

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

DOI 10.15593/2409-5125/2017.01.08
УДК 693.98

Е.Н. Колесова, Т.М. Бочкарева

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРА РАБОТЫ СИСТЕМ ВЕНТИЛИРУЕМЫХ ФАСАДОВ ЗДАНИЙ

Выполнен анализ навесных вентилируемых фасадов, рассмотрены основные достоинства данных систем. Сформированы основные ошибки, допускаемые при проектировании, монтаже, эксплуатации навесных фасадов. С целью обеспечения бездеформационной работы утеплителя в системе навесных вентилируемых фасадов авторами предложены новые конструктивные решения утеплителя, смоделированные образцами. Образцы состоят непосредственно из утеплителя и структурной плиты, которая обеспечивает создание воздушной прослойки нормируемой ширины. Структурная плита представлена в трех интерпретациях: геокомпозитом, геокомпозитом с двумя фильтрами из геотекстиля, геокомпозитом с одним фильтром из геотекстиля и одной мембраной. Для определения эффективного конструктивного решения структурной плиты в совместной работе с утеплителем, из вариантов, смоделированных авторами, выполнены эксперименты по определению водопоглощения образцов при их частичном и полном погружении в воду с целью определения характера высушивания утеплителя при наличии фиксированной воздушной прослойки. В заключение авторами сформированы общие выводы по результатам исследования. Наиболее эффективным из предложенных авторами конструктивных решений системы утепления вентилируемых фасадов является вариант, предполагающий расположение геокомпозита внутри плиты утеплителя.

Ключевые слова: навесной вентилируемый фасад, утеплитель, геокомпозит, геотекстиль, частичное и полное водопоглощение.

До недавнего времени наружные стены здания облицовывались кирпичом, штукатуркой или деревянной вагонкой. На сегодняшний день выбор отделочных материалов отличается многообразием вариантов.

Одним из привлекательных, современных и прогрессивных вариантов финишной отделки наружных стен является система вентилируемого

Колесова Е.Н., Бочкарева Т.М. Исследование характера работы систем вентилируемых фасадов зданий // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2017. – № 1. – С. 93–104. DOI: 10.15593/2409-5125/2017.01.08

Kolesova E., Bochkareva T. Research in principle of operating of ventilated facades. PNRPU. Applied ecology. Urban development. 2017. No. 1. Pp. 93-104. DOI: 10.15593/2409-5125/2017.01.08

фасада. Учет фактора постоянного роста объемов фасадных работ и предъявляемых к ним достаточно высоких требований по функциональному назначению, а также проблем, связанных с навесными фасадами выявило необходимость исследования и совершенствования данных систем с целью увеличения эффективности их работы, надежности, долговечности и возможности проведения малозатратных реставрационных работ.

Основная идея вентилируемого фасада заключается в устройстве воздушного зазора между теплоизоляционным материалом и облицовочным слоем, предназначенного для удаления лишнего количества влаги в атмосферу [1]. Без устройства воздушного зазора в утеплителе неизбежно будет накапливаться излишняя влага, что приведет к существенным тепловым потерям и уменьшению срока службы теплоизоляционного материала.

Несомненно, система вентилируемого фасада обладает значительными достоинствами [11]:

- устойчивость к атмосферным воздействиям;
- эффективная тепло- и звукоизоляция;
- значительное сокращение затрат на отопление зданий;
- улучшение микроклимата зданий;
- быстрый и всепогодный монтаж системы;
- долговечность (безремонтный срок эксплуатации системы достигает 50 лет);
- низкие расходы на обслуживание фасада;
- огромный выбор различных облицовочных материалов;
- широкая гамма цветовых комбинаций;
- безграничные возможности дизайнерских решений.

Достоинства системы вентиляционных фасадов обуславливают их популярность и повсеместную используемость.

Но с популярностью данной отделки фасадов зданий имеет место недостаточность исследования характера работы вентилируемой системы в процессе эксплуатации. Опыт строительства указывает на необходимость анализа и детального исследования наиболее часто встречаемых ошибок, допускаемых при проектировании, монтаже, эксплуатации и демонтаже систем навесных вентилируемых фасадов.

Основной проблемой вентилируемых фасадов является ненормированность толщины вентилируемого зазора: недопустимо копирование ранее рассчитанного варианта величины вентилируемого зазора в различных климатических условиях без учета конфигурации здания [5]. Каждое здание проектируется индивидуально и характеристики воздушного зазо-

ра должны подбираться с учетом его геометрических и теплотехнических параметров, а также местоположения здания в пространстве, т.е. необходимо правильно учесть ветровые нагрузки и перепады температур. Общеизвестно, что величина воздушного зазора в системе вентиляционных фасадов непосредственно влияет на влажностный режим утеплителя данных систем. Превышение допустимого порога влажности утеплителя приводит в свою очередь к деформациям системы в целом.

Немаловажным при устройстве системы с вентилируемым фасадом является использование качественных материалов [2]. За последние годы спрос на устройство вентилируемого фасада вырос и поэтому появилось большое количество компаний, которые занялись производством материалов для данной системы. Сроки эксплуатации материалов, заявленные производителями, не соответствуют действительности, характеристики многих из них не подтверждены сертификатами качества, поэтому качество используемых материалов оставляет желать лучшего.

Считается, что система с навесным вентилируемым фасадом абсолютно пожаробезопасна, тем не менее опыт эксплуатации таких зданий имеет диаметрально противоположную статистику [7]. Так, например, в Красноярске на улице Шахтеров полностью сгорел фасад одной из новостроек жилого комплекса «Новая высота». Причина пожаров в системе с навесным вентилируемым фасадом заключается в использовании ветровлагозащитной мембраны. Мембрана является изделием на полимерной основе и относится к материалам группы горючести Г2 [10].

Поскольку система навесных вентилируемых фасадов в России появилась сравнительно недавно, отсутствуют ГОСТы на монтаж системы, заменяемые большим количеством рекомендаций и инструкций. Также работы не требуют допуска саморегулируемой организации, что позволяет выполнять монтаж вентиляционных систем неквалифицированными рабочими и организациями, не имеющими соответствующего опыта [14].

При применении навесных вентилируемых фасадов следует учитывать проблемы теплозащитных свойств данной системы [6]. В первую очередь проблемы связаны с наличием теплопроводных элементов: дюбелей, кронштейнов, оконных откосов и т.д. Определить основную характеристику, такую как приведенное сопротивление теплопередаче, для данных конструкций сложно, чаще всего этим расчетом пренебрегают [12, 15].

Таким образом, исходя из вышесказанного можно сформировать ряд основных проблем, связанных с устройством навесных вентилируемых фасадов:

- ненормированность толщины вентилируемого зазора;
- использование некачественных материалов;

- пожароопасность конструкции;
- отсутствие ГОСТ и СП на монтаж конструкции;
- необеспеченность требуемого сопротивления теплопередаче.

В качестве основной цели исследования авторами выделена задача экспериментального изучения влияния фиксированной по ширине воздушной прослойки и ее расположения относительно утеплителя на изменение влажностного режима последнего в системе вентилируемого фасада здания.

Для обеспечения долговечности и бездеформационной работы утеплителя в системе навесного вентилируемого фасада авторами были предложены новые конструктивные решения системы утепления вентилируемых фасадов, смоделированные образцами. Изготавливались четыре образца прямоугольного параллелепипеда длиной 150 мм, шириной 110 мм и толщиной 110 мм. Подготовленные для эксперимента образцы представляют собой связанный друг с другом утеплитель с геокомпозитом. В образце № 1 геокомпозит находится внутри плиты утеплителя, расположенного в 1/3 его части по толщине, в образце № 2 – крайнее расположение геокомпозита относительно утеплителя, который состоит из двух фильтров из геотекстиля по краям. Геокомпозит в образце № 3 расположен с края относительно утеплителя и состоит из одного фильтра из геотекстиля снаружи и одной мембраны внутри. В образце № 4 геокомпозит расположен с края, относительно плиты утеплителя. Геокомпозит включает одну мембрану снаружи и один фильтр из геотекстиля внутри (рис. 1).



Рис. 1. Подготовленные образцы для эксперимента: 1 – расположение геокомпозита внутри плиты утеплителя; 2 – крайнее расположение геокомпозита, относительно плиты утеплителя, с двумя фильтрами из геотекстиля; 3 – крайнее расположение геокомпозита, относительно плиты утеплителя, с одним фильтром из геотекстиля снаружи и одной мембраной внутри; 4 – крайнее расположение геокомпозита относительно плиты утеплителя, с одной мембраной снаружи и одним фильтром из геотекстиля внутри

В качестве утеплителя выбрана базальтовая вата «Эковер» [9], данный утеплитель выбран на основании сравнения вариантов по эксплуатационным свойствам утеплителей, применяемых при устройстве вентиля-

ционных фасадов [4, 13] (табл. 1). Базальтовая вата обладает наилучшими тепло- и звукоизоляционными свойствами. Данный материал экологически чистый и является безопасным для здоровья людей.

Таблица 1

Сравнительная характеристика эксплуатационных свойств утеплителей

Показатель	Минеральная вата		Пенополистирол	
	Стекловолоконная	Каменная (базальтовая)	Экструдированный	Вспененный (пенополиуретан)
Теплопроводность	При всех прочих равных (плотность, влажность) коэффициент теплопроводности $\approx 0,04$ Вт/м $^{\circ}$ С			
Долговечность	До 50 лет		15–50 лет	5–15 лет
Технологичность	Мягкая, удобная в укладке		Легкий, но жесткий, хрупкий	
Отношение к влаге	Водопоглощающий с паропроницаемым материалом		Водопоглощающий с паропроницаемым материалом	
Экологичность, безопасность	Не горит, не опасна пыль	Не горит, менее опасна	Горит с выделением ядовитого дыма	
Итоговая оценка	1. Стекловолоконная вата и вспененный пенополистирол являются устаревшими материалами и не рекомендуются к применению. 2. Экструдированный пенополистирол не рекомендовано использовать в системах с вентилируемым фасадом, так как этот утеплитель горит и выделяет ядовитый дым. Его применяют для утепления фундаментов и стен подвалов. 3. Каменная (базальтовая) вата рекомендуется к использованию в системе с навесными вентилируемыми фасадами, но при этом необходимо дополнительно обеспечить ее защиту от влаги			

В моделировании вентилируемой системы ненормированная воздушная прослойка заменена структурной моделью в трех интерпретациях: геокомпозитом, геокомпозитом с двумя фильтрами из геотекстиля, геокомпозитом с одним фильтром из геотекстиля и одной мембраной (рис. 2). Основой для всех структурных моделей является геокомпозит. Он состоит из экструдированных полипропиленовых мононитей, расположенных в хаотичном порядке. Геокомпозит обладает рядом преимуществ: не деформируется, обладает высокой химической, биологической стойкостью и высокой температурой плавления (150 °С) [8].

Для определения наиболее эффективного конструктивного решения из предложенных авторами вариантов была проведена серия экспериментов по ГОСТу [3]. Цель эксперимента заключается в создании эффективного конструктивного решения системы утепления, исключая проблему, связанную с деформацией утеплителя в процессе эксплуатации

здания, за счет накапливания влаги в утеплителе при нарушении воздушного зазора. Необходимо определить, какое конструктивное решение системы утепления из предложенных авторами вариантов менее восприимчиво к поглощению влаги.

Эксперимент № 1 заключался в определении водопоглощения образцами при их частичном погружении в воду с последующим высушиванием в электрошкафу. Суть эксперимента заключается в измерении массы воды, впитанной сухим образцом, частично погруженным в воду на 24 ч.

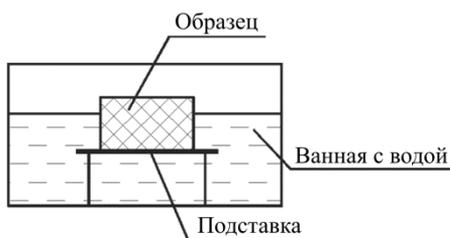


Рис. 3. Схема выполнения эксперимента № 1 – определение водопоглощения образцов при их частичном погружении в воду

где m_1 – масса образца после насыщения водой и поддона для взвешивания, г; m_2 – масса образца, предварительно высушенного до постоянной массы, г; m_3 – масса сухого поддона для взвешивания, г.

Результаты эксперимента № 1 представлены в табл. 2.

Анализ результатов эксперимента № 1 позволил выявить следующее:

1) наименьшее водопоглощение при частичном погружении образца в воду наблюдалось в образце № 1 (геокомпозит внутри утеплителя) – 3,31 % (рис. 4);

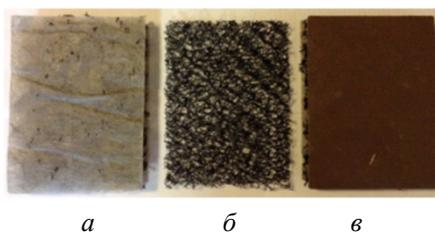


Рис. 2. Структурные модели, фиксирующие ширину воздушной прослойки: а – геокомпозит с двумя фильтрами из геотекстиля; б – геокомпозит; в – геокомпозит с одним фильтром из геотекстиля и одной мембраной

Ход эксперимента № 1. Образцы погружали в ванну с водой на 5 ± 1 мм (рис. 3). Уровень воды в ванне оставался постоянным. По истечении 24 ч образцы вынимали из воды и переносили на подставку, через 30 с стекания воды образцы помещали в сухой поддон и взвешивали. После чего образцы были помещены в сушильный электрошкаф при температуре 25 ± 2 °С.

Водопоглощение с частичным погружением образцов в воду W (мас. %) определяют по формуле

$$W = \frac{m_1 - m_2 - m_3}{m_2} 100, \quad (1)$$

2) наибольшее водопоглощение при частичном погружении образца в воду наблюдалось в образце № 2 (с двумя фильтрами) – 40,07 %.

Таблица 2

Результаты эксперимента № 1 «Водопоглощение образцов при их частичном погружении в воду»

Номер образца	Вариант расположения геокомпозита	Масса образца, г	Масса образца после насыщения водой, г	Водопоглощение образца при частичном погружении W , %	Масса образца после высушивания в электрошкафу, г	
					в 1-й день	во 2-й день
1	Расположение геокомпозита внутри плиты утеплителя	82,98	85,73	3,31	82,81	82,69
2	Крайнее расположение геокомпозита относительно плиты утеплителя, с двумя фильтрами из геотекстиля	97,35	136,36	40,07	97,32	97,23
3	Крайнее расположение геокомпозита, относительно плиты утеплителя, с одним фильтром из геотекстиля снаружи и одной мембраной внутри	126,36	170,68	35,07	126,32	126,18
4	Крайнее расположение геокомпозита, относительно плиты утеплителя, с одной мембраной снаружи и одним фильтром из геотекстиля внутри	116,05	131,32	13,16	116,58	116,00

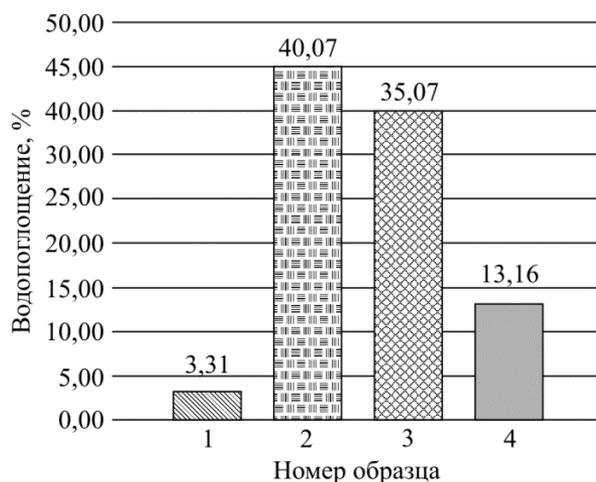


Рис. 4. Водопоглощение образцов при их частичном погружении в воду

Эксперимент № 2 проводился с целью определения водопоглощения образцами в случае их полного погружения в воду последующим естественным высушиванием. Суть эксперимента заключается в измерении массы воды, поглощенной сухим образцом, при полном погружении в воду на 24 ч.

Ход эксперимента № 2. Образцы были погружены и зафиксированы пригрузом в ванне. Затем образцы заливались водой на 20–40 мм выше пригруза (рис. 5). Через 24 ч после залива воды образцы извлекались на подставку и через 30 с свободного слива воды из образцов взвешивались на сухом поддоне. Массу воды, вытекшей из образца во время взвешивания в поддон, включали в массу насыщенного водой образца.

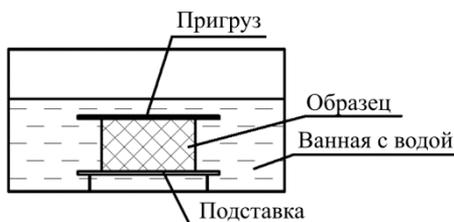


Рис. 5. Схема выполнения эксперимента № 2 – определение водопоглощения образцов при их полном погружении в воду

Водопоглощение при полном погружении образцов в воду W^n в процентах по массе определяют по формуле

$$W^n = \frac{m_1 - m_2}{V \cdot \rho_v} \cdot 100, \quad (2)$$

где m_1 – масса образца после насыщения, г; m_2 – масса образца, предварительно высушенного до постоянной массы, г; V – объем образца, см³; ρ_v – плотность воды, г/см³.

Обработка результатов представлена в табл. 3.

Анализ результатов эксперимента № 2 позволил определить следующее:

- 1) наименьшее водопоглощение при полном погружении образца № 1 (геокомпозит внутри утеплителя) – 13,43 % (рис. 6);
- 2) наибольшее водопоглощение при полном погружении образца № 2 (с двумя фильтрами) – 19,44 %;
- 3) оптимальная скорость высыхания при естественном высушивании до постоянной массы у образца № 1 составила 4 дня, для образцов № 2, 3, 4 – 6 дней.

На основании анализа результатов исследования авторами сформулированы следующие выводы:

1. Наиболее эффективным из предложенных и исследованных авторами конструктивных решений системы утепления вентилируемых фасадов является вариант, предполагающий расположение геокомпозита внутри плиты утеплителя, расположенного в 1/3 его части по толщине.

Таблица 3

Результаты эксперимента № 2 «Водопоглощение образцов при их полном погружении в воду»

Номер образца	Вариант расположения геокомпозита	Масса образца, г	Масса образца после насыщения водой, г	Водопоглощение образца при полном погружении $W^п$, %	Масса образца, г					
					в 1-й день после ест. высушивания	во 2-й день	в 3-й день	в 4-й день	в 5-й день	6-й день
1	Расположение геокомпозита внутри плиты утеплителя	82,98	326,82	13,43	167,06	115,09	81,94	81,94	81,94	81,94
2	Крайнее расположение геокомпозита, относительно плиты утеплителя, с двумя фильтрами из геотекстиля	97,35	450,11	19,44	298,74	153,42	108,46	98,2	97,07	97,01
3	Крайнее расположение геокомпозита, относительно плиты утеплителя, с одним фильтром из геотекстиля снаружи и одной мембраной внутри	126,36	393,7	14,73	207,33	167,47	138,88	127,05	125,72	125,68
4	Крайнее расположение геокомпозита, относительно плиты утеплителя, с одной мембраной снаружи и одним фильтром из геотекстиля внутри	116,05	430,68	17,33	203,08	145,28	124,53	119,58	115,37	115,28

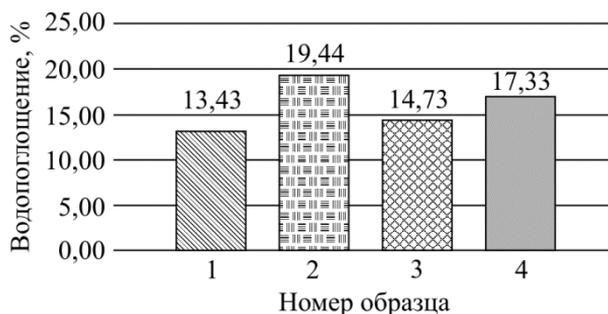


Рис. 6. Водопоглощение образцов при их полном погружении в воду

2. Эффект от внедрения решения, предлагаемого авторами, может быть достигнут за счет фиксации ширины воздушного зазора в системе вентилируемого фасада и обеспечения жесткого крепления поверхностей плит утеплителя решеткой геокомпозитного материала.

3. Размещение воздушного зазора материала в 1/3 толщины утеплителя (внутри плиты) исключает деформацию утеплителя благодаря ускорению процесса его высыхания.

4. Результаты данных испытаний позволят принять конструктивное решение предполагаемой системы утепления вентилируемых фасадов в дальнейших, предполагаемых авторами исследованиях.

Библиографический список

1. Рекомендации по проектированию навесных фасадных систем с вентилируемым воздушным зазором для нового строительства и реконструкции зданий. – М.: Москомархитектура, 2002. – 104 с.
2. Фасадные теплоизоляционные системы с воздушным зазором. Рекомендации по составу и содержанию документов и материалов, представляемых для технической оценки пригодности продукции. – М.: Госстрой России, 2004. – 28 с.
3. ГОСТ 17177–94. Материалы и изделия строительные теплоизоляционные. Методы испытания / НИИСФ. – М., 1994. – 40 с.
4. Бердюгин И.А. Теплоизоляционные материалы в строительстве. Каменная вата или стекловолокно: сравнительный анализ // Инженерно-строительный журнал. – 2010. – № 1. – С. 26–31.
5. Колесова Е.Н. Навесной вентилируемый фасад: классификация элементов, входящих в его состав, и проблемы, связанные с проектированием воздушного зазора // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. – 2016. – № 2. – С. 22–28.
6. Кнатько М.В., Ефименко М.Н., Горшков А.С. К вопросу о долговечности и энергоэффективности современных ограждающих стеновых конструкций жилых, административных и производственных зданий // Инженерно-строительный журнал. – 2008. – № 2. – С. 50–53.
7. Немова Д.В. Навесные вентилируемые фасады: обзор основных проблем // Инженерно-строительный журнал. – 2010. – № 5. – С. 7–11.
8. АРМГЕО: геотекстиль, геосетки, геоматы, георешетки, геокомпозит [Электронный ресурс]. – URL: <http://armgeo.ru/> (дата обращения: 16.12.2016).
9. Базальтовая изоляция «Эковер» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ekover.ru/> (дата обращения: 16.12.2016).

10. Быть или не быть в конструкциях навесных фасадов ветрозащитным пленкам? Интервью с заведующим лабораторией НИИСФ, д.т.н., проф. В.Г. Гагариным [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.makonstruy.ru/vetroz/print/> (дата обращения: 16.12.2016).
11. Вентилируемые фасады: их виды и характеристики [Электронный ресурс]. – URL: <http://paneligid.ru/ventiliruemye-fasady-ix-vidy-i-xarakteristiki/> (дата обращения: 16.12.2016).
12. Гагарин В.Г. О допускаемых ошибках при проектировании вентилируемых фасадов [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.best-fasad.ru/stati-o-fasadakh/o-dopuskaemykh-oshibkakh-pri-proektirovani-ventiliruemykh-fasadov/> (дата обращения: 16.12.2016).
13. Современные виды утеплителей [Электронный ресурс]. – URL: <http://ostroymaterialah.ru/utepliteli/vidy-uteplitelei.html> (дата обращения: 16.12.2016).
14. Федяков Я. Монтаж навесных вентилируемых фасадов: основополагающие принципы [Электронный ресурс]. – URL: http://www.fasad-rus.ru/-article_532.html (дата обращения: 16.12.2016).
15. Проблемы при проектировании и строительстве вентилируемых фасадов [Электронный ресурс] / Е.Ю. Цыкановский, В.Г. Гагарин, А.В. Грановский, М.О. Павлова. – URL: <http://makonstruy.ru/forum/?p=2088/> (дата обращения: 16.12.2016).

References

1. Rekomendacii po proektirovaniyu navesnyh fasadnyh sistem s ventiliruemyim vozdushnym zazorom dlya novogo stroitel'stva i rekonstrukcii zdaniy [Recommendations for the design hinged facade systems with a ventilated air gap for new construction and renovation of buildings]. Moscow: Moskomarhitektura, 2002. 104 p.
2. Fasadnye teploizolyacionnye sistemy s vozdushnym zazorom. Rekomendacii po sostavu i sodержaniyu dokumentov i materialov, predstavlyaemyh dlya tekhnicheskoy ocenki prigodnosti produkcii [Facade thermal insulation systems with an air gap. Recommendations on the composition and content of documents and materials submitted to the technical assessment of suitability of products]. Moscow: Gosstroj Rossii, 2004. 28 p.
3. GOST 17177-94. Materialy i zdelya stroitel'nye teploizolyacionnye. Metody ispytaniya [Materials and Delia construction and heat insulation. Test methods], Moscow, 1994. 40 p.
4. Berdyugin I.A. Teploizolyacionnye materialy v stroitel'stve. Kamennaya vata ili steklovolokno: sravnitel'nyj analiz [Thermal insulation materials in construction. Stone wool or fiberglass: a comparative analysis]. *Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal*, 2010, no.1, pp. 26–31.
5. Kolesova E.N. Navesnoj ventiliruemyj fasad: klassifikaciya ehlementov, vshodyashchih v ego sostav i problemy, svyazannye s proektirovaniem vozdushnogo zazora [Hinged ventilated facade: classification of the elements which are included in its composition and issues associated with designing of the air gap]. *PNRPU Bulletin. Construction and architecture*, 2016, no.2, pp. 22-28.
6. Knat'ko M.V., Efimenko M.N., Gorshkov A.S. K voprosu o dolgovechnosti i ehnergoehffektivnosti sovremennyh ograzhdayushchih stenovyh konstrukcij zhilyh, administrativnyh i proizvodstvennyh zdaniy [To the question of durability and energy efficiency of modern enclosing wall]. *Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal*, 2008, no.2, pp. 50–53.
7. Nemova D.V. Navesnye ventliiruemye fasady: obzor osnovnyh problem. [Hinged ventilated facades: an overview of the main problems]. *Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal*, 2010, no.5, pp. 7–11.
8. ARMGEO – geotekstil', geosetki, geomaty, georeshetki, geokompozit [ARMGEO – geotextiles, geogrids, are monofilament, geogrid, geocomposite], available at: <http://armgeo.ru/> (accessed 16 December 2016).
9. Bazal'tovaya izolyaciya «Ekover» [Basalt insulation «Ekover»], available at: <http://www.ekover.ru/> (accessed 16 December 2016).
10. Byt' ili ne byt' v konstrukciyah navesnyh fasadov vetrozashchitnym plenkam? [To be or not to be in the construction of hinged facades windscreen films?]. *Interv'yu s zaveduyushchim laboratoriej NIISF, d.t.n., prof. V. G. Gagariym*, available at: <http://www.makonstruy.ru/vetroz/print/> (accessed 16 December 2016).
11. Ventiliruemye fasady: ih vidy i harakteristiki [Ventilated facades: their types and characteristics], available at: <http://paneligid.ru/ventiliruemye-fasady-ix-vidy-i-xarakteristiki/> (accessed 16 December 2016).

12. Gagarin V.G. O dopuskaemykh oshibkah pri proektirovanii ventiliruemykh fasadov [About erred in the design of ventilated facades], available at: <http://www.best-fasad.ru/stati-o-fasadakh/o-dopuskaemykh-oshibkakh-pri-proektirovanii-ventiliruemykh-fasadov/> (accessed 16 December 2016).

13. Sovremennye vidy uteplitelej [Modern types thermal insulations], available at: <http://ostroyaterialah.ru/utepliteli/vidy-uteplitelei.html> (accessed 16 December 2016).

14. Fedyakov Ya. Montazh navesnykh ventiliruemykh fasadov: osnovopolagayushchie principy. [Installation of ventilated facades: the fundamental principles], available at: http://www.fasad-rus.ru/article_532.html (accessed 16 December 2016).

15. Сукановский Е.Ю., Gagarin V.G., Granovskij A.V., Pavlova M.O. Problemy pri proektirovanii i stroitel'stve ventiliruemykh fasadov [Problems in the design and construction of ventilated facades], available at: <http://makonstroy.ru/forum/?p=2088/> (accessed 16 December 2016).

Получено 07.01.2017

E. Kolesova, T. Bochkareva

RESEARCH IN PRINCIPLE OF OPERATING OF VENTILATED FACADES

The article gives a detailed analysis of ventilated facades, reviewed the main advantages of these systems. Formed the main mistakes made in designing, installation, operation hinged facades.

In order to ensure deformation-free operation of a heater in a system of ventilated facades authors proposed new constructive solutions, modeled samples. Samples consist of thermal insulation and structural slabs, which provides a normalized width of the air gap. Structural slab is available in three interpretations: geocomposites, geocomposites with two filters of geotextiles, geocomposites with one filter of geotextile and one membrane.

To determine the effective constructive solution of the structural slab from author's modeled variants. There were performed experiments to determine the water absorption of the samples in their partial and full immersion in water. Experimental results are presented in tabular form and schedules.

In conclusion, the authors of the article formed the general results of the research. The most effective from solutions of thermal insulation system of ventilated facades proposed by authors is a variant, including the location of the geocomposite inside the structural slab.

Keywords: hinged ventilated facade, thermal insulation, geocomposite, geotextile, partial and full water absorption.

Колесова Екатерина Николаевна (Пермь, Россия) – магистрант кафедры «Строительное производство и геотехника», Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: katya-kolesova@mail.ru).

Бочкарева Татьяна Михайловна (Пермь, Россия) – канд. техн. наук, доцент кафедры «Строительное производство и геотехника», Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: tsp-btm@mail.ru).

Kolesova Ekaterina (Perm, Russian Federation) – Undergraduate student, Department of Construction Technology and Geotechnics, Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail: katya-kolesova@mail.ru).

Bochkareva Tatyana (Perm, Russian Federation) – Ph. D. in Technical Sciences, Associate Professor, Department of Construction Technology and Geotechnics, Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail: tsp-btm@mail.ru).