

ции. Для того чтобы значительно увеличилась скорость строительства, необходимы новые строительные «чернила», обладающие положительными физико-техническими характеристиками существующих и при этом моментально набирающие прочность при обеспечении монолитности конструкции. Использование же полимеров, с одной стороны, накладно, с другой стороны, они создают проблемы с точки зрения противопожарных требований.

Существующая нормативная документация [1-3] относится только к материалам для аддитивного строительного производства и соответственно регулирует не все аспекты строительной 3D-печати. В настоящий момент отсутствует нормативная документация, которая содержит требования к расчету и проектированию конструкций, создаваемых по аддитивной технологии. Существуют строительные решения, в которых используется несъемная опалубка, но в них опалубка, в силу своих физико-технических характеристик, не может являться силовой частью, в этой роли выступает сердечник, выполняемый из легких и тяжелых бетонов. Соответственно при расчете можно опираться на существующую нормативную документацию для бетонных и железобетонных конструкций. В качестве примера можно привести несъемную опалубку из пенополистирола. В случае с 3D-печатью используемый материал может частично или полностью выступать в качестве силового элемента, и не учитывать этого нельзя.

Основным новаторством 3D-печати является то, что цифровую модель здания можно воплотить в натуральном виде при минимальном участии человека, и это дает возможность сократить стоимость и улучшить качество строительства. Технологии 3D-печати, в отличие

от традиционных, позволяют без дополнительных затрат формировать стены различной конфигурации, что дает большие возможности для творчества архитектора уже сейчас и по мере своего совершенствования позволит реализовывать наиболее смелые замыслы, которые сейчас затруднительно или невозможно осуществить с помощью традиционных технологий.

Вполне обосновано можно сказать, что 3D-печать как своим развитием, так и примером окажет серьезное влияние на изменение строительных технологий и материалов.

Список литературы

1. ГОСТ Р 59095-2020 Материалы для аддитивного строительного производства. Термины и определения / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Издание официальное. – Москва : Стандартинформ, 2020.
2. ГОСТ Р 59096-2020 Материалы для аддитивного строительного производства. Методы испытаний / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Издание официальное. – Москва : Стандартинформ, 2020.
3. ГОСТ Р 59097-2020 Материалы для аддитивного строительного производства. Технические требования / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Издание официальное. – Москва : Стандартинформ, 2020.
4. *Иноземцев, А. С.* Анализ существующих технологических решений 3D-печати в строительстве / А. С. Иноземцев, Е. В. Королев, Зыонг Тхань Куй // Вестник МГСУ. – 2018. – Т. 13. – № 7 (118). – С. 863–876. – DOI: 10.22227/1997-0935.2018.7.863-8761
5. *Мухаметрахимов, Р. Х.* Аддитивная технология возведения зданий и сооружений с применением строительного 3D-принтера / Р. Х. Мухаметрахимов, И. М. Вахитов // Известия КГАСУ. – 2017. – № 4 (42). – С. 350–356.
6. *Славчева, Г. С.* Строительная 3d-печать сегодня: потенциал, проблемы и перспективы практической реализации / Г. С. Славчева // Строительные материалы. – 2021. – № 5. – С. 28–36.

А. Н. Чебан, Д. А. Фарстова
A. N. Cheban, D. A. Farstova

Способы борьбы с переувлажнением ограждающих конструкций в храмовых комплексах

Ways to combat water logging of enclosing structures in temple complexes

Ключевые слова: храмовое зодчество, реставрация, дренаж, гидрозащита, инженерные системы, ливневая канализация, восстановление исторических зданий

Keywords: temple architecture, restoration, drainage, water protection, engineering systems, storm sewers, restoration of historical buildings

Аннотация. В настоящее время на территории Российской Федерации активно восстанавливаются и строятся православные храмовые комплексы. Проблема, с которой сталкиваются проектировщики, строители и служба эксплуатации, – переувлажнение наружных и внутренних ограждающих конструкций¹ в храмах. Авторы статьи рассмотрели исторические и современные методы борьбы с переувлажнением ограждающих конструкций, определив их эффективность и целесообразность применения в зданиях храмов.

Abstracts. Currently, Orthodox temple complexes are being actively restored and built on the territory of the Russian Federation. The problem faced by designers, builders and the maintenance service is waterlogging of external and

¹ Переувлажнение наружных и внутренних ограждающих конструкций – это увеличение влагосодержания в ограждающих конструкциях, что приводит к снижению теплозащитных свойств конструкций, образованию плесени, а также ухудшению микроклимата внутри помещений.

internal enclosing structures in temples. The authors of the article reviewed historical and modern methods of combating waterlogging of enclosing structures, determining their effectiveness and expediency of use in temple buildings.

Сегодня исторические храмовые комплексы на территории Российской Федерации находятся в неудовлетворительном состоянии из-за переувлажнения наружных и внутренних ограждающих конструкций. Переувлажнение ограждающих конструкций приводит к частичной или полной утрате не только исторического облика храма, но и интерьера и его деталей.

При проведении восстановительных работ в исторических храмовых комплексах необходимо учитывать состояние наружных и внутренних ограждающих конструкций, а именно их переувлажнение. Только после решения этой проблемы возможно проведение реставрации фасадов здания, восстановление интерьеров и стеновой росписи, проектирование инженерных систем (организация микроклимата). К сожалению, после сдачи в эксплуатацию современных храмовых комплексов, в них также может возникать проблема с переувлажнением ограждающих конструкций, что влияет на их сохранность и микроклимат в помещениях.

Согласно исследованиям, проведенным К. Ф. Фокиным, «влажность оказывает большое влияние на теплопроводность материала, а также имеет большое значение для оценки влажностного режима ограждений» [3, с. 24]. При проведении восстановительных работ необходимо учитывать содержание влаги в ограждающих конструкциях, т. к. при прочих равных условиях переувлажненные наружные и внутренние ограждающие конструкции будут иметь «пониженные теплозащитные качества сравнительно с такими же, но сухими ограждениями» [3, с. 167].

Переувлажнение наружных и внутренних ограждающих конструкций приводит к повышению их теплопроводности, развитию плесени, грибка и других биологических организмов, нарушению санитарно-гигиенических требований пребывания людей внутри помещений, уменьшению морозостойкости материала, попеременному замерзанию и оттаиванию, и, в конечном итоге, разрушению конструкций, переувлажнению внутреннего воздуха в помещениях, а также частичной или полной потере деталей интерьера.

Также необходимо учитывать влияние на ограждающие конструкции грунтовой и атмосферной влаги, эксплуатационную и гигроскопическую влагу, конденсацию влаги из воздуха.

При высокой грунтовой воде без мероприятий по снижению ее уровня происходит капиллярное всасывание и движение влаги по ограждающим конструкциям на высоту до 2,5 м от уровня земли. Мероприятия по борьбе с переувлажнением – это организация естественной и (или) механической системы вентиляции, вертикальная планировка территории (уклон земли от здания), пристенный дренаж, организованный сбор дождевой и талой воды с кровли и территории в ливневую канализацию, устройство гидроизоляции подземных ограждающих конструкций здания.

Исторический опыт

По изучении историко-архивных данных, были выявлены способы борьбы с переувлажнением наружных ограждающих конструкций храмов в прошлом.

При строительстве храмов на переувлажненных грунтах гидроизоляцию надземной части выполняли из бересты, а гидроизоляцию фундамента выполняли путем обмазки кирпичной кладки слоем глины, и закрывали её рогожей¹, снизу подсыпали слой кирпичного щебня и битого кирпича для организации дополнительной дренажной системы.

При устройстве гидроизоляции фундаментов храма копались траншея по наружному периметру здания на глубину фундамента, после чего в траншею засыпалась перемятая глина с регулярной послойной трамбовкой, таким образом получался глиняный замок².

Устройство глиняных замков выполнялось сухим или мокрым способом. При сухом способе глина укладывалась слоями, дополнительно проливалась навозной жижей или болотной водой, затем трамбовалась до тех пор, пока не переставали появляться на поверхности трещины. При мокром способе на первый сухой слой глины укладывалась влажная глина, которая при трамбовании проникала в нижележащий слой.

При строительстве Кирилло-Белозерского монастыря, расположенного на берегу Сиверского озера, фундаментный ров заполняли утрамбованной глиной, сверху клали валуны и выше уровня земли начинали возводить кирпичные стены. Получался глиняный замок, который не давал грунтовым водам проникать в ограждающие конструкции, выполненные из кирпича. При строительстве храма Спаса-на-Крови в Санкт-Петербурге для предотвращения переувлажнения наружных ограждающих конструкций по периметру фундамента были забиты три ряда деревянных шпунтовых стен, между которыми был устроен двойной глиняный замок.

Современный опыт

Наиболее эффективными решениями проблемы защиты фундамента, наружных и внутренних ограждающих конструкций от переувлажнения являются естественная и (или) механическая система вентиляции, электроосмос, гидроизоляция и организация сбора дождевой и талой воды с кровли и прилегающей территории. От правильно спроектированной и смонтированной системы вентиляции зависит состояние ограждающих конструкций, организация комфортного и безопасного микроклимата, а также сохранность интерьера и его деталей.

Здания храмовых комплексов разнообразны по конструктивным и архитектурным решениям. В связи

¹ Рогожа – это грубая хозяйственная ткань, сплетенная из мочала. Мочало – это вымоченные лубяные волокна липы, осины или ольхи.

² Глиняный замок – это гидроизоляционное сооружение из глины определенного качества. Устраивался по периметру фундамента здания.

с этим необходимо разрабатывать индивидуальные схемы системы вентиляции, учитывая при разработке не типовые архитектурные решения, увеличение избытков тепла, влажности и вредных выделений от людей и свечей во время проведения службы, а также образование копоти от лампад. Анализ этих данных позволяет инженеру разделить внутренний объем здания на зоны, организовать в них подачу необходимого объема воздуха и обеспечить работу системы вентиляции. Удаление загрязненного и переувлажненного воздуха из храма происходит через специальные автоматические вытяжные решетки, установленные в окна барабана или под сводами центральной части.

Для отведения грунтовой воды от наружных ограждающих конструкций жилых и общественных зданий, включая здания православных храмов, применяется метод электроосмоса, который был открыт в 1807 году Ф. Ф. Рейссом, Метод заключается в облучении электромагнитными волнами мокрых ограждающих конструкций. В наружные ограждающие конструкции монтируют горизонтальные проводники из медной проволоки, которые, благодаря заземлению, создают полярность, что позволяет перемещать влагу из конструкций в направлении, обратном действию капиллярных сил. Работа электроосмоса эффективна, пока работает источник электромагнитного поля, при его отключении влага опять начинает проникать в конструкции здания.

Гидроизоляция фундамента является комплексом строительных работ, в результате которого наружные и внутренние ограждающие конструкции получают необходимый уровень защиты от воздействия грунтовых и атмосферных вод.

Применяют следующие типы гидроизоляционных материалов:

- окрасочные материалы на битумно-нитритовой, этинолево-латексной, эпоксидно-дегтевой и фурановой основах;
- оклеечные материалы на основе ПЭ либо ПВХ, закрытой с наружной стороны конструкции прижимной стеной из кирпича или асбестоцементных листов;
- штукатурные материалы из цементно-песчаных смесей с добавлением органических и неорганических вяжущих;
- защитные материалы (обработка эластомерами на основе водного раствора латекса и каучука);
- пропиточные материалы (обработка составами на основе полимеров);
- инъекционные материалы (сверление отверстий с последующим их заполнением раствором с содержанием силикатов, смол, битума или цемента);
- засыпные материалы (устройство вокруг фундамента гидрофобного слоя – пространства, засыпанного песком и обработанного поверхностно-активным веществом);

– монтируемые материалы (облицовка плитами, рулонными, листовыми материалами из полимербетона, полимерсиликата).

При проведении работ по реставрации исторических храмовых комплексов, рекомендуется применять горизонтальную гидроизоляцию методом электроинъектирования.

Совместная работа дренажной системы и ливневой канализации – эффективный способ борьбы с переувлажнением наружных и внутренних ограждающих конструкций. Пристенный дренаж служит защитой для ограждающих конструкций, расположенных в глинистых или водоносных почвах, близком залегании водопора, при устройстве подвальных помещений под слоем супеси или песка. Пристенный дренаж укладывается по периметру здания с наружной стороны, на расстоянии 0,5 м от фундамента. При устройстве пристенного дренажа необходимо учитывать глубину промерзания почвы и глубину залегания грунтовой воды, а также ее подъем в осенне-весенний период.

Устройство ливневой канализации позволяет отводить избытки дождевой и талой воды с территории храмового комплекса за ее пределы или в систему ливневой канализации. Принцип работы заключается в установке в пониженных точках дождеприемников с подключением к ним закрытых водосточных каналов.

Подводя итоги, можно сказать, что существует несколько способов борьбы с переувлажнением в ограждающих конструкциях православных храмовых комплексов. Прежде чем приступать к проектированию, необходимо выполнить визуальное обследование и определить состояние ограждающих конструкций, определить климатические характеристики района (температуру воздуха, количество осадков, направление и силу ветра), провести геологические изыскания и выяснить состав и свойства грунтов, глубину залегания грунтовых вод, выявить причины появления влаги в конструкциях. В каждом случае необходим индивидуальный подход для борьбы с переувлажнением наружных и внутренних ограждающих конструкций.

Список литературы

1. Гусев, Н. И. Из опыта реставрации старых зданий / Н. И. Гусев, М. В. Кочеткова, К. С. Паршина // Региональная архитектура и строительство. – 2014. – № 1 (18). – С. 128-132.
2. Гусев, Н. И. Особенности реставрации культовых зданий / Н. И. Гусев, М. В. Кочеткова, К. С. Паршина // Наука и образование: Проблемы развития строительной отрасли: труды Международной научной конференции. – Пенза: ПГУАС, 2012. – С. 52-54.
3. Фокин, К. Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий / К. Ф. Фокин; под ред. Ю. А. Табунщикова, В. Г. Гагарина. — 5-е изд., пересмотр. — Москва : АВОК-ПРЕСС, 2006.
4. Чебан, А. Н. Городские ливневоки. Особенности проектирования / А. Н. Чебан // Сантехника. – 2016. – №-5. – С. 22-27.
5. Чебан, А. Н. Организация системы водоотведения дождевых вод на примере собора Святых Кирилла и Мефодия в Бургасе / А. Н. Чебан // Сантехника. – 2017. – №-5. – С. 50-54.