

УДК 697.1.003.1

Лилия Владимировна БОРУХОВА,
кандидат технических наук,
доцент кафедры
"Теплогасоснабжение и вентиляция"
Белорусского национального
технического университета

Анатолий Михайлович ПРОТАСЕВИЧ,
кандидат технических наук,
доцент кафедры
"Теплогасоснабжение и вентиляция"
Белорусского национального
технического университета

Евгений Петрович ТУМАЩИК,
аспирант кафедры
"Теплогасоснабжение и вентиляция"
Белорусского национального
технического университета

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА В РЕКОНСТРУИРУЕМЫХ ПРАВОСЛАВНЫХ ХРАМАХ

CONTROL OF MICROCLIMATE PARAMETERS IN ORTHODOX TEMPLES UNDER RECONSTRUCTION

В статье предлагаются варианты технических решений по предотвращению конденсации влаги на строительных конструкциях и нормализации параметров микроклимата помещений Софийского собора в Полоцке.

This article offers various technical designs to prevent condensation of the atmospheric moisture on the building structures and to normalize microclimate parameters in the premises of St. Sophia Cathedral in Polotsk.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы в Беларуси активно ведутся реставрация, ремонт и строительство православных храмов. В период с 2007 года было введено в эксплуатацию 99 вновь построенных и восстановленных храмов. В настоящее время в республике насчитывается 1274 действующих храмов, строится и реконструируется — 152.

Строительство новых храмов осуществляется с учетом исторического опыта их возведения, с использованием современных материалов и оборудования. За основу при планировании ремонтных работ или реконструкции принимается готовая оболочка здания, которая оснащается современным инженерным оборудованием, что необходимо для поддержания микроклимата помещений в соответствии с нормативными требованиями. При этом особое внимание следует уделить совместимости новых материалов и оборудования с "вековой оболочкой" храма. Поэтому еще на стадии проектирования необходимо учесть все составляющие технологического процесса при реконструкции и реставрации с тем, чтобы исключить проблемы во время эксплуатации.

Рассмотрим некоторые проблемы, возникающие после выполнения ремонтных работ, на примере Софийского собора в городе Полоцке. Этот монументальный памятник архитектуры XI–XVIII веков был построен византийскими зодчими в период 1044–1066 гг. (рис. 1). После пожара 1447 года собор перестроили в храм оборонного типа с пятью башнями. Следующая перестройка (1618 г.) ознаменовалась уменьшением угловых башен на один ярус, вознесением шатра над центральной частью и переносом алтаря с восточной на южную сторону. После взрыва в 1710 году собор был восстановлен только к 1750 году. До наших дней памятник культового зодчества дошел в том виде, в котором его воссоздал виленский архитектор Ян Криштоф Глаубиц [1].

В период последней реставрации в 80-х годах XX столетия в соборе был обустроен концертный орган зал (рис. 2) и открыт уникальный музей ис-



Рис. 1. Общий вид Софийского собора в г. Полоцке



Рис. 2. Органный зал Софийского собора

тории архитектуры. Внутреннее убранство также претерпело изменения (рис. 3). В соборе появились лепные украшения и фигурные карнизы, алтарную часть отделили от центрального нефа высокой трехъярусной преградой. В росписях на алтарной преграде сохранились копии известной фрески Леонардо да Винчи "Тайная вечеря" и "Спас Нерукотворный". В настоящее время Софийский собор является претендентом на включение в Список Всемирного наследия ЮНЕСКО.



Рис. 3. Внутреннее убранство органного зала Софийского собора

ОБСЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА ПОМЕЩЕНИЙ СОФИЙСКОГО СОБОРА

Наружные стены собора выполнены из кирпича, толщина кладки 1200 мм. Заполнение оконных проемов выполнено одинарным остеклением в деревянных переплетах. Перекрытие органного зала — сводчатое из кирпичной кладки толщиной 380 мм. Центральный и боковые своды, имеющие по четыре ребра жесткости, также выполнены из кирпичной кладки. Чердак здания холодный со скатным покрытием и двумя окнами с одинарным остеклением. Отопление собора осуществляется водяной системой, подключенной через элеваторный тепловой узел к тепло-

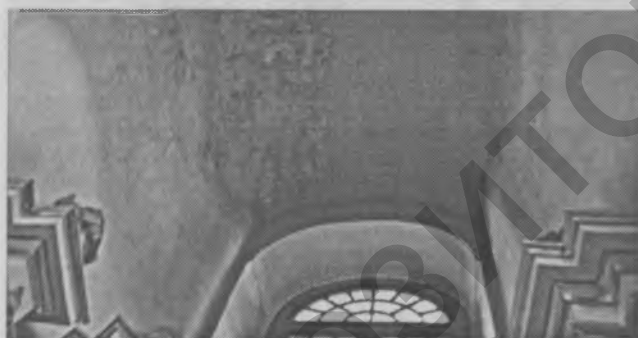


Рис. 4. Повреждение внутренней отделки помещения органного зала

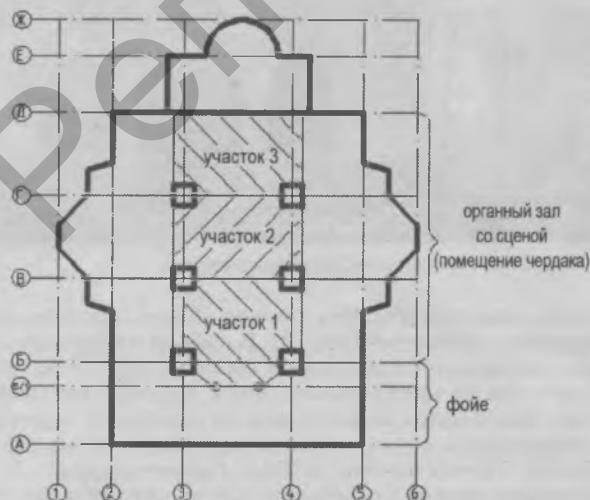


Рис. 5. Схема деления органного зала и помещения чердака на участки

вым сетям. Подача теплоносителя в систему отопления автоматизирована. Вентиляция помещений собора организована по схеме естественного воздухообмена. Приток — естественный неорганизованный, через оконные заполнения и при открывании дверей, вытяжка — естественная организованная, через отверстия в перекрытии чердака. Отопление и вентиляция чердачного помещения не предусмотрены.

В период последнего капитального ремонта собора в 2007 году были отремонтированы чердак и кровля над ним. По завершении ремонтных работ обнаружилось, что на внутренних поверхностях наружных ограждений конденсируется водяной пар. Это привело к разрушению внутренней отделки и нарушению микроклимата в помещениях собора (рис. 4).

Для выявления причин нарушения микроклимата помещений и появления конденсации пара на ограждающих конструкциях было выполнено обследование собора.

Целью исследований являлась оценка влияния микроклимата органного зала и тепловлажностного режима его ограждающих конструкций на увлажнение поверхности стен и перекрытия. Работа выполнялась при температуре наружного воздуха минус 2 °С. В процессе исследований измерялись параметры микроклимата, воздухообмен и температурные поля на внутренних поверхностях наружных ограждений органного зала и чердачного пространства. Измерения проводились в соответствии с методиками, изложенными в [2, 3]. Обследуемые помещения были поделены на равнозначные участки. Измерение параметров производилось в центре каждого из них. На рис. 5 приведена схема деления органного зала и помещения чердака на участки.

Измерения температуры, влажности и скорости движения воздуха проводились:

- в обслуживаемой зоне органного зала на высоте 0,1; 0,6 и 1,7 м от поверхности пола, как для помещений, где люди пребывают преимущественно в сидячем положении;
- в обслуживаемой зоне чердака на высоте 0,1; 1,1 и 1,7 м от поверхности пола, как для помещений, где люди преимущественно стоят или ходят.

Для анализа работы системы вентиляции органного зала измерения температуры, влажности и скорости движения воздуха были выполнены в отверстиях (рис. 6), через которые происходит удаление воздуха из помещения органного зала в объем чердачного помещения. Одновременно измерялась температура уходящего воздуха непосредственно под нефом органного зала. При проведении экспериментальных исследований использовались приборы, работающие как в автоматическом, так и ручном режимах. Результаты исследований параметров микроклимата органного зала Софийского собора сведены в таблицу 1.

Сравнение экспериментальных данных с нормативными [4] показывает, что параметры микроклимата в помещении органного зала находятся в пределах допустимых. Средние величины температур на внутренних поверхностях наружных ограждающих конструкций собора, определенные во время проведения эксперимента, приведены в таблице 2.

Анализ результатов исследований параметров микроклимата органного зала показал, что на момент обследования конденсация водяного пара на внутренних ограждающих конструкциях отсутствовала.

Удаление воздуха из помещения органного зала осуществляется через 30 отверстий диаметром 90 мм, устроенных в его перекрытии. Расход удаляемого воздуха при средней скорости воздуха в отверстиях $v_{отв} = 2,85$ м/с составляет 1960 м³/ч. Учитывая, что помещение органного зала рассчитано на 304 человека, был произведен расчет требуемых воздухообменов для ассимиляции

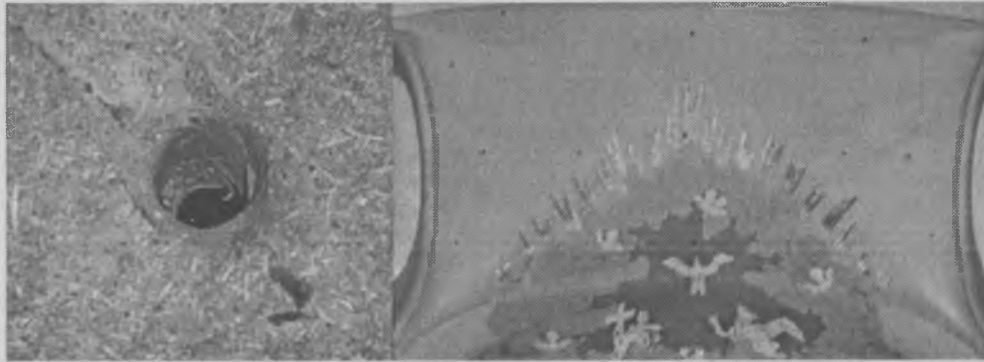


Рис. 6. Отверстия в перекрытии чердака для удаления воздуха

Таблица 1. Результаты исследований параметров микроклимата органного зала Софийского собора

Наименование исследуемого параметра	Экспериментальная величина	Нормативная величина
Температура воздуха, °С	15,8	16
Относительная влажность, %	56,3	40–55
Скорость движения воздуха, м/с	0,19	0,20

Таблица 2. Температура на внутренних поверхностях ограждающих конструкций Софийского собора

Наименование ограждающей конструкции	Среднее значение температуры, °С
Наружные стены органного зала: участок 1 — нижняя зона участок 2 — верхняя зона потолок	+14,5 +15,5 +16,4
Ограждающие конструкции чердака	-2

вредностей и в соответствии с санитарно-гигиенической нормой [3–6].

Требуемые воздухообмены составили, м³/ч, соответственно:

- для ассимиляции явной теплоты — 2570;
- для ассимиляции влаги — 1310;
- для ассимиляции углекислого газа — 3410;
- по санитарно-гигиенической норме — 9120.

Сравнение полученных данных с экспериментальными выявило, что существующая система вентиляции не в состоянии обеспечить требуемые воздухообмены. Это является одной из причин увлажнения внутренних поверхностей наружных ограждений органного зала.

Определение параметров микроклимата в объеме чердака показало, что средняя температура воздуха $t_{\text{чер}}$ на чердаке равна 3,2 °С, относительная влажность $\phi_{\text{чер}} = 78,2\%$, а скорость движения воздуха $v_{\text{чер}} = 0,4$ м/с. Температура на поверхности кровли $t_{\text{кровли}} = (-1,5) \text{ } ^\circ\text{C} - (-1,8) \text{ } ^\circ\text{C}$. Анализ полученных данных показывает, что на охлажденных конструкциях чердака происходит конденсация пара из воздуха, поступающего на чердак из помещения органного зала. Визуальный осмотр чердака подтвердил наличие увлажнения конструкций.

необходимо было запроектировать и организовать вентиляцию нижней поверхности кровельного покрытия. То есть организовать поступление наружного воздуха в чердачный объем и удаление его через щели у конька, как показано на рис. 8.

Осмотр покрытия показал, что пленка уложена с нарушением технологии и перекрывает возможный выход воздуха, а соединение картин у конька одинарным стоячим фальцем также препятствует удалению воздуха. Как уже говорилось выше, в зимний период, после ремонта кровли, началась конденсация водяных паров, содержащихся в теплом воздухе, поступающем из объема органного зала. По этой причине отверстия в перекрытии чердака были закрыты и удаление теплого воздуха из органного зала прекратилось. Влага начала конденсироваться на сводах собора, увлажняя их и разрушая внутренний отделочный штукатурный слой.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА ПОМЕЩЕНИЙ СОБОРА

На основании данных, полученных при обследовании, разработаны варианты технических решений по предотвращению конденсации влаги на строительных конструкциях собора и нормализации параметров микроклимата органного зала. Предлагаемые технические решения не предусматривали вмешательства в конструкцию новой, смонтированной в 2007 году, кровли чердака.

Представлены два направления решения указанной проблемы. Первое предусматривает выполнение дополнительной теплоизоляции перекрытия при организации естественной вентиляции чердака, второе — дополнительной теплоизоляции перекрытия при организации механической вентиляции органного зала и исключения поступления влажного воздуха в объем холодного чердака.

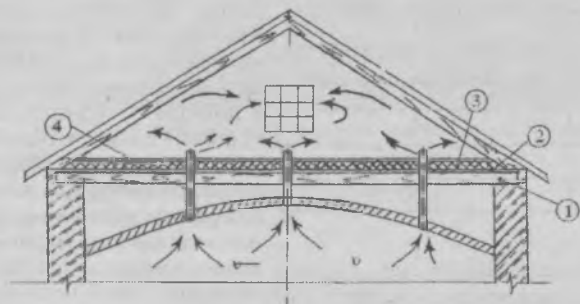
При организации естественной вентиляции возможны два варианта выполнения указанной задачи. В первом случае необходимо предусмотреть дополнительную теплоизоляцию перекрытия, уложив слой



Рис. 7. Конструкция кровли чердака Софийского собора



Рис. 8. Организация вентиляции покрытия чердака при использовании антиконденсатной пленки "Ютакон Н 130 ВС УВ"



1 — балки стропильной системы; 2 — фальшпол;
3 — дополнительный слой утеплителя;
4 — каналы для удаления воздуха

Рис. 9. Схема дополнительной теплоизоляции и организации естественной вентиляции чердака

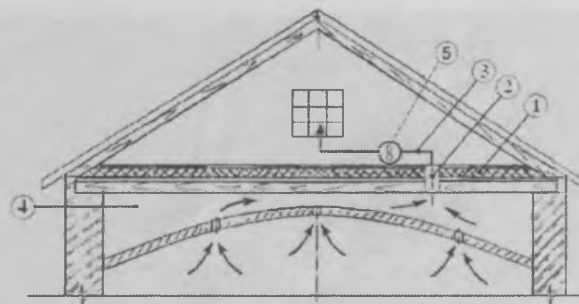
утеплителя из каменной ваты. Существующий слой теплоизоляции из минеральной ваты следует убрать. Для конструктивного решения дополнительного утепления необходимо выполнить оценку несущей способности перекрытия и возможности укладки на него дополнительных слоев. Существующие вентиляционные отверстия в перекрытии должны быть открыты и продолжены через слой теплоизоляции дополнительными воздуховодами. Поступивший в объем чердака влажный воздух будет ассимилироваться наружным воздухом, проходящим от слухового окна главного фасада к слуховому окну дворового фасада. Для этого в верхней части существующих оконных проемов необходимо установить слуховые окна с жалюзийными решетками.

Вторым вариантом является выполнение дополнительной теплоизоляции перекрытия чердака, что можно осуществить, отгородив его от объема холодного чердака фальшполом. Схема дополнительной теплоизоляции перекрытия и организации вентиляции представлена на рис. 9. Выполнение дополнительного утепления перекрытия чердака по данной схеме предполагает укладку по балкам стропильной системы пола из досок (см. рис. 9, поз. 2), по которому укладывается слой утеплителя 3 (см. рис. 9). Удаление воздуха из органичного зала организуется по воздуховодам 4, дополнительно установленным в отверстиях перекрытия (см. рис. 9). Ассимиляция влажного воздуха, поступившего в объем чердака над фальшполом, будет происходить, как и в первом случае, наружным воздухом,

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Комеч, А. И. Древнерусское зодчество конца X — начала XII веков: Византийское наследие и становление самостоятельной традиции / А. И. Комеч. — М., 1987.
2. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях: ГОСТ 30494-96. — М., 1999. — 13 с.
3. Культовые здания и сооружения здания, сооружения и комплексы православных храмов: ТКП 45-3.02-83-2007. — Минск: РУП "Стройтехнорм", 2003. — 45 с.
4. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: СНБ 4.02.01-03. — Минск: РУП "Стройтехнорм", 2003. — 81 с.
5. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности: ГОСТ 12.2.007.0-75. — М.: ИПК "Издательство стандартов", 1978. — 12 с.

Статья поступила в редакцию 11.04.2011.



1 — теплоизоляция; 2 — канал для удаления воздуха;
3 — вытяжная система вентиляции;
4 — теплоизолированное пространство между фальшполом и перекрытием; 5 — вентилятор

Рис. 10. Схема устройства дополнительной теплоизоляции перекрытия чердака при организации механической вентиляции

поступающим в пространство чердака через жалюзийные решетки в слуховых окнах.

В случае выбора варианта с механической вентиляцией органичного зала предлагается следующее решение. В первую очередь выполняется теплоизоляция перекрытия чердака. Слой утеплителя укладывается на дополнительно уложенный по стропильным балкам пол из досок (фальшпол). Поверх слоя утеплителя предусматривается стяжка из цементно-песчаного раствора. Удаляемый из органичного зала через отверстия в сводах воздух направляется в изолированное пространство между перекрытием и фальшполом. В изолированном пространстве должна поддерживаться температура воздуха 12 °С–14 °С — таким образом, организуется "теплый подчердачный объем". Удаление воздуха из подчердачного объема следует организовать с использованием механической вытяжной установки.

Схема устройства дополнительной теплоизоляции перекрытия чердака и организации механической вентиляции показана на рис. 10. Как видно из схемы, представленной на рис. 10, влажный воздух удаляется в атмосферу, не поступая в объем холодного чердака. Таким образом, конденсация водяного пара на внутренней поверхности кровли будет исключена.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На примере обследования Софийского собора в г. Полоцке показано, что реставрация и внесение изменений в конструкции сооружений подобного типа требуют детальной проработки и серьезного анализа физических процессов, связанных с последующей эксплуатацией конструкции. Ошибки, возникающие в процессе реставрации, могут привести к нарушению тепловлажностного режима помещений, что в свою очередь отразится на сохранности ограждающих конструкций и внутренней отделки культовых сооружений.

Результаты исследования по влиянию различных факторов на тепловлажностный режим помещений православных храмов позволят найти решения и разработать рекомендации для обеспечения параметров микроклимата в помещениях реконструируемых и ремонтируемых объектов.