

DOI 10.25741/2413-287X-2018-09-2-016
УДК: 614.841.4

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕВАТОРОВ

А. ГАВРИЛОВ, С. БЕЛЕЦКИЙ, канд. тех. наук, **В. ЛООЗЕ**, ФГБУ НИИПХ Росрезерва
E-mail: grain-miller@yandex.ru

В статье представлен новый метод неразрушающего контроля, при помощи которого стало возможным в короткие сроки провести на элеваторах диагностику герметичности швов в стенах сборных силосов (ограждающих конструкций) из железобетона. Данный метод разработан для замены устаревшей методики «дождевания».

Ключевые слова: герметичность конструкций, недостатки гидроизоляции, тепловизионный метод, силос, хранение, неразрушающий контроль, температура, водонепроницаемость.

Причины, вызывающие нарушение герметичности швов силосов и других конструкций из сборного железобетона

Чтобы на элеваторном комплексе силосного типа в течение длительного времени сохранялось качество зерна, необходимо обеспечивать стабильность текущего температурного режима, сглаживать резкие перепады температуры зерна особенно вблизи стен (ограждающих конструкций). Наилучшим образом этим требованиям соответствуют конструкции, выполненные из монолитного или сборного железобетона. Наряду с преимуществом (стабилизирующей функцией бетонной конструкции), присутствуют и недостатки — возникновение в стенах повреждений и просачивание через них воды. Атмосферная влага проникает в силосы как монолитной, так и сборной конструкции. Трещины и разрушения горизонтальных и вертикальных швов снижают водонепроницаемость стен силосов. В монолитных корпусах трещины, разрушения и бреши ограждающих конструкций возникают на границе зон с различной плотностью бетона и зависят от качества устройства надсилосной конструкции.

Под воздействием изменяющейся наружной температуры воздуха и атмосферной влажности швы между сборными силосами из железобетона могут расширяться и сжиматься. Кроме того, механические колебания, возникающие при работе технологического и транспортного оборудования, могут привести к деформациям в блоках и швах между ними. В связи с этим при проектировании элеваторных комплексов из сборного железобетона особое внимание должно уделяться правильному выбору

The article presents a new method of non-destructive testing, which made it possible in a short time to diagnose the tightness of the joints of enclosing structures of Elevator buildings made of precast concrete; this method is designed to replace the outdated method of «sprinkling».

Keywords: tightness of structures, disadvantages of waterproofing, thermal imaging method, silo, storage, non-destructive testing, temperature, water resistance.

конструкций блоков, материалов для заполнения швов, обладающих эластичностью и обеспечивающих герметичность [2]. Наблюдения показывают, что при изменениях температуры наружного воздуха в течение суток, как в летнее, так и в зимнее время, в конструкции швов происходит множество сложных, неравномерных, непрерывных и циклических микроперемещений, в результате которых происходит некоторое «раскрытие» швов, при котором нарушается их герметичность.

Следует отметить, что на образование трещин в швах силосов оказывают влияние технологические особенности строительства и эксплуатации, а именно:

- неравномерность осадки различных участков стен вследствие осадки фундаментов [6]. Как правило, состояние фундамента стабилизируется со временем и более не проявляется, а повреждения, которые они вызывали, могут быть окончательно устранены после стабилизации;
- циклические местные деформации стен при загрузке и выгрузке зерна из силосов;
- усадочные явления в материале блоков (особенно в ячеистом и легком бетоне), а также в материалах, заполняющих швы. Усадочные деформации бетона и раствора, заполняющего внутреннюю полость шва, обычно вызывают появление волосяных трещин;
- неправильность геометрических размеров блоков (перекосы, отдельные выступы), вызывающая местные напряжения в материале, которым заполнены швы, и в примыкающих к ним деталях;
- наличие подъемных петель блоков, не загнутых или не срезанных на уровне опорной поверхности («заподлицо»). ➔

В этом случае опора на эти петли лежащих выше блоков приводит к местным напряжениям. Аналогичное явление имеет место при армировании горизонтальных швов, крупных блоков арматурными сетками, укладываемыми внахлестку (особенно в углах и местах присоединения поперечных стен), поэтому общая толщина продольных и поперечных стержней не должна превышать 8–10 мм;

- нарушение правил монтажа, вызывающее местные перенапряжения в процессе монтажа; подклинка блоков в пределах горизонтального шва с внешней стороны, приводящая к образованию участков необжатого раствора и к образованию трещин;
- недостаточная упругость и эластичность материала, заполняющего швы, что не позволяет компенсировать деформации без образования трещин;
- плохое сцепление материала, заполняющего шов, с материалом блока. Особенно часто это наблюдается в зимнее время, когда раствор замораживается до окончания схватывания и твердения [5].

Помимо перечисленных факторов, на развитие в швах трещин, в том числе волосяных, влияет попавшая в них вода, которая в последующем замерзает. Через раскрывшиеся швы блоков наблюдаются протечки воды и повышенная их воздухопроницаемость. Вода, проникающая через стыки, помимо ухудшения санитарно-гигиенических условий хранения, вызывает усиленную коррозию арматуры и металлических связей, разрушение швов и самих блоков при низких температурах, а стало быть, сокращает срок службы здания.

Водопроницаемость стыков, обусловленная неплотностями и трещинами, через которые дождь и снег, тающий лед попадают внутрь силоса, усиливается под действием ветра. Возможен капиллярный подсос воды по трещинам и зазорам при неплотном заполнении шва материалом.

Указанным требованиям наиболее полно отвечают герметизированные швы с применением высокоэффективных эластичных мастик и герметиков. Мастики и герметики, плотно заполняя швы между блоками, должны обладать способностью следовать за всеми деформациями при любых колебаниях температуры и быть стойкими во времени (не менее 15 лет — эластичные мастики и 5 лет — герметики).

Методика «дождевания», применяемая для определения водонепроницаемости конструкций из сборного железобетона

Непосредственно перед сдачей в эксплуатацию и после длительной эксплуатации силосного корпуса и рабочей башни, выполненных как из сборного, так и из монолитного железобетона, должна быть проверена водонепроницаемость наружных стен с помощью искусственного дождевания.

Для определения водонепроницаемости швов в стенах силосов из сборного железобетона в настоящее время применяется «Временная методика производственных

испытаний на водонепроницаемость стен сборных железобетонных силосов», составленная на основании результатов исследований водонепроницаемости швов стен сборных железобетонных силосных корпусов на предприятиях по хранению и переработке зерна с учетом опыта исследования водонепроницаемости швов в жилищном строительстве в соответствии с ВСН 100-74 «Указания по методике инструментальной проверки герметичности стыков оконных блоков методом дождевания на заводах и стройплощадках», ОСТ 20-2-74 «Методы проверки теплозащитных качеств и воздухопроницаемости ограждающих конструкций в крупнопанельных зданиях».

Испытание заключается в искусственном дождевании наружной поверхности стены силоса со свободным стеканием воды по ней. Дождевание проводится последовательно, вдоль наружной стены, захватками шириной 2 м. Одновременно испытанию подвергаются вертикальные и горизонтальные швы, расположенные в зоне дождевания: по одной полосе вертикальных стыков шириной 0,5 м и горизонтальных стыков шириной 1,5 м. Испытаниям подвергаются 20% стен силосов, расположенных по периметру корпуса.

К основным недостаткам метода «дождевания» относятся: ограниченность работы установок при сильном ветре; громоздкость конструкций; необходимость большого количества водных ресурсов; использование насосов высокого давления; значительные затраты ручного труда на перемещение захватки; длительное проведение дождевания; субъективность оценки факта протечки воды.

В результате оценки эффективности методики было предложено провести экспериментальную проверку возможности использования тепловизионного оборудования для оценки герметичности швов сборных силосов из железобетона.

Обследование швов наружных стен силосов с использованием тепловизионного оборудования

Проверка герметичности швов сборных силосов из железобетона с использованием тепловизионного оборудования относится к пассивному режиму обследования, поскольку в силосных корпусах отсутствует принудительный источник температурного стимулирования (нагревание, охлаждение) [4].

В литературе, посвященной работе с тепловизионной аппаратурой, утверждается, что «пассивный режим обнаружения скрытых дефектов в строительных сооружениях возможен, если дефекты столь значительны, что температурные аномалии в зоне их нахождения возникают даже в стационарном режиме».

Амплитуда температурного сигнала в месте протечки (инфильтрации) воздуха зависит от перепада температур (температурного напора) между внутренним воздухом и наружной атмосферой. В случае обследования швов силосов (не теплоизолированной однослойной строительной конструкции) дефекты могут быть локальными и занимать

незначительную площадь при том, что площадь всей обследуемой поверхности может достигать до 1000 м². Учитывая значительную площадь поверхности и условия обследования (дефекты конструкции и покраски, угол и дальность термосъемки), возможно оценить общее температурное поле. Нахождение конкретных областей инфильтрации воздуха обнаруживается, когда температура наружного воздуха будет отличаться от температуры внутри силоса как минимум на 5°C. Наличие такого перепада температур называется температурным напором.

Тепловизионный метод обследования строительных конструкций основан на определении разницы температур между дефектной и целостной поверхностями. Чем больше перепад температур, тем выше точность определения места и площади дефектного участка [3].

Анализ распределения температур по поверхности снятых фрагментов (участков поверхности наружных стен) проводится на основе сравнения среднеарифметической величины температуры для выделенной поверхности со значениями температур в исследуемой области. Для понимания механизма: каждому значению температуры присваивается определенный цвет по цветовой гамме радуги — от красного до синего. Термограмма утечки тепла или холода показана в виде цветного рисунка (рис. 1). Для полноты картины на термографических отчетах может быть построена линия профиля. Изменение температур вдоль линии профиля представлено в виде графика.

Также возможно выделение произвольной площади на термограмме с представлением на гистограмме распределения отдельных значений температур. Плотность распределения отдельных значений температур на выделенной площади выражена в процентах по отношению ко всей площади выделенного участка [1].

При герметичных швах разница между температурами наружной и внутренней поверхности стен силоса находится в пределах 1–2,5°C. Данный интервал обусловлен

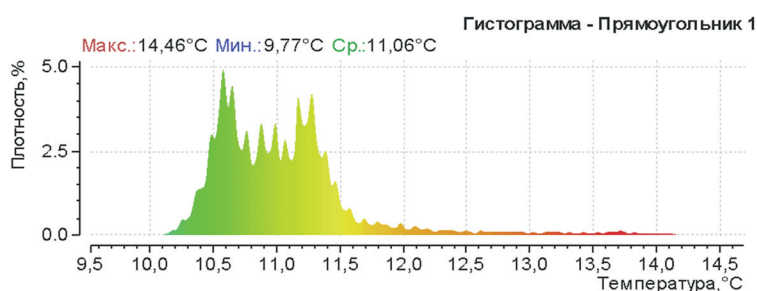
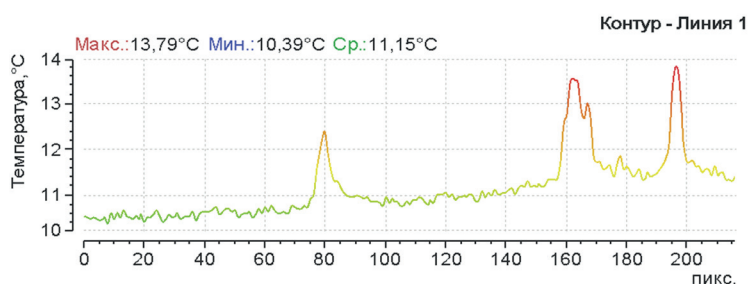
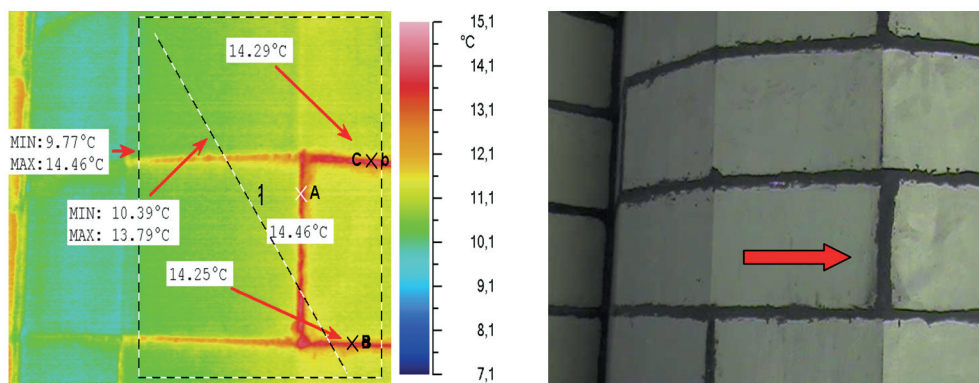


Рис. 1. Термограмма дефектного шва

разными коэффициентами излучения герметизирующего раствора и бетонной поверхности сога (сборный объемный гладкий элемент стен силосов). В случае негерметичности швов воздух с более низкой или более высокой температурой изнутри сога проникает на наружную поверхность шва и изменяет его температуру. При таких условиях интервал температур увеличивается до 2,5–3°C и даже выше, следовательно, необходим анализ температурного поля каждого силоса. Для локализации дефектного участка требуется построение профиля в месте температурной аномалии по линии шва, что позволяет определить интервал перепада температур по линии профиля вокруг аномального участка и с достаточной степенью вероятности определить степень разгерметизации шва. Опытным путем установлено, что интервал температур с разницей 4°C и более свидетельствует о значительной (практически полной) разгерметизации швов, возможности проникновения в силос атмосферной влаги и, как следствие, необходимости проведения работ по герметизации дефектных участков швов.

В заполненных силосах, в силу низкой теплопроводности зерна и значительного объема, создается естествен-

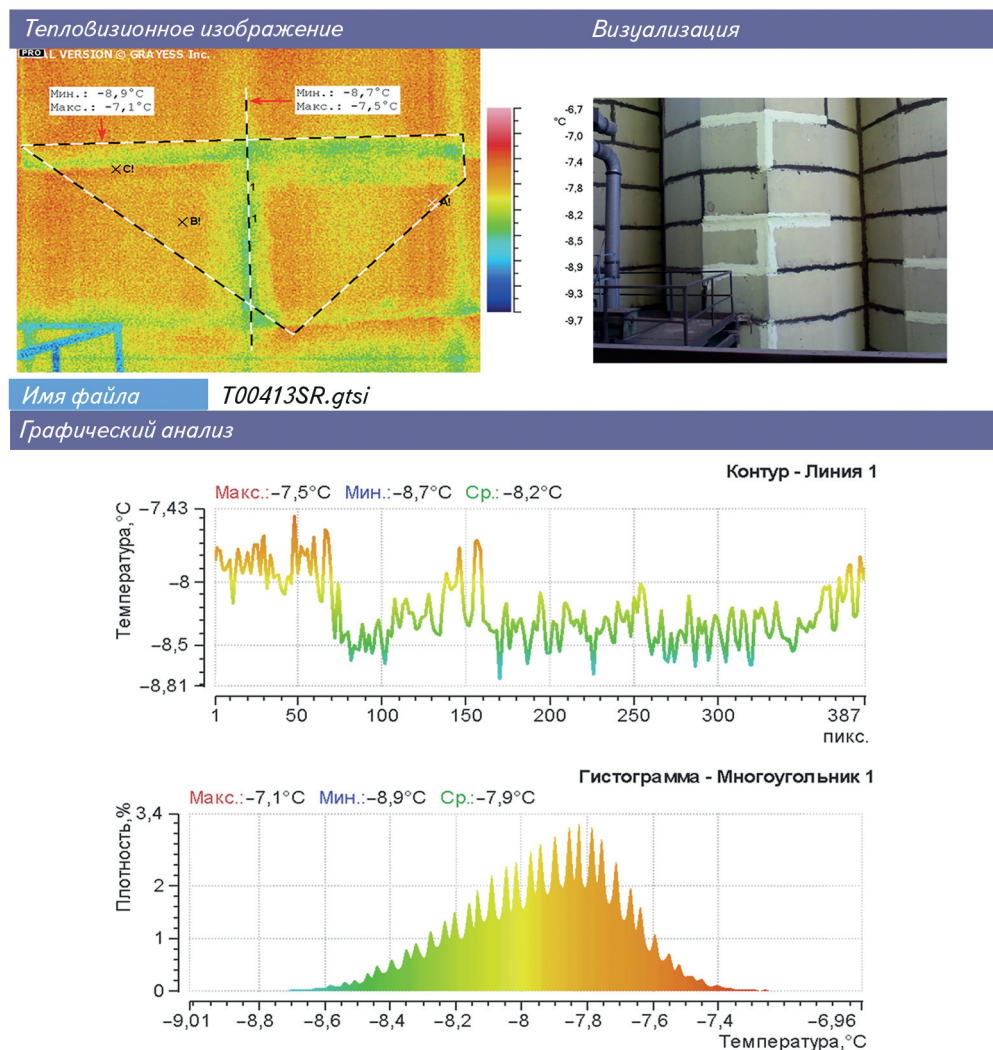


Рис. 2. Термограмма шва без дефектов при заполненном силосе

ный источник стабилизации внутренней температуры, что обеспечивает значительно меньшую зависимость от резких колебаний температуры наружного воздуха, чем в пустых силосах.

Зерно, нагреваемое в летний период до температуры приблизительно 20°C, в течение длительного времени сохраняет эту температуру, и только в осенний период она изменяется вследствие длительного понижения температуры наружного воздуха. При этом создается температурный напор до 15°C. Аналогичный процесс протекает и в весенний период, когда охлажденное за зиму зерно имеет температуру ниже температуры наружного воздуха на 8–10°C. Следовательно, используя существенную разницу температур между наружным воздухом и внутренней температурой в силосе с зерном, можно применять тепловизионное оборудование для оценки состояния швов и на заполненных зерном на-

ружных силосах. На рисунке 2 изображена термограмма шва без дефектов при заполненном силосе.

Обследование наружных швов силосов, заполненных зерном, с использованием тепловизионного оборудования хотя и не избавляет данный метод от сезонного характера, тем не менее существенно раздвигает временные рамки для проведения обследования.

Интерпретация термограмм во многом зависит от температурного разрешения тепловизора. И чем она выше, тем большее внимание необходимо обращать на различного рода изъяны (дефекты) поверхности сканируемого объекта, как то: отслоение краски, выбоины, выступы [3] (смещение согов относительно друг друга) и т.п., приводящие к искажению температурного поля.

Литература

1. Михайлов, В.Д. Комплексный метод исследования состояния теплоизоляции ограждающих конструкций зданий холодильников комбинатов Госкомрезерва / Михайлов В.Д., Когут Э.Н., Харламов А.А., Гаврилов А.В. В сб.: Хранение пищевых продуктов и продовольственного сырья // Тезисы докладов научно-технической конф. — М.: 1999.
2. СП 108.13330.2012 Предприятия, здания и сооружения по хранению и переработке зерна. Актуализированная редакция СНиП 2.10.05-85 (с Изменением №1).
3. Международный стандарт ISO 67810-83 «Теплоизоляция. Качественное выявление теплотехнических нарушений в ограждающих конструкциях. Инфракрасный метод».
4. Вавилов, В.П. Тепловизоры и их применение / Вавилов В.П., Климов А.Г. — М.: Интел универсал. — 2010.
5. Пухонто, Л.М. Долговечность железобетонных конструкций инженерных сооружений. — М.: Изд-во АСВ, 2004.
6. Рекомендации по выравниванию элеваторных сооружений. — ЦНИИПРОМЗЕРНОПРОЕКТ. — М., 1991. ■