

УДК 692.232.4

**Менейлюк А.И., Бабий И.Н.,***Одесская государственная академия строительства и архитектуры***Менейлюк И.А.***Киевский национальный университет строительства и архитектуры*

## **ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ УСТРОЙСТВА ВЕНТИЛИРУЕМЫХ ФАСАДНЫХ СИСТЕМ НА ИХ ТЕПЛОЗАЩИТНЫЕ СВОЙСТВА**

**Актуальность.** Одной из главных задач в строительной отрасли является повышение энергоэффективности зданий и сооружений. Одним из решений данной задачи является наружное утепление фасадов строящихся зданий, которые реконструируются, а также тех, которые подвергаются термомодернизации.

Из всего множества систем, которые предложены на рынке утепления фасадов, способные решить поставленную задачу, следует выделить навесные фасадные системы (НФС) с вентилируемой воздушной прослойкой. Эти системы способны обеспечить как требуемый современными нормами уровень теплозащиты зданий, так и удовлетворить требования пользователей о тепловом комфорте помещений.

Применение этих систем было начато на постсоветском пространстве с начала 90-х годов прошлого столетия, но более активно и массово все же их начали использовать, особенно при строительстве жилых зданий, в начале XXI века, как раз в разгар строительного бума. В свою очередь за рубежом навесные фасадные системы массово начали применять в начале 70-х годов прошлого столетия. Как и в случае применения систем теплоизоляции с другими технологическими решениями, в таких системах до сегодняшнего дня ведутся дискуссии об оптимизации технологических решений при их устройстве [1-3]. Так, в первую очередь, в навесных фасадных системах речь идет о возможности эмиссии волокон минераловатного утеплителя, который является основным в таких системах теплоизоляционным материалом. В некоторых источниках рекомендуют во избежание, в том числе и этого явления, устраивать ветрозащитную мембрану поверх утеплителя. В других,

напротив, с целью повышения пожаробезопасности рекомендуют устраивать НФС без мембраны, т.к. во многих случаях именно ее наличие приводит к быстрому распространению огня по всей плоскости фасада в случае пожара [4].

Эмиссия волокон ваты в значительной степени зависит как от свойств и структуры минераловатного утеплителя, влажности воздуха, так и аэродинамических нагрузок, возникающих в вентилируемой прослойке. Такое физическое явление, как эмиссия волокон с течением времени эксплуатации системы, может привести к существенному снижению сопротивления теплопередаче стены с конструкцией НФС. В свою очередь это приведет к увеличению нагрузки на систему отопления здания. Таким образом, определение срока эффективной эксплуатации минераловатного утеплителя и его влияние на теплозащитные свойства НФС без ветрозащитной мембраны являются актуальными.

**Цель работы.** Определение влияния технологических особенностей устройства навесных вентилируемых фасадов на изменение сопротивления теплопередаче, обусловленное эмиссией волокон из минераловатного утеплителя с различными плотностями.

### **Результаты исследований.**

При решении инженерно-технологических задач по выбору теплоизоляции одной из самых главных и ответственных является задача прогнозирования сроков эффективной эксплуатации технологических систем вентилируемых фасадов. При таком прогнозировании можно проектировать системы с заданным комплексом физико-механических свойств при минимуме расхода материальных и энергетиче-

ских ресурсов. Решение такой задачи сводится к определению наиболее значимого показателя качества системы, которым является сопротивление теплопередаче.

Как указывалось ранее, в теплоизоляционных навесных системах вентилируемых фасадов одним из основных материалов, оказывающих влияние на эксплуатационную эффективность, является минераловатный утеплитель.

За эксплуатационную эффективность вентилируемого фасада принят безремонтный период эксплуатации, при котором система сохраняет расчетный нормативный показатель сопротивления теплопередаче.

Для выполнения цели исследований использовались следующие параметры. Скорость воздушного потока в вентилируемом пространстве составляла 16 м/с. Это значение принято исходя из моделирования процесса скорости воздушного потока в реальных условиях. Также в лабораторных условиях было имитировано влияние влажности окружающего наружного воздуха на процесс выветривания. Это позволяло получить достоверные результаты. Поскольку в некоторых источниках предполагается, что незначительная концентрация влаги в материале может приводить к разрушению связей минеральных волокон в самом утеплителе, т.е. нарушается когезионное сцепление, что увеличивает эмиссию волокон и разрушает материал [5].

В качестве варьируемых факторов приняты:  $X_1$  – минераловатные утеплители трех плотностей (40, 80 и 150 кг/м<sup>3</sup>);  $X_2$  – время выветривания (90±66) часов.

На основании результатов исследований, изменения массы утеплителей различных плотностей с течением времени было рассчитано изменение толщины утеплителя  $\Delta S$  для исследуемых видов минеральной ваты.

Диаграмма, отображающая влияние плотности утеплителя, времени аэродинамического воздействия на уменьшение толщины минераловатного утеплителя показана на рис. 1.

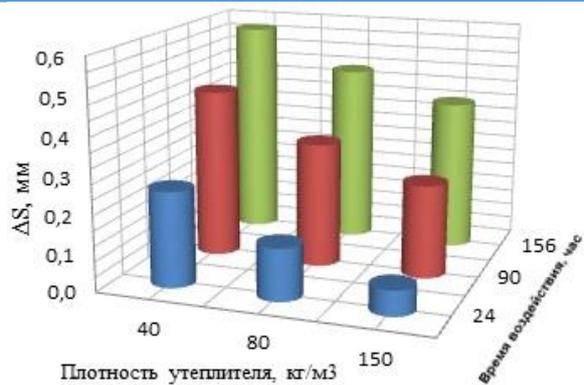


Рис. 1. Влияние плотности утеплителя и времени воздействия на изменение толщины образцов утеплителя

При времени воздействия воздушного потока 156 часов, уменьшение толщины образцов утеплителя плотностью 40, 80 и 150 кг/м<sup>3</sup> составило 0,576 мм, 0,473 мм и 0,4 мм соответственно. Наименьшим изменением толщины за исследуемый период времени, характеризуется минераловатный утеплитель с плотностью 150 кг/м<sup>3</sup>.

Для каждого вида минеральной ваты были определены уравнения регрессии, отображающие характер изменения толщины во времени. Изменение толщины утеплителя для всех исследуемых образцов, описывается логарифмическими зависимостями, которые приведены ниже:

$y_{40} = -0,00022 \ln(x) + 0,05055$ , для утеплителя плотностью 40 кг/м<sup>3</sup>;

$y_{80} = -0,00017 \ln(x) + 0,05046$ , для утеплителя плотностью 80 кг/м<sup>3</sup>;

$y_{150} = -0,00015 \ln(x) + 0,05043$ , для утеплителя плотностью 150 кг/м<sup>3</sup>.

Исходя из того, что технологические системы теплоизоляции фасадов, которые были подвергнуты климатическим и аэродинамическим испытаниям в лабораторных условиях, имеют закономерности вполне сопоставимые с закономерностями систем, эксплуатируемых в натуральных условиях, были рассчитаны изменения толщины утеплителей на период 25 условных лет. Изменение толщины рассчитывалось на основании полученных закономерностей изменения толщины в процессе выветривания.

Как указывалось выше, в экспериментальной установке скорость воздушного

потока составляла 16 м/с, но в реальных фасадных системах скорость редко превышает 2 м/с, практически, только в приморских прибрежных районах. Это сделано с целью интенсификация процесса выветривания и уменьшения времени, необходимого для проведения исследования. Зависимость между скоростью воздушного потока и уменьшением толщины была принята линейной, это позволит перейти от результатов предварительного и двухфакторного экспериментов к значениям, применимым в реальных фасадных системах. В дальнейших расчетах скорость движения воздушного потока в фасадных системах принята равной 1м/с. Поэтому количество часов, проведенного эксперимента было увеличено в 16 раз и далее спрогнозированы результаты до значения 25 лет

(300 календарных месяцев), для отображения процесса выветривания в натуральных условиях.

На графике (рис. 2) изображено изменение толщины утеплителя, в сравнении с его исходным размером толщины 50 мм, в условиях длительной эксплуатации (25 лет). Как и следовало предполагать, наименьшей устойчивостью к аэродинамическим воздействиям обладает минеральная вата с плотностью 40 кг/м<sup>3</sup>. Следует отметить, что уже через предполагаемые 156 месяцев эксплуатации толщина минеральной ваты, практически, прекращает изменять свои геометрические размеры, а именно толщину. Толщина минераловатного утеплителя за данный промежуток времени уменьшилась на 0,0019 м.

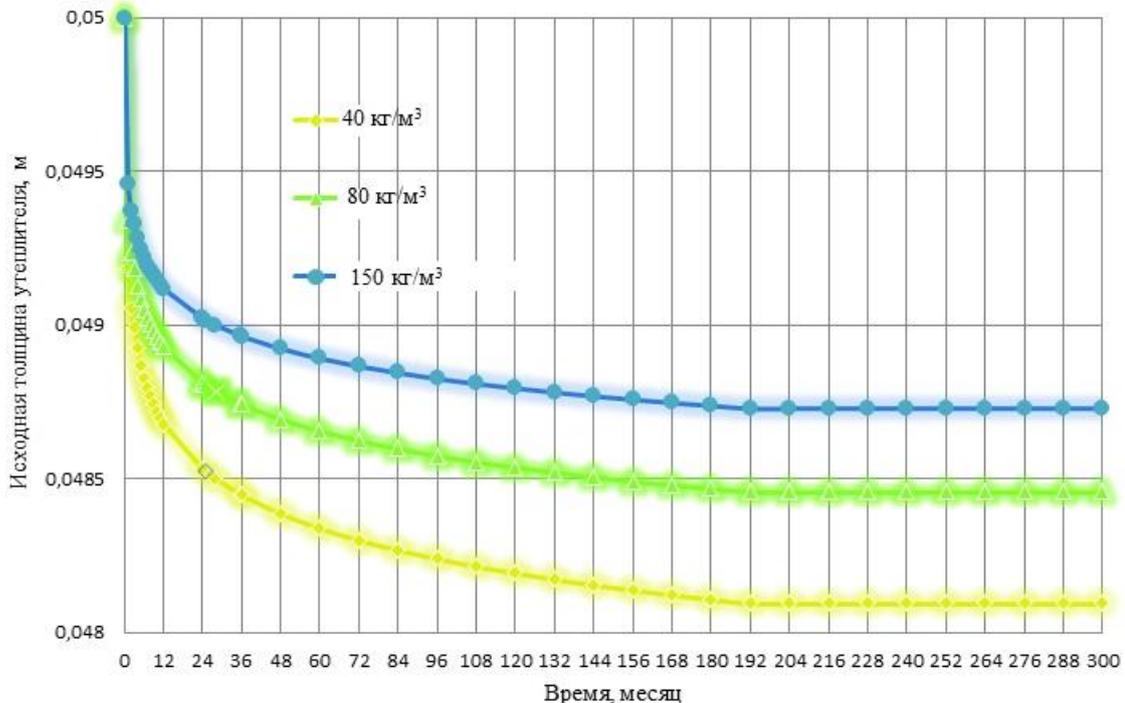


Рис. 2. Изменение толщины утеплителя в условиях длительной эксплуатации (25лет) в зависимости от его плотности

На основании полученных данных по изменению теплопроводности минерало-

ватного утеплителя был произведен расчет показателей сопротивления теплопередаче системы, рис. 3.

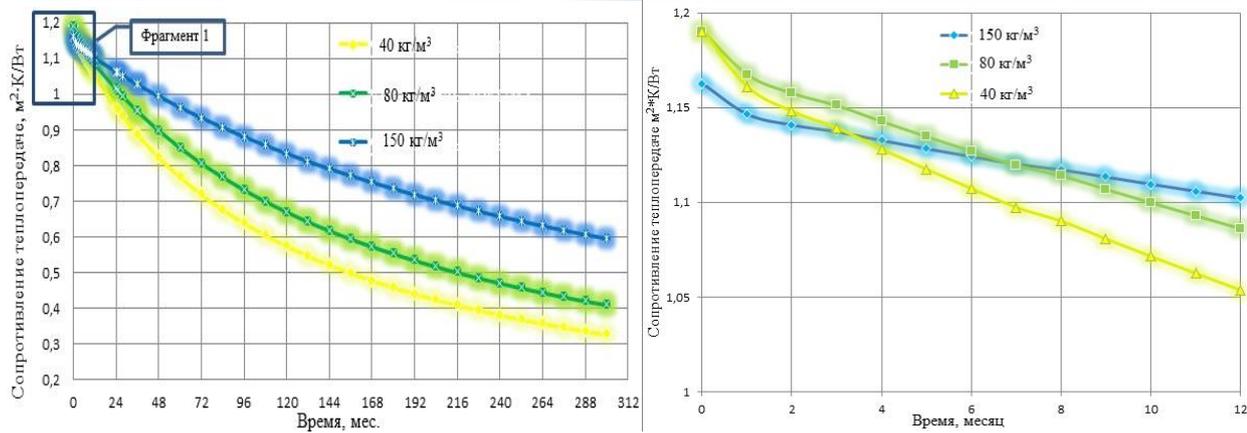


Рис. 3. Влияние времени эксплуатации систем на их сопротивление теплопередаче в зависимости от плотности утеплителя (а) и фрагмент 1 – изменение сопротивления теплопередаче в течении одного года (б)

Исследованиями, технологической системы теплоизоляции в лабораторных условиях с учетом регрессионного анализа, было установлено, что продолжительность ее эффективной эксплуатации во многом зависит от плотности материала утеплителя. Выявлено, что в случае использования в технологической системе утеплителя (минеральной ваты) с большей плотностью, сопротивление теплопередаче увеличивается по сравнению с менее плотным утеплителем. При этом необходимо отметить, что в течении 25 лет в случае использования минераловатного утеплителя плотностью 150 кг/м<sup>3</sup> сопротивление теплопередаче системы уменьшится в среднем в 2 раза, в то время как аналогичный показатель для ваты с плотностью 40 кг/м<sup>3</sup> – в 4 раза. В свою очередь, например, после пяти лет (60 месяцев) эксплуатации технологической системы, изменение плотности утеплителя с 80 на 150 кг/м<sup>3</sup> приводит к увеличению сопротивления теплопередаче с 0,852 до 0,964 м<sup>2</sup>·К/Вт, т.е. на 10,7 %.

Исходя из графика, изображенного на рисунке 3.б, сопротивление теплопередаче уменьшается с течением времени. При этом интересно отметить, что наибольшим сопротивлением теплопередаче в начальный период времени эксплуатации системы характеризуется минераловатный утеплитель с плотностью 40 кг/м<sup>3</sup>. А наименьшим минераловатный утеплитель плотностью 150 кг/м<sup>3</sup>. Причем такая тенденция сохраняется до 3 месяцев

эксплуатации, когда их показатели становятся аналогичными и равняются 1,13 м<sup>2</sup>·К/Вт. В дальнейшем сопротивление теплопередаче минераловатного утеплителя с плотностью 150 кг/м<sup>3</sup> изменяется незначительно в среднем на 0,009 м<sup>2</sup>·К/Вт за 2 месяца. В свою очередь минеральная вата плотностью 80 кг/м<sup>3</sup>, имеющая в начальный период большее сопротивление теплопередаче, нежели образец плотностью 150 кг/м<sup>3</sup> уже через 7 месяцев обладает аналогичным показателем с минеральной ватой плотностью 150 кг/м<sup>3</sup>. Система с минераловатным утеплителем с плотностью 40 кг/м<sup>3</sup> характеризуется стабильным уменьшением сопротивления теплопередаче в течении исследуемого времени. При этом за один год эксплуатации этот показатель уменьшается на 13 %. За аналогичный период для минераловатного утеплителя с плотностью 80 кг/м<sup>3</sup> снижение составило 8%, а для плотности 150 кг/м<sup>3</sup> – 3%, рис.3.б.

**Выводы**

1. Исследованиями установлено, что наибольшим процентом потери массы при выветривании характеризуется минераловатный утеплитель с плотность 40 кг/м<sup>3</sup>
2. Экспериментально установлено, что за 156 часов интенсивного выветривания минераловатный утеплитель плотностью 40 кг/м<sup>3</sup> потерял в массе – 4,3 г., утеплитель плотностью 80 кг/м<sup>3</sup> – 5,6 г., утеплитель плотностью 150 кг/м<sup>3</sup> – 8,1 г.
3. На основании экспериментально-теоретических исследований получены данные, позволяющие спрогнозировать

срок эффективной эксплуатации систем теплоизоляции.

**ЛИТЕРАТУРА:**

1. Фаренюк Г.Г. Класифікація систем утеплення за експлуатаційними та конструктивними ознаками та порівняльний аналіз їх теплотехнічних властивостей / Фаренюк Г.Г. // Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка. –2008. - № 1 (28). – С.45-53.
2. Умнякова Н.П. Элементы навесных вентилируемых фасадов, определяющих их теплозащитные свойства/ Н.П.Умнякова / Актуальные вопросы строительной физики. – М.: НИИСФ, 2009. – С.372-380.
3. Dagnall M., Window A., Leung A., Thompson D. Analytical assessment of thermal performance of a ventilated glazed façade system // Proceedings of Building Simulation: 12<sup>th</sup> Conference of international Building Performance Simulation Association, Sydney, 2011, 14-16 November. PP. 808-815.
4. Гагарин В.Г. Продольная фильтрация воздуха в современных ограждающих конструкциях. Метод оценки теплозащиты стены здания с вентилируемым фасадом с учетом продольной фильтрации воздуха / Гагарин В.Г., Козлов В.В., Садчиков А.В. // Журнал «АВОК».- 2005. - №8. - С.60-70.
5. Карапузов Є.К. Утеплення фасадів / Є.К.Карапузов, В.Г.Соха. - К.: Вища освіта, 2007. – 318с.

УДК 624.014:624.046.2

**Агеенко С.Б.**

*Харьковский национальный университет строительства и архитектуры*

**ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ И УСТОЙЧИВОСТИ МОДУЛЬНЫХ ЛЕСОВ ДЛЯ ШАРНИРНОЙ И УТОЧНЕННОЙ РАСЧЕТНЫХ СХЕМ**

**Введение.** В действующих нормах, как отечественных, так и зарубежных [1-8], нет четких указаний по способу учета начальной податливости в стыках стоек-труб в расчетных схемах модульных лесов. В то же время отмеченный фактор существенно влияет на напряженно-деформированное состояние (НДС) и устойчивость конструкций лесов облегченных типов [9-11] и требует уточнения расчетных схем лесов в процессе их нагружения.

**Цель работы** заключается в определении НДС и устойчивости реальной конструкции модульных лесов по уточненным их расчетным схемам в соответствии с методикой, изложенной в [11].

**Решение задачи.** Для достижения поставленной цели рассмотрена пространственная расчетная схема 2-х секционных модульных лесов высотой 40м (рис. 1) с размерами секций в плане 1.09м x 3.07м и имеющих высоту ярусов по 2.0м. Закрепление к стене по высоте лесов выполнено на уровне каждого яруса. Даная конструкция состоит из следующих основных элементов: стойки – труба Ø48x3.5мм; поперечные ригели, перила – труба Ø48x3.0мм;

ригель усиленный (продольный) - труба Ø48x3.0мм и швеллер 50x40x3; диагонали - труба Ø48x2.5мм; опорные винты - Трап 38x6 ГОСТ 9484-81.

Вертикальные нагрузки на леса включают в себя: поверхностную нагрузку на рабочих площадках интенсивностью 2.0кПа (только для верхнего яруса), а также нагрузку от собственного веса элементов лесов.

Расчеты конструкции лесов производились с помощью вычислительного комплекса SCAD, а также компьютерных программ, разработанных автором.

**Результаты исследований.** На рис. 1, 2 приведены результаты расчетов устойчивости конструкции лесов, которые для сравнения были выполнены по 2-м вариантам:

- **1-ый вариант** - расчетная схема с шарнирными стыками стоек и начальными моментами  $M_0$  в них [9], неизменная в процессе нагружения (рис. 1);
- **2-ой вариант** - расчетная схема с шарнирными стыками стоек лесов и наличием в них начальных моментов  $M_0$  в процессе нагружения корректировалась в соответствии с методикой [11] (рис. 2).