

Исходными данные для расчета являются следующие величины:  $d_{ст}$ , м;  $\varphi_{ст}$ , %;  $t_{в}$ , °C;  $t_{н}$ , °C;  $F_{ст}$ , м<sup>2</sup>.

По формулам, представленным в [1,2,4], в зависимости от  $t_{в}$ , расчетной  $t_{н}$ , толщины стены  $d_{ст}$  и ее влажностных условий эксплуатации определяем величину сопротивления теплопередаче наружной ограждающей конструкции  $R_{ст}$ .

Затем, при известных площади одной стены  $F_{ст}$ , количестве наружных стен в подклете, их ориентации надземных частей по отношению к сторонам горизонта, четырех зон подземных частей,  $t_{в}$ ,  $t_{н}$ , определяются теплопотери через поверхность наружного ограждения  $Q_{ст}$ .

Пример №1. Определить изменение сопротивления теплопередачи стены  $\Delta R_{ст}$  при изменении влажности строительной конструкции от  $\varphi_{ст1}=20\%$  до  $\varphi_{ст2}=4\%$ , если  $d_{ст}=0,76$  м.

По графикам, приведенным в разделе 2.6.3, в зависимости от значений  $d_{ст}=0,76$  м,  $\varphi_{ст1}=20\%$ , находим величину  $R_{ст1}=0,478$  (м<sup>2</sup>×°C)/Вт. Аналогично при  $d_{ст}=0,76$  м,  $\varphi_{ст2}=4\%$  находим  $R_{ст2}=1,326$  (м<sup>2</sup>×°C)/Вт.

$$\Delta R_{ст} = R_{ст2} - R_{ст1} = 1,326 - 0,478 = 0,848 \text{ (м}^2 \times \text{°C) / Вт.}$$

Пример №2. Определить, как изменятся теплопотери храма, если при реконструкции влажность строительной конструкции изменится от  $\varphi_{ст1}=20\%$  до  $\varphi_{ст2}=4\%$  при следующих исходных данных:  $t_{в}=14$  °C,  $d_{ст}=0,76$  м,  $F_{ст}=5,0 \text{ м} \times 2,5 \text{ м} = 12,5 \text{ м}^2$ ,  $t_{н}=-30$  °C, стена ориентирована на север.

По графикам, приведенным в разделе 2.6.3, в зависимости от значений  $d_{ст}=0,76$  м,  $\varphi_{ст1}=20\%$ , находим величину  $R_{ст1}=0,478$  (м<sup>2</sup>×°C)/Вт. Аналогично при  $d_{ст}=0,76$  м,  $\varphi_{ст2}=4\%$  находим  $R_{ст2}=1,326$  (м<sup>2</sup>×°C)/Вт.

Тогда

$$K_{ст1} = 1/R_{ст1} = 1/0,478 = 2,09 \text{ Вт / (м}^2 \times \text{°C);}$$

$$K_{ст2} = 1/R_{ст2} = 1/1,326 = 0,75 \text{ Вт / (м}^2 \times \text{°C).}$$

Общие потери теплоты теплопроводностью через наружные ограждающие конструкции  $Q_{ст}$  определяются согласно [3, 5].

Добавочные потери теплоты  $b$  определяются согласно рекомендациям п. 2 прил. 9 [1]. В данном случае помещение имеет одну наружную стену, обращенную на север, поэтому примем  $b=0,1$ .

Тогда потери тепла через стену составит

$$Q_{ст1} = \frac{2,09 \cdot 12,5 (14 - (-31))(1 + 0,1)}{1} = 1293 \text{ Вт;}$$

$$Q_{ст2} = \frac{0,75 \cdot 12,5 (14 - (-31))(1 + 0,1)}{1} = 464 \text{ Вт.}$$

Уменьшение теплопотерь составит

$$\Delta Q = Q_{ст1} - Q_{ст2} = 1293 - 464 = 829 \text{ Вт.}$$

Относительное уменьшение теплопотерь через стены за счет изменения влажности наружной ограждающей конструкции

$$\frac{\Delta Q}{Q_{ок1}} = \frac{829}{1293} 100\% = 64\%.$$

Общие теплопотери храма по укрупненным показателям при  $h_{зд}=12$  м,  $l_{зд}=24$  м,  $a_{зд}=9$  м,  $Q_0=0,50$  Вт/(м<sup>2</sup>×°C) составят

$$Q_0 = q_0 h_{зд} l_{зд} a_{зд} (t_{в} - t_{н}) = 0,50 \cdot 12 \cdot 24 \cdot 9 (14 - (-31)) = 58320 \text{ Вт.}$$

Относительное уменьшение теплопотерь через наружные ограждающие конструкции по отношению к общим теплопотерям здания за счет изменения влажности стены составит

$$\frac{\Delta Q}{Q_0} = \frac{829}{58320} 100\% = 1,4\%.$$

Из проведенных расчетов следует, что за счет осушения даже небольшого участка наружной ограждающей конструкции можно достигнуть экономии тепловой энергии, равной 1,4% от общих первоначальных теплопотерь здания.

Расчеты показывают, что даже такое небольшое увеличение  $R_{ст}$  и снижение теплопотерь здания приводит к снижению  $t_{н}$ , при которой начинает выпадать конденсат на внутренней поверхности наружной ограждающей конструкции, на 0,5÷3,0°С при прочих равных условиях. Это позволяет в совокупности с другими мероприятиями обеспечить оптимальные условия для находящихся в нем людей, продуктов, церковной утвари и фресок, что способствует долгой функциональной надежности сооружения.

#### Список литературы

1. СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование / Госстрой России. – М., ФГУП ЦПП, 2004. – 76 с.
2. СТО 00044807-001-2006. Теплозащитные свойства ограждающих конструкций зданий.
3. Сизов Б.Т. Теплофизические аспекты сохранения памятников архитектуры / Б.Т. Сизов // АВОК. 2002. № 1. – С. 24-28.
4. Кочев А.Г. Основные зависимости для расчета тепловлажностных характеристик, влияющих на микроклимат и сохранность подклетов православных храмов / А.Г. Кочев, О.В. Пасякина // Прив. научн. журнал. – 2007. – № 3. – С. 75-82.
5. Кочев А.Г. Задачи, решаемые при разработке микроклиматических условий в церквях / А.Г. Кочев // Известия вузов. Строительство. – 1999. – № 6. – С. 88-93.

#### ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОНСТРУКЦИИ ТЕПЛОВОЙ ПЕНОПОЛИМИНЕРАЛЬНОЙ ИЗОЛЯЦИИ

Кольчатов Е.Ю., Кочева М.А.

*Нижегородский государственный  
архитектурно-строительный университет, Нижний  
Новгород, e-mail: Kolchatov.e@yandex.ru*

«ВНИПИЭнергопром» совместно с КИСИ [1] проведен комплекс исследований, в задачу которых входит определение адгезии ППМИ труб, при температурном перемещении под воздействием сезонных или суточных колебаний температуры теплоносителя, а также способности наружного коркового слоя выдерживать без разрушения нагрузки, передаваемые ему через грунт от наземного транспорта.

Пенополимерминеральная (ППМ) изоляция представляет собой трехслойную моноконструкцию с переменной по сечению плотностью: внутренний плотный, прилегающий к трубе слой, выполняющий функцию антикоррозионной защиты, срединный – теплоизоляционный, наружный плотный слой, выполняющий функции гидроизоляции и служащий для защиты от механических повреждений [2]. Прочностные и деформационные характеристики теплопроводов имеют определяющее значение при бескапельной прокладке тепловых сетей.

В программу исследований вошли лабораторные испытания, в ходе которых определены: деформационные характеристики наружного коркового и срединного слоев; характеристики теплоизоляционного слоя при сдвиге, в том числе разрыв срединного слоя, сдвиг трубы относительно внутреннего коркового

слоя, отрыв срединного теплоизоляционного слоя от внутреннего коркового слоя; общая жесткость теплопровода; коэффициент постели теплогидроизоляционной конструкции.

Испытания на сдвиг дают возможность оценить адгезионную прочность контакта стальной трубы с изоляцией из ППМИ при температурном перемещении трубы.

Испытания конструкции на чистый изгиб были проведены для анализа ее поведения в условиях воздействия транспортных нагрузок, а также при возможной просадке грунтового основания.

Коэффициент постели, определение которого также входит в задачу исследований, необходим для расчета теплопроводов, прокладываемых бесканальным способом и в каналах.

Модуль упругости наружного коркового слоя изоляции из ППМИ определен в соответствии с рекомендациями [1] на плоских образцах, имеющих рабочую длину 220-260 мм, ширину 30-36 и толщину 3,5-4,5 мм. на концы образцов наклеены накладки из шпона длиной около 80 мм с уклоном 1:25. для измерения деформаций на каждый образец с наружной и внутренней стороны наклеены тензодатчики. Регистрация деформаций производится с помощью цифрового измерителя ИДЦ-1а, имеющего чувствительность  $10^{-3}$  отн. ед. деформации.

Предварительно для образцов наружного коркового слоя были установлены: предел прочности на сдвиг ( $\sigma = 3,5 \div 4,0$  Мпа); и разрушающая нагрузка ( $F_{\max} = 0,6 \div 0,7$  кН).

После статической обработки результатов испытаний серии из пяти образцов определены исследуемые характеристики сечений и интегральная приведенная жесткость теплопровода с ППМИ при условном диаметре стальной трубы 50 мм (таблица).

ры на 30°C, оказывается не ниже 45-50 МН/м<sup>3</sup>. [3,4]. Прочность на сжатие образцов ППМИ, определена при испытаниях, оказалась достаточно высокой и составила 1,5-2 МПа.

#### Список литературы

- ГОСТ 25. 601-80. Методы механических испытаний материалов с полимерной матрицей (композитов); метод испытаний плоских образцов на растяжение при нормальной, повышенной и пониженной температурах. – М.: Издательство стандартов, 1980. – 30 с.
- Ковьянский Я.А. и др. Снижение тепловых потерь при использовании полимербетона в качестве изоляции подземных теплопроводов // Энергетическое строительство, 1982, № 9, – с. 32-34.
- Сазонов А.М., Ковьянский Я.А. Исследование прочностных и деформационных характеристик теплоизоляционной конструкции из полимербетона // Энергетическое строительство. – М., 10/92. – с.30-34.
- Романовский С.П. О развитии генерирующих мощностей в Москве // Энергосбережение. №1, 2004. – С. 3-5.

### МЕРОПРИЯТИЯ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ КОНДЕНСАЦИИ ВОДЯНЫХ ПАРОВ НА ПОВЕРХНОСТЯХ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ ПОДВАЛЬНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Кочева Е.А., Афоньшин С.А.

Нижегородский государственный  
архитектурно-строительный университет, Нижний  
Новгород, e-mail: dimanpravlov91@mail.ru

Мероприятиями для предотвращения конденсации водяных паров на незаглубленных и заглубленных поверхностях наружных ограждений подклетов (цокольных или подвальных помещений) храмов являются: осушка переувлажненных конструкций до равновесной влажности, дополнительное утепление наружных ограждений, конструирование систем отопления и вентиляции, а при наличии оконных проемов – установка дополнительного ряда оконных рам (двойное или тройное остекление) с подачей теплого воздуха от нагревательных приборов к окнам с помощью декоративных направляющих экранов.

Исследуемые характеристики сечений участка стального трубопровода

Элементы комплексного сечения теплопровода	Наружный диаметр $D_{\text{н}}$ , см	Внутренний диаметр $D_{\text{в}}$ , см	Осевой момент инерции $I_{\text{п}}$ , см <sup>4</sup>	Модуль упругости $E_{\text{п}} \times 10^3$ , Мпа	Жесткость на изгиб $E I_{\text{п}} \times 10^3 \text{Н} \cdot \text{м}^2$
Стальной трубопровод	5,7	4,9	23,5	20,58	48,336
Внутренний корковый	6,5	5,7	35,8	1,715	0,614
Наружный корковый	14,0	13,2	395,4	1,715	6,781
Срединный пористый	13,2	6,5	1402,6	0,389	5,456

Суммарная жесткость на изгиб всех элементов комплексного сечения составляет:  $\Sigma(E I_{\text{п}}) = 61,187$ .

Критерием работоспособности системы теплоизоляции является ее деформативность. для оценки адгезионной прочности системы проведены испытания прямолинейных образцов труб с ППМИ  $D_{\text{н}} = 50$  мм. Исследования показали, что изоляция деформировалась без разрушения до момента, пока прогиб посередине пролета, равного 1 м, не достигал 8-9 см. При дальнейшем увеличении нагрузки и прогибов в изоляции в средней четверти пролета образовывались две поперечные трещины, которые возникают при потере стальной трубой несущей способности, а так же при образовании в изоляции пластического шарнира. Следовательно при работе трубопровода в период эксплуатации в упругой стадии адгезионный контакт между ППМИ и стальной трубой не приведет к разрушению.

Испытания, проведенные для теплопроводов условными диаметрами 50 и 100 мм, показывают, что коэффициент постели теплогидроизоляционной конструкции при незначительной интенсивности деформирования, соответствующий изменению температу-

Православные храмы круглогодичного действия в регионах с расчетной температурой наружного воздуха  $t_{\text{н}} \leq -25^\circ\text{C}$  имеют в основном однослойную конструкцию стен подклетов из глиняного обыкновенного кирпича толщиной в пределах  $\delta_{\text{с}} = 0,9 \div 1,54$  м.

В большинстве храмов не только Нижегородской, Владимирской, Пермской и Ивановской областей заглубленные конструкции восстанавливаемых и реконструируемых храмов находятся в переувлажненном состоянии.

Температурное поле наружной стены вблизи оконных проемов изменяется. Это изменение тем значительнее, чем толще стена и чем меньше расстояние между оконными переплетами. При этом температура внутренней поверхности стены несколько повышается по мере приближения к углу проема, а на откосах проема резко понижается.

В зонах с отрицательными значениями температуры в толще конструкции стен и откосов оконных проемов подклетов происходит замерзание конденсата и влаги, что приводит к разрушению структуры материала и снижению его прочностных характеристик.