриваются

Химическое воздействие на строительные материалы оказывают, главным образом, микроорганизмы: бактерии, микромицеты (в основном плесневые и домовые грибы), микроводоросли, лишайники. В процессе своей жизнедеятельности микроорганизмы продуцируют ферменты, кетоны, спирты и такие агрессивные метаболиты, как кислоты – органические (щавелевая, гликолевая, янтарная, уксусная и др.) и неорганические (азотная, серная, и др.), а также аммиак, сероводород, метан, углекислый газ. Продукты их жизнедеятельности могут играть роль мощных катализаторов разрушающих материал химических процессов, ускоряя химические реакции в несколько раз. Некоторые микроорганизмы, например тионовые бактерии, могут увеличить скорость реакции в сотни тысяч, и даже в миллионы раз. Под воздействием метаболитов биодеструкторов разрушаются бетоны (рис. 2), природный камень (рис. 3), отделочные материалы (рис. 4). Многие виды микроорганизмов способны сорбировать влагу из воздуха, выделять воду в качестве метаболита, что ведет к избыточному увлажнению строительного материала, растворению загрязнителей, и развитию других микроорганизмов.

Рисунок 2. Разрушение оголовка железобетонной колонны в результате жизнедеятельности микроорганизмов

Рисунок 3. Биоповреждение природного камня

Как правило, в разрушении строительных материалов принимают участие сообщества микроорганизмов. Причем, одни виды могут разрушать защитный слой, а другие – основной материал конструкции. В сообщества могут входить микроорганизмы, которые не принимают непосредственное участие в разрушении строительных материалов, но играют важную роль в жизнедеятельности сообщества и способствуют накоплению общей биомассы.

Рост биомассы сообществ микроорганизмов, поселившихся в трещинах и микротрещинах строительных конструкций, оказывает расклинивающее воздействие на строительные материалы. Это приводит к отслаиванию и шелушению отделочных материалов (рис. 5) и механическому повреждению конструкций (рис. 6).

Некоторые микроорганизмы принимают активное участие в разрушении металлических конструкций (рис. 7). Одни, например железобактерии, используют в своём жизненном цикле продукты коррозии металла, другие, например тионовые бактерии и ряд грибов, разрушают коррозионный слой своими метаболитами (органическими и неорганическими кислотами).

Самосевные травы и деревья способны разрушить кирпичную и каменную кладку своими корнями (рис. 8, 9). Для ликвидации последствий этого вида биоповреждения необходимо полностью удалить корневую систему самосевов из кладки.

Для деревянных конструкций наибольшую опасность представляют домовые грибы (рис. 10) и дереворазрушающие жуки (рис. 11).

Рисунок 4. Биоповреждение красочного слоя

Они способны полностью разрушить любую деревянную конструкцию. Некоторые плесневые грибы используют лигнин в своём жизненном цикле, но они менее опасны для древесины, чем домовые грибы. Но следует иметь в виду, что плесневые грибы, поселившись на деревянной конструкции, способствуют её увлажнению и поверхностному повреждению, что, в свою очередь, способствует дальнейшему заселению деревянной конструкции домовыми грибами и жучками.

Рисунок 5. Отслаивания краски из-за развития микроорганизмов

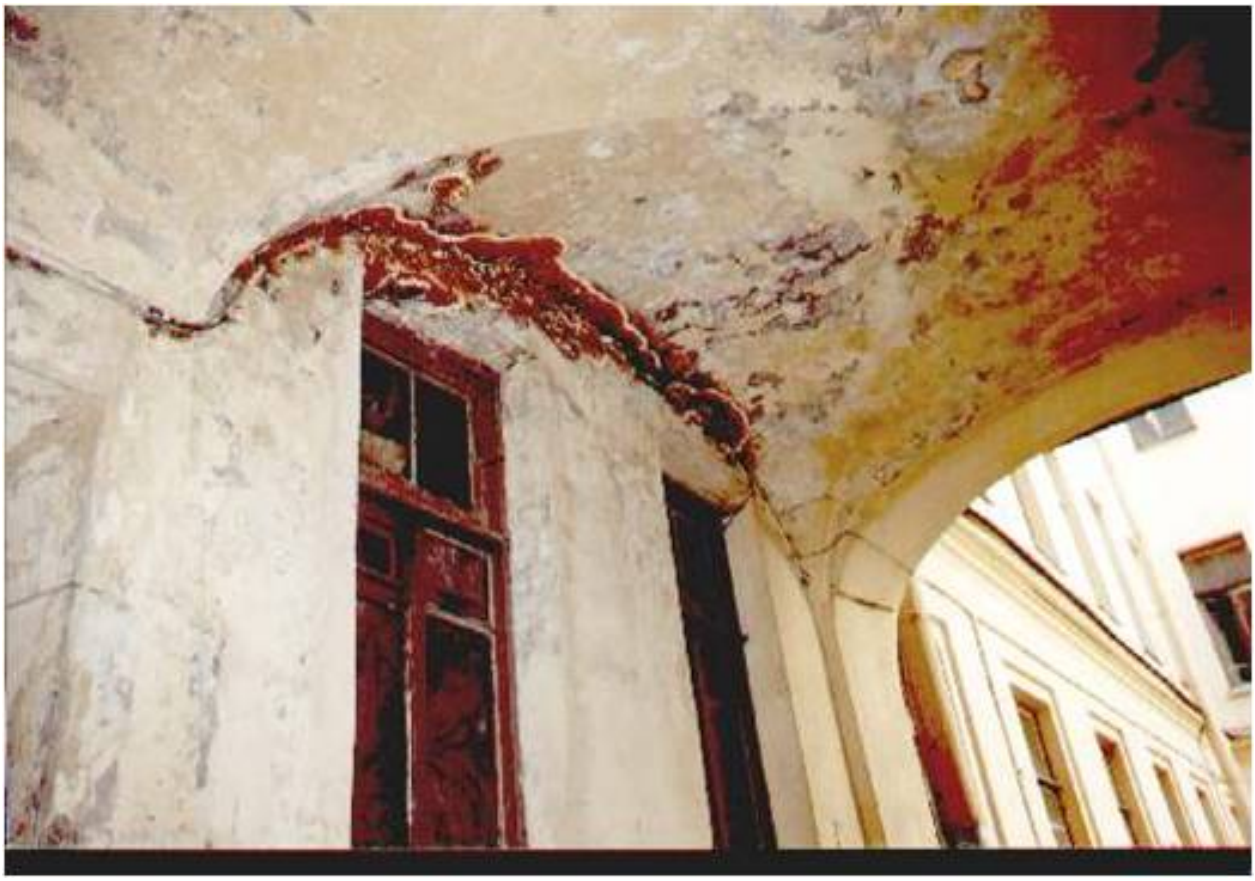


Рисунок 6. Биоповреждение кирпичной арки домовым грибом

Рисунок 7. Биоповреждение стальной балки

Рисунок 8. Самосевные травы

Рисунок 9. Разрушение кирпичной кладки корнями самосевного дерева

Рисунок 10. Разрушение деревянных конструкций домовыми грибами

Рисунок 11. Разрушение деревянных конструкций жуками

Из выше перечисленных фактов следует, что процессам биоповреждения строительных материалов и конструкций в строительной нормативной литературе было уделено недостаточное внимание. В значительной степени этот пробел был устранён принятыми в Санкт-Петербурге Региональными временными строительными нормами РВСН 20-01- 2006 (ТСН 20-303-2006, Санкт-Петербург) «Защита строительных конструкций зданий и сооружений от агрессивных химических и биологических воздействий окружающей среды». В них, в частности, говорится: «Настоящие региональные временные строительные нормы должны соблюдаться при проектировании, строительстве, реконструкции и капитальном ремонте жилых, общественных и производственных зданий и сооружений. В задание на проектирование строительства, реконструкции и капитального ремонта жилых, общественных, и производственных зданий следует включать требований настоящего документа». Таким образом, по крайней мере в Санкт-Петербурге, предписано проводить микробиологическое обследование зданий, подлежащих ремонту, реконструкции или реставрации.

Методики микробиологического обследования зданий, исследования проб повреждённых материалов и формы отчётных документов даны в Приложении В РВСН 20-01-2006. В том же документе в Таблице 7.1 даны критерии оценки степени биоповреждения. При проведении микробиологического обследования зданий и сооружений необходимо не только отобрать пробы, оценить видовой и количественный состав микробиодеструкторов, но и определить причину биоповреждения строительной конструкции (Таблица В1, там же). Накопленный опыт проведения такого вида работ свидетельствует о том, что микробиологическое обследование зданий и сооружений должны проводить микробиологи и специалисты в области обследования зданий и сооружений совместно. В противном случае практическая ценность полученной информации будет сведена к минимуму. Понимание причин и механизмов биоповреждения строительных конструкций позволит дать разумные рекомендации по ликвидации последствий биопоражения и по предупреждению этого негативного явления в будущем.

Литература

1. Антонов В.Б. (коллективная монография). Биоповреждение больничных зданий и их влияние на здоровье человека. / В.Б. Антонов, Н.А. Беляков, Н.В. Васильева, Н.П. Елинов, С.А. Старцев, О.Г. Хурцилава, А.П. Щербо / Под ред. А.П.Щербо, В.Б. Антонова. – СПб. : Изд-во СПбМАПО, 2008. – 232 с..
2. Власов Д.Ю. Микодеструкция строительных и отделочных материалов внутри помещений / Д.Ю. Власов, Ю.И. Рябушева, Е.В. Сафронова, С.А. Старцев, В.А. Крыленков // Проблемы медицинской микологии. – 2006. – Т.8, №2. – С. 26.
3. Старцев С.А. Проблемы биоповреждения памятников истории и архитектуры // Региональный семинар «Сохранение культурного наследия России. Стратегии. Технологии. Подготовка кадров в области охраны культурного наследия». – 2005. – Т. 1. – С. 20.

**Сергей Александрович Старцев, Санкт-Петербург*
Тел. моб.: 999-13-50; эл. почта sergey_startsev@mail.ru

Мониторинг микроклимата – основа создания эффективных систем и здания с минимальным энергопотреблением

Д.т.н., проф. А.Г. Сотников*,
НП «АВОК Северо-Запад»

Мониторинг микроклимата общественных и промышленных зданий – не только основной, но и единственный способ определения фактических нагрузок, обычно далеких от расчетных величин, и параметров воздушной среды. При проектировании новых зданий он неприемлем, кроме объектов-аналогов, зато для действующих или реконструируемых сооружений, оснащаемых системами микроклимата, очень эффективен. Метод тепло-, влаго-, паро- и газовоздушных балансов мало известен проектировщикам и поэтому пока еще мало востребован. Однако та информация, которая может быть получена, является объективной характеристикой параметров и нагрузок и является основой проектирования самодостаточных в энергетическом отношении зданий. Этой статьей и большой главой из подготовленной книги[1] автор хотел ознакомить инженерную общественность с методикой использования мониторинга, поясненной характерными примерами, основанными на фактических замерах.

Главная современная мировая тенденция проектирования – разработка и создание самодостаточных в энергетическом отношении зданий при учете совместного действия внешних климатических факторов (температуры наружного воздуха, его влажности, солнечной радиации, облачности, естественной освещенности, ветра и др.). Это достигается архитектурно-планировочными решениями здания (его формой, ориентацией по сторонам света, площадью светопроемов, термическим сопротивлением и влагопроницаемостью наружных ограждений) и их способностью самостоятельно поддерживать параметры воздуха (t_B, φ_B), газовый и озоно-ионный состав воздуха (содержание частиц аэрозолей, концентрацию CO_2 и др.), уровень шума при минимальном «вмешательстве» традиционных инженерных систем отопления, вентиляции, кондиционирования и ионизации.

Самодостаточный в энергетическом отношении объект – жилое, общественное, производственное помещение или здание с относительно небольшими удельными теплоизбытками q_F=20–40 *Вт/м*^{2} можно представить графиком годовых режимов работы (рис. 1 *а,б*) с поддержанием температуры на разном уровне, включая нерабочее время. Весь годовой цикл работы вентиляционных систем такого объекта состоит из трех периодов:

- холодный (режим I), когда без использования теплоты даже при наличии утилизаторов не удается поддержать температуру воздуха не ниже $t_{B.min}$, а в нерабочее время – $t_{B.нераб}$; (обычно этот режим в умеренном климате продолжается 5–10% годового времени);
- переходный (режим II), когда за счет естественных возможностей здания и воздействия климатологических факторов поддерживается температура воздуха в интервале $t_{B.min}$–$t_{B.max}$ без или с минимальным потреблением теплоты и холода, использованием утилизации и нетрадиционных источников теплоты (этот режим может продолжаться 80–85% годового времени);
- теплый (режим III), при наружной температуре выше значения в интервале $t_{пр}$–$t_{B.max}$, когда без применения холода в помещениях с теплоизбытками не обойтись (этот режим может продолжаться 5–10% годового времени). В холодном и теплом режиме года используют предлагаемую методику.

Еще один пример подобных разработок мы находим в статье [3], где описываются энергоэффективные решения СКВ офисного здания Kommerzbank в г. Франкфурт на Майне (Германия). Предложенные системы кондиционирования при низких наружных температурах от −5°С до 10°С используют теплоутилизацию и механическую вентиляцию, а при температурах 10–24°С – естественную вентиляцию для снятия теплоизбытков, а при более высоких температурах – водоохлаждающие машины для охлаждения наружного воздуха. По нашему мнению, однако, верхний предел наружной температуры 24°С явно завышен, этой границей должна быть температура 15–17°С, что позволит поддерживать в теплое время года температуру t_B=22–24°С. Можно привести и другие примеры энергоэффективных режимов функционирования СКВ и СВ различных зданий.

Аналогичные режимы для энергоэффективных животноводческих зданий описаны в статьях [1, 2]. Авторы, рассматривая совместно при разных наружных температурах теплопотери помещения $Q_{тп}$, явные и полные тепловыделения животных $Q_ж$, минимальный воздухообмен из условия подачи кислорода и удаления углекислого газа, возможности естественного воздухообмена $G_{еств}$, авторы выделяют четыре возможных режима обеспечения микроклимата в таком здании (рис. 1,*б*).

[1] автором статьи подготовлена книга «Проектирование и расчёт систем вентиляции и кондиционирования воздуха»

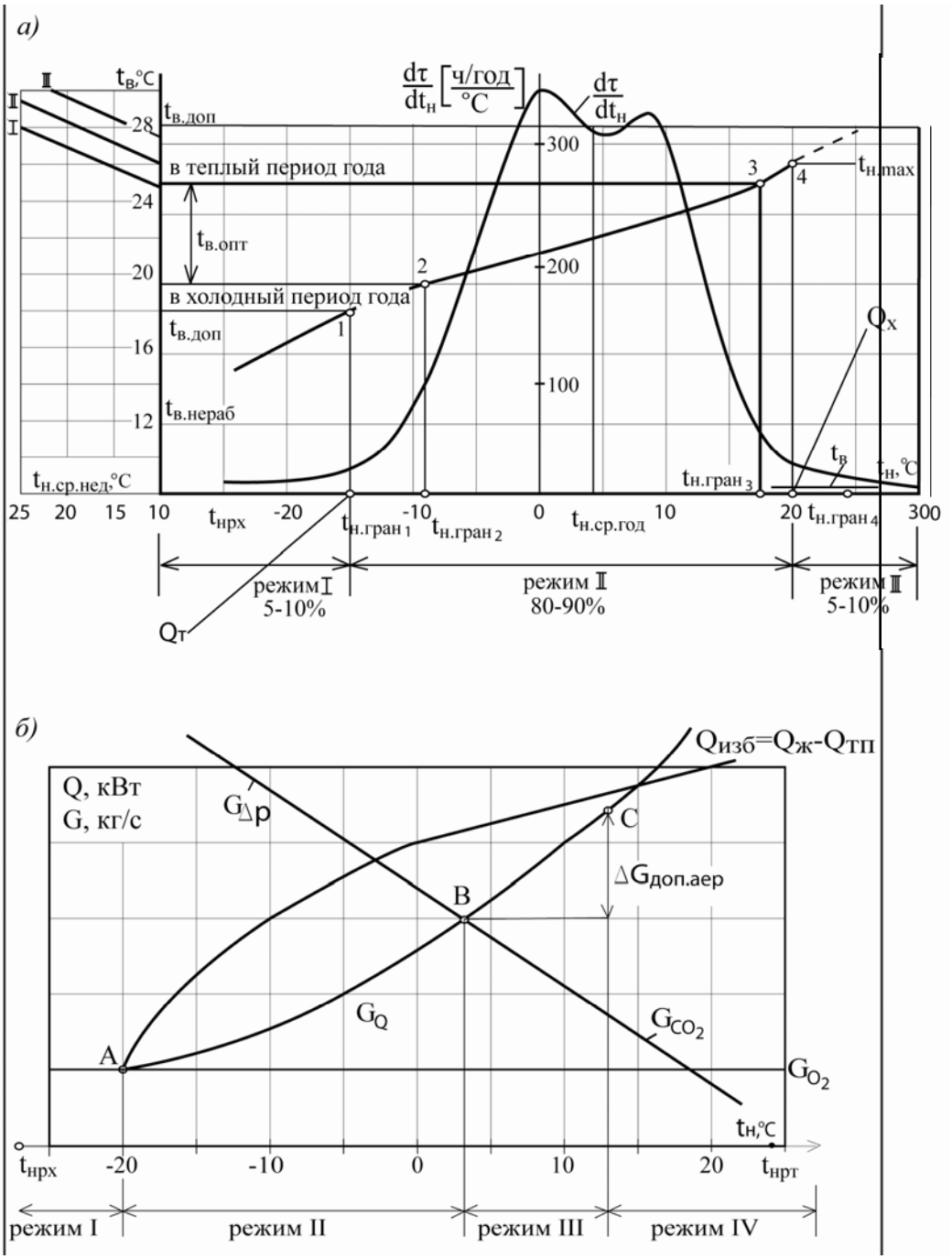


Рисунок 1, *а*. Условный график годовых режимов работы системы вентиляции (правый квадрант) при проектировании самодостаточного здания на основе комплекса энергосберегающих мероприятий, климатических воздействий и инерционных свойств объекта: режим I – холодный, режим II – переходный, режим III – теплый. Обозначения граничных точек: *1* – при поддержании в помещении минимально допустимой температуры $t_{B.доп.X}$; *2* – то же, при поддержании $t_{B.опт.X}$; *3* – то же, при поддержании $t_{B.опт.T}$; *4* – то же, при поддержании температуры в помещении в интервале между оптимальной и допустимой в теплый период года $t_B=t_{B.опт.T}\div t_{B.доп.T}$. Левый квадрант – зависимость расчетной температуры воздуха в помещении в теплый период года без кондиционирования от средней еженедельной температуры наружного воздуха по данным [7]: линия I – при проценте неудовлетвореных PPD=10%; линия II – при PPD=20%; линия III – при PPD=35%

Рисунок 1, *б*. График годовых режимов работы системы вентиляции энергоэффективного животноводческого здания по данным [2]. На графике указаны четыре возможных режима поддержания микроклимата: I – режим необходимого нагрева при $t_H<-22°C$; II – режим естественной вентиляции в интервале температур $t_H=-22\ldots3°C$; III – режим интенсивной вентиляции (аэрации) помещения в интервале температур $t_H=3\ldots13°C$; IV – режим искусственного охлаждения наружного воздуха при $t_H>13°C$

Большое внимание новым тенденциям проектирования, основанным на изучении фактических режимов объектов и допустимом изменении параметров воздушной среды, уделено в статье В.А. Бросалина, Е.А. Колмаковой и В.Д. Коркина [4]. Основой этой работы послужили обследования реконструируемых музейно-исторических зданий. Для лучшего понимания дальнейшего изложения мы приведем наиболее важные высказывания авторов:

«Для большинства реконструируемых зданий проектированию систем поддержания микроклимата должны предшествовать расчетно-теоретические и натурные исследования, объем и масштаб которых определяется многими причинами, но одной из них должна быть обязательно историческая и культурная ценность здания, его интерьеров и произведений искусства. В результате исследований <…> производят выбор принципиальных путей обеспечения требуемых параметров микроклимата **при условии максимального использования климатообразующих свойств самого сооружения**. При расчете воздухообменов сравнительно небольшие допустимые колебания температуры вряд ли позволят использовать теплоаккумулирующие свойства оборудования, материалов и конструкций, хотя формирование динамического режима температуры может привести к снижению количества воздуха в расчетный (как правило, дневной) период. Нам представляется, что величина Δt_B может быть увеличена в 2–3 раза при условии соблюдения допустимых колебаний φ_B».

Ниже будет показано, как фактически наблюдаемые временные ряды изменения наружных и внутренних параметров в помещении без воздухообмена характеризуют *естественную сопротивляемость* помещений и здания в целом изменению микроклимата при минимальном вмешательстве инженерных систем. В ряде объектов на протяжении больших интервалов времени наблюдают (замеряют) температуру и влажность внутреннего воздуха и, соответственно – наружного. Эти наблюдения могут проводиться в разные временные интервалы (отопительный период, теплый период, осенне-весенний период) в разных объектах (музейных, исторических, культовых, правительственных, гостиничных номерах для VIP-персон, архивах, фондах, складах и других ответственных с точки зрения требований к микроклимату помещения). Наиболее интересны случаи, когда из инженерных систем работает только отопление, а тепловлажностные параметры формируются стихийно под влиянием внешней среды и свойств ограждений. Известные данные такого типа, к сожалению, не подвергаются серьезному анализу, что позволило бы *оценить самодостаточность* данного объекта.

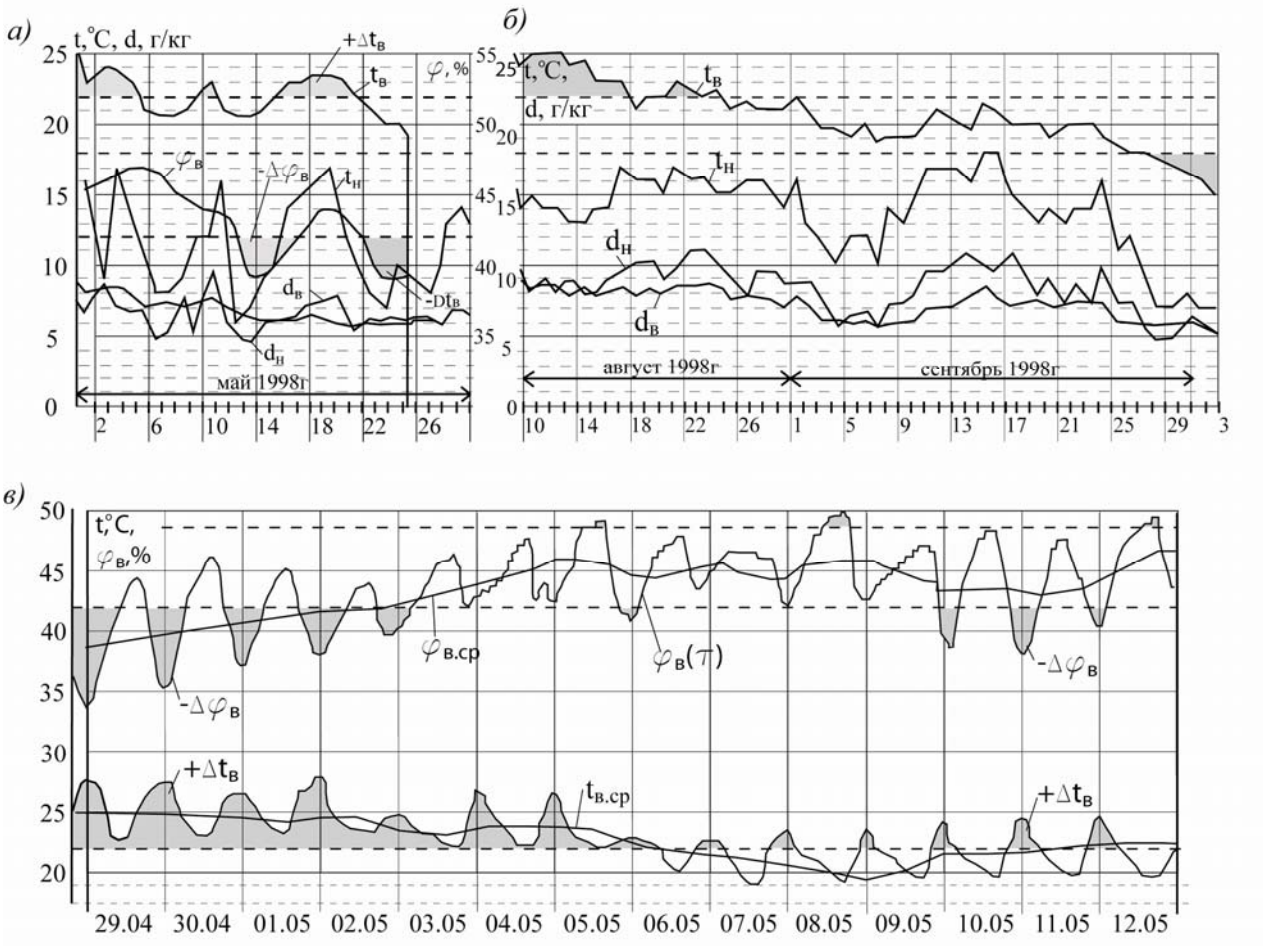
Приведем характерный пример обработки временных рядов совместного изменения параметров в музейных помещениях для разработки самодостаточных СКВ. В подобных объектах обычно производят регулярные измерения температурно-влажностных параметров для оценки их соответствия как требованиям здания, так и объектов экспозиции. Покажем, что результаты измеренных временных рядов $t_B(\tau)$, $\varphi_B(\tau)$, $d_B(\tau)$ совместно с соответствующими рядами измерений наружных параметров $t_H(\tau)$, $\varphi_H(\tau)$ можно использовать для предлагаемого нами подхода к проектированию. При этом можно избежать избыточных решений и соответствующих расходов холода на охлаждение или охлаждение-осушение воздуха, влаги на увлажнение воздуха, используя известную *самодостаточность* объекта, его тепло- и влагоустойчивость к возмущениям.

Эту особенность отмечала, например, известный специалист по микроклимату и проблеме сохранности музейно-исторических зданий Ш. Парк [6]:

«Во многих исторических зданиях с устаревшими системами обогрева и вентиляции или даже при их отсутствии сохраняется тепловой комфорт в условиях суточных и сезонных колебаний температуры и влажности наружного воздуха: сами здания и находящиеся в них музейные коллекции не понесли какого-либо ущерба».

Как положительный пример *самодостаточности* здания, в этой статье приводится график плавного годичного изменения температуры воздуха (от 16°С в январе до 23°С в июле) и соответствующий график годичного изменения относительной влажности воздуха (от 33% в январе до 50% в июле) в музее «Дом и студия Фрэнка Ллойда Райта», Оук Парк, Иллинойс, США, благоприятных для сохранности как здания, так и его экспозиции. Как допустимые указываются и более широкие годичные пределы t_B=7–27°С, φ_B=30–75% и одновременно отмечается недопустимость резких суточных перепадов. Например, в задании на проектирование систем микроклимата Государственного Русского Музея (ГРМ, С.-Петербург) суточные колебания параметров в залах ограничены по температуре 3°С, по влажности – 5%.

Из многочисленных материалов измерений параметров воздушной среды корпуса Бенуа ГРМ в течение 1998 г. при отсутствии СКВ нами отобраны наиболее характерные зависимости в зале 68 (рис. 2, *а,б,в*).



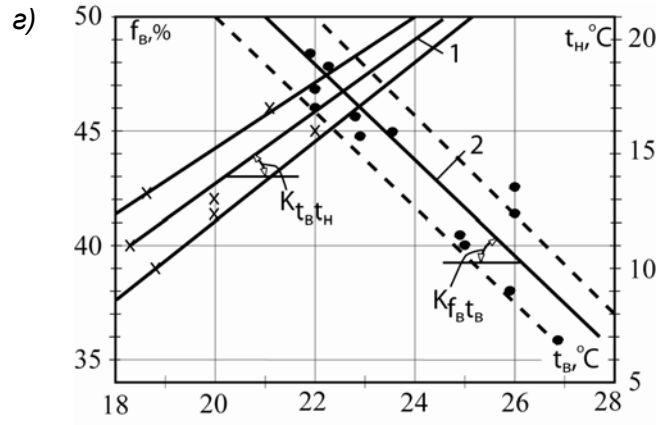


Рисунок 2. Характерные графики (временные ряды) изменения параметров воздуха в зале 68 корпуса Бенуа ГРМ без кондиционирования и подачи наружного воздуха в весенне-летний период 1998 г.:
***а* – май 1998 г.;**
***б* – август- сентябрь 1998 г.;**
***в* – более детальные данные в период 29.04 – 12.05.1998 г.;**
***г* – взаимосвязь экстремумов парных значений $t_B(t_H)$ (×) и $\varphi_B(t_B)$ (•)при коэффициентах передачи $k_{t_B t_H} = 0,50$ (*1*) и $k_{\varphi_B t_B} = -2\% \backslash °C$ (*2*), что соответствует $d_B \approx 8,5$ *г/кг* и коэффициентах корреляции не более 0,1**

При анализе временных рядов обнаружена положительная связь экстремальных значений в паре $t_B(\tau)$–$t_H(\tau)$ с коэффициентом передачи $k_{t_B t_H} = 0,50$ и отрицательная связь в паре $\varphi_B(\tau)$–$t_B(\tau)$ с коэффициентом передачи $k_{\varphi_B t_B} = -2\% \backslash °C$. Для дальнейшего анализа на рис. 2, *б, в* нанесены заданные параметры воздушной среды и их отклонения: $t_{B.опт}$=20±2°C и $\varphi_{B.опт}$=45±3%. Повышение или понижение фактически наблюдаемых параметров от заданных значений оттенены. Вполне очевидно, что при правильном управлении системой отопления в холодный период года можно ожидать в помещении пониженной влажности воздуха, а в летних, особенно *пиковых* условиях, – превышения температурой и влажностью воздуха максимально допустимых значений.

При наличии подобных экспериментальных данных и при учете естественной теплоустойчивости здания недостающее количество холода для поддержания температуры при полной рециркуляции и без использования наружного воздуха можно определить из выражения:

$$\Delta Q_{x.охл} = \left(t_{H.\max} - t_{H.0}\right) k_{t_B t_H} \left(q_{ок} + q_{огр} + q_B\right) = \left(t_{H.\max} - t_{H.0}\right) k_{t_B t_H} \left[k_{ок} F_{ок} + \alpha_{K.ср}\left(1 - \theta_{пов}\right) \Sigma F_{огр} + L_{рец} c_B \rho_B\right], \quad (1)$$

где $q_{ок}$, $q_{огр}$, q_B – удельный поток теплоты, поступающей к окну, к остальным ограждениям и воздуху в помещении, кВт/°С; $t_{H.\max}$ – максимальная (расчетная) температура наружного воздуха, учитываемая при проектировании, °С; $t_{H.0}$ – температура наружного воздуха, при которой соответствующая температура внутреннего воздуха без использования его охлаждения находится на верхнем пределе $t_{B.\max}=t_{B.ср}+\Delta t_B$. Аналогичное количество холода на осушение воздуха с целью снижения его влагосодержания на величину $\Delta d_B=d_{B.\max}-d_{B.доп}$ и, соответственно, снижения относительной влажности воздуха на $\Delta\varphi_B=\varphi_{B.\max}-\varphi_{B.доп}$ определяют по уравнению:

$$\Delta Q_{x.осуш} = L_{рец}\,\rho_B\left(d_{B.\max} - d_{B.доп}\right)i_{пара}\,, \qquad (2)$$

где $d_{B.\max}-d_{B.доп}$ – максимальная разность наблюдаемого и допустимого влагосодержания воздуха в помещении, $i_{пара}$=2500 кДж/кг=2,5 кДж/г – энтальпия пара. Поясним примером методику инженерного расчета требуемого расхода холода в существующем самодостаточном здании.

Пример 1. В экспозиционном зале существующего музея размерами l=50 м, b=20 м и h=4 м, объемом $V_{пом}$=4000 м^3, площадью всех ограждений, кроме остекления, $\sum F_{огр} = 2512 м^2$, площадью остекления $F_{ок}$=48 м^2, с коэффициентом теплопередачи остекления $k_{ок}$=2,3 Вт/(м^2·°С) при расходе рециркуляционного воздуха $L_{рец}$=16000 м^3/ч=4,46 м^3/с и среднем коэффициенте конвективного теплообмена на поверхностях $\alpha_{K.ср}$=3 Вт/(м^2·°С) в пиковых летних условиях в течение пяти часов (τ=5 ч), взаимосвязь внутренней и наружной температуры описывается коэффициентом передачи $k_{t_B t_H} = 0,50$ (рис. 2, г). Теплофизические константы материалов слоев ограждений, примыкающих к воздушной среде принять c_M=840 Дж/(кг·°С), ρ_M=1000 кг/м^3, λ_M=0,7 Вт/(м·^{0}С), теплофизический критерий М в момент τ=5 ч составляет: $M=Bi^2Fo=3^2\cdot5\cdot3600/(840\cdot1000\cdot0,7)=0,27$, чему по формуле $1-\theta_{пов}=0,43M^{-0,20}$ соответствует $1-\theta_{пов}\approx0,58$.

Определить расчетный расход холода в условиях пиковых летних отклонений наружной температуры $\Delta t_{H.max}=t_{H.max}-t_{H.0}$=30-23=7°С и при пиковых отклонениях влагосодержания воздуха в зале $\Delta d_{B.max}=d_{B.max}-d_{B.доп}$=13−10,5=2,5 г/кг в предположении учета теплоты, накопленной ограждениями и воздухом, и при условии, что система работает на полной рециркуляции.

Необходимый расход холода, используемый для охлаждения рециркуляционного воздуха и поддержания температуры на верхнем уровне, по формуле (1) составляет:

$$\Delta Q_{x.охл}=(30-23)\cdot0,50[2,3\cdot48\cdot10^{-3}+3\cdot0,58\cdot2512\cdot10^{-3}+4,46\cdot1\cdot1,2]\approx35\ кВт,$$

чему соответствует снижение температуры охлаждаемого рециркуляционного воздуха на $\Delta t_{рец}=\Delta Q_{x.охл}/(L_{рец}c_B\rho_B)$=35/(4,46·1·1,2)=6,5°С. Необходимый расход холода для осушения рециркуляционного воздуха и поддержания относительной влажности воздуха в помещении музея на верхнем уровне по формуле (2) равен: $\Delta Q_{осуш}$=4,46·1,2(13−10,5)2,5=33,5 *кВт*. В результате такого расчета общий расход холода на охлаждение и осушение рециркуляционного воздуха в пиковых летних условиях и при учете самодостаточности объекта составит: Q_x=35+33,5≈70 *кВт*. Тепловлажностное отношение процесса охлаждения–осушения рециркуляционного воздуха при пиковой холодильной нагрузке в воздухоохладителе равно: $\varepsilon_{B.O}=Q_x/G_{вл.осуш}$=−70/[4,46·1,2(10,5-13)10^{-3}]=15700 *кДж/кг*. Для достижения этого процесса достаточно холодной воды с температурами 5–10°С. Для подбора автономного кондиционера вычисляем отношение $\Delta i_{BO}=Q_x/L_{рец}\rho_B$=70/(4,46·1,2)=13 *кДж/кг*, что потребует выбора оборудования одного из производителей.

Выбор нагрузки системы охлаждения школьных классов по фактическим временным рядам. Предлагаемая ниже методика выбора системы охлаждения школьных классов разработана на основе использования опытных данных, опубликованных в книге Д. Крума и Б. Робертса [5], п. 1.5, о связи максимальных наблюдаемых температур воздуха в школьных классах без вентиляции $t_{B.\max}$ и соответствующих им максимальных температур наружного воздуха $t_{H.\max}$ (рис. 3).

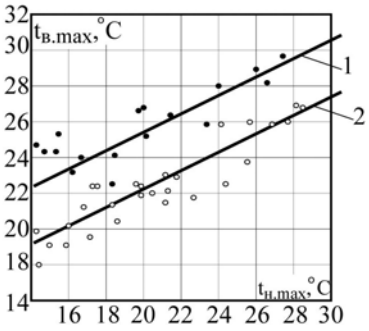


Рисунок 3. Опытные данные о связи максимальных наблюдаемых температур воздуха в школьных классах без вентиляции $t_{B.\max}$ и соответствующих им максимальных температур наружного воздуха $t_{H.\max}$. Обозначения: линия *1* – школьные классы с окнами, ориентированным на Ю-З и Ю-В; линия *2* – то же, ориентированными на С-З. При разной ориентации остекления по странам света усреднена зависимость максимумов исследованных температур в форме $\Delta t_{B.\max}/\Delta t_{H.\max}\approx0,5$.

Анализируя представленные на рис. 3 данные, обнаруживаем достаточно четкую взаимосвязь суточных максимумов этих температур. Разброс опытных точек относительно усредняющих прямых (линии 1 и 2), характеризующий корреляционную связь максимумов, можно считать небольшим. Не имея данных о помещениях классов, все же

используем эти зависимости для выбора удельного расхода холода, относя его к одному ученику, объему и площади ограждений, приходящихся на одного человека.

Пример 2. Вычислить удельный расход холода для СКВ в школьном классе, расходуемого на снижение температуры воздуха в помещении и на охлаждение подаваемого в объеме санитарной нормы наружного воздуха, используя данные рис. 3. Пусть удельная площадь пола на одного ученика составляет $F_{пл.уд}$=1,5 м^2/чел, высота помещения h=3 м, тогда удельный объем помещения $V_{пом.уд}$=4,5 м^3/чел. Принимаем соотношение сторон класса lh и bh, в этом случае определяющий размер помещения $l_{пом}=V_{пом}/\Sigma F_{огр}\approx h/2=1{,}5$ *м*, удельная площадь ограждений $F_{огр.уд}=V_{пом.уд}/l_{пом}=4{,}5/1{,}5=3$ *м^2/чел*, из которых на окна приходится $F_{ок.уд}=0{,}2$ *м^2/чел*, коэффициент теплопередачи окна $k_{ок}=2$ *Вт/(м^2·°С)*. Расчетную (оптимальную) температуру воздуха в помещении при использовании охлаждения воздуха в СКВ примем t_B=24°С, максимально наблюдаемую – без вентиляции класса (для линии 1 на рис. 3) примем $t_{B.max}$=30°С, что соответствует максимальной наружной температуре $t_{H.max}$=30°С. Удельный расход наружного воздуха на одного ученика примем $l_{H.уд}=30$ *м^3/(ч·чел)*. Теплофизические характеристики слоев ограждений (c_M, λ_M, ρ_M) примем теми же, что и в предыдущем примере, поэтому критерий $M=Bi^2Fo=0{,}055\ \tau$.

Определим удельный расход холода для момента времени τ=3 *ч* после начала занятий в школе при τ_0=9 *ч* на охлаждение воздуха помещения и ограждающих конструкций по формуле (1), записанной через удельные величины:

$$q_{x.уд}=Q_x/n_{чел}=\left(t_{B.\max}-t_B\right)\left[k_{ок}F_{ок.уд}+\alpha_{K.ср}\left(1-\theta_{пов}\right)\sum F_{огр.уд}+c_B\rho_Bk_p\left(1+1/\tau\right)/3600\right]=$$
$$=(30-24)[2\cdot 0{,}2+3\cdot 0{,}62\cdot(3-0{,}2)+1000\cdot 1{,}2\cdot 30(1+1/3)/(4{,}5\cdot 3600)]=50\ Вт/чел,$$

где коэффициент конвективного теплообмена принят $\alpha_{K.ср}$=3 *Вт/(м^2·°С)*, а комплекс $1-\theta_{пов}=0{,}43M^{-0{,}2}=0{,}43(0{,}055\cdot 3)^{-0{,}2}=0{,}62$. Дополнительно учтем холод на снижение температуры наружного воздуха до оптимальной температуры в помещении по формуле:

$$\Delta q_{x.уд}=\Delta Q_x/n_{чел}=L_{H.уд}c_B\rho_B\left(t_{H.\max}-t_B\right)=30\cdot 1000\cdot 1{,}2(30-24)/3600=50Вт/чел.$$

В итоге общий удельный расход холода на снижение температуры воздуха в помещении и охлаждение наружного воздуха без его осушения составит q_x=50+50=100 *Вт/чел* или, относя эту величину к площади пола, получаем $q_{x.F}=q_x/F_{пл.уд}=100/1{,}5=67$ *Вт/м^2*.

В заключение следует заметить, что такой метод расчета, основанный на фактических замерах температур в невентилируемом объекте, успешно конкурирует и заменяет традиционный расчет холодильной нагрузки на основе сложения всех составляющих теплопритоков и поэтому больше соответствует реально ожидаемой ситуации на объекте. По предложенной методике и данным из разных источников определены:

- фактические конвективные тепловыделения от людей и оргтехники;
- фактическая холодильная нагрузка жилого помещения;
- динамические характеристики разных помещений, как объектов поддержания температуры;
- обобщенные характеристики конвективного теплообмена на поверхностях помещения при разной кратности воздухообмена.

Литература

1. Андрианов В.Н., Быстрицкий Д.Н., Егиазаров А.Г., Оленев В.А., Павлов А.В. Режимы работы вентиляционных систем в коровниках при переменных параметрах наружного воздуха. //Водоснабжение и санитарная техника. – 1967. – № 2. – С. 6–9
2. Бодров В.И., Мовчанюк О.В. Энергоэффективность животноводческих зданий с естественной вентиляцией // С.О.К. – 2006. – №11. – С. 86–87.
3. Бродач М.М., Шилкин Н.В. Высотные здания // АВОК. – 2004. – №1. – С. 8–18.
4. Бросалин В.А., Колмакова Е.А., Коркин В.Д. Особенности проектирования систем кондиционирования воздуха в реконструируемых общественных зданиях // Сборник докладов II съезда АВОК. – 1992. – Т. II. – С. 62 – 66.
5. Крум Д., Робертс Б. Кондиционирование воздуха и вентиляция зданий / Пер. с англ. Под ред. Карписа Е.Е. – М. : Стройиздат. – 1980. – 399 с.
6. Парк Ш. Система микроклимата для исторических зданий // АВОК. – 2000. – №1. – С. 22–33.
7. Olesen B.W. Показатели микроклимата помещений для проектирования зданий и расчета их энергетической эффективности. EN15251 // АВОК. – 2008. – №6. – С. 62–68.

** Анатолий Геннадиевич Сотников, Санкт-Петербург*
Тел. раб.: +7(812)558-48-92; эл. почта: asotnikov2005@yandex.ru

Проблемы ценообразования на рынке обследования зданий и сооружений

Начальник отдела «Обследование зданий и сооружений» А.В. Улыбин*;
ведущий инженер отдела С.В. Зубков,
ПНИПКУ «Венчур»

Рассматривая формирование договорной цены на рынке обследования зданий и сооружений, можно выделить ряд проблем, оказывающих существенное влияние как на качество выполняемых работ, так и на значимость данного вида изысканий в строительстве.

I. Одной из основных проблем является **отсутствие единого общепринятого сборника базовых цен на обследование зданий и сооружений.** На сегодняшний день существует множество сборников и справочников:

- Справочник базовых цен на проектные работы по обследованию, оценке технического состояния, испытанию и усилению строительных конструкций зданий, сооружений, грузоподъемных кранов и подъемников, «СибПроектСтальКонструкция», 2000 г.;
- Справочник базовых цен на обмерные работы и обследования зданий и сооружений, «ЦЕНТРИНВЕСТ проект», 1998 г.;
- Сборник цен на инженерно-обследовательские (изыскательские) работы по выявлению технического состояния строительных конструкций промышленных зданий и сооружений с разработкой мероприятий и рабочих чертежей по ремонту, усилению и восстановлению, «ЦНИИПромзданий», Москва-Брест, 1991 г.;
- МРР-3.2.05.04-07 Сборник базовых цен на работы по обследованию и мониторингу технического состояния строительных конструкций и инженерного оборудования зданий и сооружений, 2007 г.;
- Сборник цен на проектные работы для капитального ремонта зданий и сооружений, Москва, РосЖилКоммунСоюз, 1991 г.;
- Общегородской сборник временных районных цен на проектные, обследовательские и изыскательские работы для капитального ремонта и реконструкции зданий и сооружений, Ленинград, 1989 г.

Кроме вышеперечисленных изданий в отдельные сборники выделены работы по памятникам архитектуры:

- РНиП 4.05.01-93 Методические рекомендации по определению стоимости научно-проектных работ для реставрации недвижимых памятников истории и культуры, 1993 г.;
- МРР-3.2.13.03-06 Сборник базовых цен для определения стоимости проектных работ по реставрации и реконструкции зданий и сооружений, 2006 г.

Отсутствие единого сборника приводит, во-первых, к тому, что различные организации-исполнители, а также заказчики используют для определения сметной стоимости разные сборники, что приводит к явным нестыковкам. Вторая составляющая проблемы заключается в том, что на один и тот же перечень работ по конкретному объекту можно составить сметы на суммы, отличающиеся в разы, используя разные сборники.

Для примера рассмотрим объект: недостроенный корпус ПТУ в г. Коммунар (рис. 1, 2). Трехэтажное здание с подвалом и совмещенной плоской крышей. Общие габариты здания 55х13м. Высота до верха парапета от пола первого этажа 10,6 м. Конструктивно здание выполнено в виде сборного железобетонного каркаса с шагом колонн 6,0х6,0 м из элементов по серии ИИ-04. Здание не эксплуатируется.

Рисунок 1. Вид на здание снаружи

Рисунок 2. Вид изнутри здания

Перечень требуемых работ, учтенных в сметах, включил в себя:

1) визуальное обследование;
2) выявление конструктивного решения;
3) определение технического состояния;
4) поверочные расчеты несущих элементов;
5) проходка шурфов у фундаментов;
6) обмерные работы в объеме, необходимом для обследования;
7) определение прочности бетона;
8) химический анализ стали арматуры;
9) геодезический контроль деформаций;
10) составление отчета.

Авторами была скалькулирована и проанализирована стоимость обследования данного здания по четырем из вышеперечисленных сборников базовых цен. Результаты определения стоимости представлены в табл. 1. Указанные в табл. 1 стоимости приведены к уровню III кв. 2010 г. с учетом НДС.

В общую стоимость включены также затраты на инженерно-геологические и инженерно-геодезические изыскания, определенные по дополнительным справочникам:

- Справочник базовых цен на инженерно-геологические и инженерно-экологические изыскания для строительства, М., 1999г.
- Справочник базовых цен на инженерно-геодезические изыскания при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений, М., 1999г.

Таблица 1. Стоимость обследования здания, определенная по различным сборникам базовых цен

№	Наименование сборника	Общая стоимость, тыс. руб.	Стоимость обследования, тыс. руб.
1	Справочник «СибПроектСтальКонструкция»	264,7	219,1
2	Справочник «ЦЕНТРИНВЕСТ проект	216,8	171,2
3	Сборник «ЦНИИПромзданий»	441,3	395,6
4	МРР-3.2.05.04-07	231,6	186,1
Среднее значение		288,6	243,0

Как видно из данных, представленных в таблице, максимальная сметная стоимость превышает минимальную более чем в 2 раза.

В ряде случаев, встречающихся в практике договорных отношений, составление сметы для обоснования договорной цены вообще не имеет смысла, так как бюджет заказчика существенно ограничен, либо конкуренты подают предложение со стоимостью гораздо ниже сметной.

II. Второй не менее важной проблемой является **демпинг на тендерах и аукционах**. Согласно статье 28 п. 4, 9, статье 37, п. 6 и статье 47 п. 2 ФЗ №94 от 21.07.2005 [1] основным критерием для выбора подрядчиков в ходе рассмотрения котировочных заявок, проведения конкурсов и аукционов является наименьшая цена.

В табл. 2 приведено несколько примеров тендеров, прошедших летом 2010 г., с указанием начальной цены, которая соответствует сметной, а также стоимости выигрышного контракта.

Таблица 2. Примеры тендеров, прошедших летом 2010 г.

№	Объект	Дата	Начальная цена, тыс. руб.	Стоимость контракта, тыс. руб.	Отношение цены контракта к начальной цене
1	Обследование и обмеры школы №376 по адресу: Лиговский пр. д.241, лит А	25.08.10	342,1	192,3	56%
2	Обследование ГОУДО Художественная школа «Александрино» по адресу: пр. Стачек, д.226	02.08.10	1330,4	545,5	41%
3	Обследование жилого дома по адресу: Б.Сампсоньевский пр., д. 21	03.06.10	1152,2	501,2	43%

Как видно из данных, приведенных в таблице, понижение цены достигает более 50% от сметной стоимости.

III. Третья серьезная проблема заключается в **огромном разбросе цен по коммерческим предложениям**, предоставляемым организациями, работающими на рынке обследования зданий и сооружений.

В апреле 2010 г. силами отдела «Обследование зданий и сооружений» ПНИПКУ «Венчур» проведено исследование рынка.

Было выявлено более 120 фирм, позиционирующих себя в области обследования зданий и сооружений в Санкт-Петербурге. В 83 из них был отправлен запрос – техническое задание по описанному выше объекту ПТУ в г. Коммунар. От 24 организаций был получен ответ в виде коммерческого предложения. На рис. 3 представлен график, на котором отображены цены, указанные в коммерческих предложениях различных фирм Санкт-Петербурга.

По итогам исследования разница между максимальной и минимальной ценами достигла почти **20 раз.** Максимальная предложенная стоимость обследования составила 1 200 000 руб., а минимальная – 65 000 руб. Напомним, что средняя сметная стоимость на обследование данного объекта составляет 288 600 рублей.

Все вышеуказанные проблемы приводят к следующему.

Очевидно, что наблюдается тенденция снижения стоимости обследования зданий и сооружений рядом организаций. При этом государственный заказчик не в силах этому помешать, так как руководствуется только требованиями закона, а негосударственные организации – заказчики, не вдаваясь в вопрос качества работ, выбирают по принципу «лучше то, что дешевле». Любому грамотному человеку понятно, что снижение цены, тем более в разы, не приводит к увеличению качества. Любая работа, выполненная за полцены, будет не соответствовать требованиям нормативов либо по объему, либо по степени проработки.

Таким образом, вслед за ценой снижается качество работ по обследованию на рынке в целом.

Вторым отрицательным последствием изложенных выше проблем, является снижение объема заказов у «добросовестных» изыскателей. Так как большой объем работы берут на себя «недобросовестные» подрядчики. Это в свою очередь приводит к снижению уровня доходов данных организаций, увольнению высококвалифицированных сотрудников, отсутствию средств на развитие и обновление производственно-технической базы. Все это в целом приводит к постепенной деградации изыскательских организации, а, следовательно, и к сокращению «добросовестных» изыскателей на рынке.

Рисунок 3. Разброс цен по коммерческим предложениям на обследование здания

Основываясь на результатах проведенных исследований, анализе ряда факторов, формирующих рынок обследования, можно сформулировать несколько основных выводов:

- Отсутствует контроль качества выполняемых работ по обследованию зданий и сооружений, а если таковой имеется, то лишь поверхностный.
- Происходит ухудшение средневзвешенного показателя качества работ на рынке в целом.
- У заказчика формируется низкое мнение о ценности и трудоемкости проделанной работы, так как все чаще и чаще приходится сталкиваться с работами низкого качества.
- Обследование позиционируется не как один из наиболее наукоемких и сложных видов изысканий, а лишь как вспомогательные работы при проектировании.

Все это приводит к обесцениванию и деградации обследования зданий и сооружений как вида изысканий.

Литература

1. О размещении заказов на поставки товаров, выполнение работ, оказание услуг для государственных и муниципальных нужд : федер. закон Рос. Федерации от 21 июля 2005 г. N 94-ФЗ : одобрен Советом Федерации 13 июля 2005 года // Рос. газ. – 2005. – 28 июля.

** Алексей Владимирович Улыбин, Санкт-Петербург*
Тел. раб.: +7(812)535-57-82; эл. почта: ulybin@mail.ru

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
Санкт-Петербургский государственный политехнический университет

Инженерно-строительный факультет
Россия, 195251, г. Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29,
тел/факс: 552-94-60, www.stroikursi.spb.ru.
stroikursi@mail.ru

Приглашает специалистов проектных и строительных организаций,
не имеющих базового профильного высшего образования
на курсы профессиональной переподготовки (от 500 часов)
по направлению «Строительство» по программам:

П-01 «Строительство зданий и сооружений»

Программа включает учебные разделы:

- ***Основы строительного дела***
- ***Инженерное оборудование зданий и сооружений***
- ***Технология и контроль качества строительства***
- ***Основы проектирования зданий и сооружений***
- ***Автоматизация проектных работ с использованием AutoCAD***
- ***Автоматизация сметного дела в строительстве***
- ***Управление строительной организацией***
- ***Управление инвестиционно-строительными проектами. Выполнение функций заказчика-застройщика***

П-02 «Экономика и управление в строительстве»

Программа включает учебные разделы:

- ***Основы строительного дела***
- ***Инженерное оборудование зданий и сооружений***
- ***Технология и контроль качества строительства***
- ***Управление инвестиционно-строительными проектами. Выполнение функций заказчика-застройщика и генерального подрядчика***
- ***Управление строительной организацией***
- ***Экономика и ценообразование в строительстве***
- ***Управление строительной организацией***
- ***Организация, управление и планирование в строительстве***
- ***Автоматизация сметного дела в строительстве***

П-03 «Инженерные системы зданий и сооружений»

Программа включает учебные разделы:

- ***Основы механики жидкости и газа***
- ***Инженерное оборудование зданий и сооружений***
- ***Проектирование, монтаж и эксплуатация систем вентиляции и кондиционирования***
- ***Проектирование, монтаж и эксплуатация систем отопления и теплоснабжения***
- ***Проектирование, монтаж и эксплуатация систем водоснабжения и водоотведения***
- ***Автоматизация проектных работ с использованием AutoCAD***
- ***Электроснабжение и электрооборудование объектов***

П-04 «Проектирование и конструирование зданий и сооружений»

Программа включает учебные разделы:

- ***Основы сопротивления материалов и механики стержневых систем***
- ***Проектирование и расчет оснований и фундаментов зданий и сооружений***
- ***Проектирование и расчет железобетонных конструкций***
- ***Проектирование и расчет металлических конструкций***
- ***Проектирование зданий и сооружений с использованием AutoCAD***
- ***Расчет строительных конструкций с использованием SCAD Office***

П-05 «Контроль качества строительства»

Программа включает учебные разделы:

- ***Основы строительного дела***
- ***Инженерное оборудование зданий и сооружений***
- ***Технология и контроль качества строительства***
- ***Проектирование и расчет железобетонных конструкций***
- ***Проектирование и расчет металлических конструкций***
- ***Обследование строительных конструкций зданий и сооружений***
- ***Выполнение функций заказчика-застройщика и генерального подрядчика***

По окончании курса слушателю выдается диплом о профессиональной переподготовке государственного образца, дающий право на ведение профессиональной деятельности