

УДК 691.328.4+620.193

В.Н. НИКОЛАЕВ¹, директор (v.nikolaev@zaorpp.com);
В.Ф. СТЕПАНОВА², д-р техн. наук (vfstepanova@mail.ru); Т.Г. ДЕМИНА¹, маркетолог

¹ ЗАО «Республиканская палата предпринимателей» (428008, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. Комбинатская, 4)

² Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт бетона и железобетона им. А.А. Гвоздева (НИИЖБ), АО «НИЦ «Строительство» (109428, г. Москва, 2-я Институтская ул., 6)

Композитные диагональные гибкие связи для трехслойных бетонных панелей – панельное домостроение нового уровня

В настоящее время панельное домостроение претерпевает значительные улучшения. Если современная «панель» уже позволяет создавать красивые, яркие и разнообразные жилые комплексы с различными типами фасадов и облицовки, то над вопросами теплоизоляции и энергоэффективности таких домов ведется активная работа как на уровне Правительства РФ – повышаются требования законодательства к энергоэффективности жилых объектов, так и на уровне домостроительных комбинатов – внедряются новые материалы и технологии строительства. Так, в настоящее время широко применяется технология возведения панельных домов из бетонных трехслойных сэндвич-панелей с утеплителем. Для надежного соединения всех слоев сэндвич-панели используются диагональные гибкие связи. На рынке КЖД наиболее распространены диагональные связи из нержавеющей стали. Но при этом они являются «мостиком холода» – местом, через которое происходят повышенные тепловые потери из-за чего энергоэффективность панели, соответственно и самого дома, снижается, возрастают затраты на отопление. В настоящее время для надежного соединения всех слоев сэндвич-панели, повышения ее надежности и энергоэффективности предлагается современное решение – композитные диагональные гибкие связи. Высокая коррозионная и химическая стойкость изделия, нулевая теплопроводность и выравнивание температурной неоднородности панели, отсутствие «мостиков холода», конденсата и плесени при этом снижение себестоимости и повышение производительности труда – все это позволяет создавать дома улучшенного качества, а панельное домостроение – нового уровня. В статье приведены результаты испытаний диагональных гибких связей для трехслойных стеновых панелей, широко применяемых в домостроении. Показано преимущество композитных диагональных гибких связей перед металлическими связями, показана экономическая и практическая целесообразность применения таких связей для домов улучшенного качества и создания панельного домостроения нового уровня.

Ключевые слова: диагональные гибкие связи, стеновые бетонные трехслойные панели, энергоэффективность, коррозионная стойкость, композитные материалы.

Для цитирования: Николаев В.Н., Степанова В.Ф., Демина Т.Г. Композитные диагональные гибкие связи для трехслойных бетонных панелей – панельное домостроение нового уровня // *Жилищное строительство*. 2018. № 10. С. 00–00.

В.Н. НИКОЛАЕВ¹, директор (v.nikolaev@zaorpp.com); В.Ф. СТЕПАНОВА², д-р техн. наук (vfstepanova@mail.ru); Т.Г. ДЕМИНА¹, маркетолог
1 ЗАО «Республиканская палата предпринимателей» (428008, Чувашская Республика, Чебоксары, ул. Комбинатская, д. 4)

2 Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт бетона и железобетона им. А.А. Гвоздева (НИИЖБ), АО «НИЦ «Строительство» (109428, Москва, 2-я Институтская ул., 6)

Композитные диагональные гибкие связи для трехслойных бетонных панелей - панельное домостроение нового уровня

В настоящее время панельное домостроение претерпевает значительные улучшения. Если современная «панель» уже позволяет создавать красивые, яркие и разнообразные жилые комплексы с различными типами фасадов и облицовки, то над вопросами теплоизоляции и энергоэффективности таких домов ведется активная работа как на уровне Правительства РФ - повышаются требования законодательства к энергоэффективности жилых объектов, так и на уровне домостроительных комбинатов – внедряются новые материалы и технологии строительства. Так, в настоящее время широко применяется технология возведения панельных домов из бетонных трехслойных сэндвич-панелей с утеплителем. Для надежного соединения всех слоев сэндвич-панели используются диагональные гибкие связи. На рынке КЖД наиболее распространены диагональные связи из нержавеющей стали. Но при этом они являются «мостиком холода» - местом, через которое происходят повышенные тепловые потери из-за чего энергоэффективность панели, соответственно и самого дома, снижается, возрастают затраты на отопление. В настоящее время для надежного соединения всех слоев сэндвич-панели, повышения ее надежности и энергоэффективности предлагается современное решение – композитные диагональные гибкие связи. Высокая коррозионная и химическая стойкость изделия, нулевая теплопроводность и выравнивание температурной неоднородности панели, отсутствие «мостиков холода», конденсата и плесени при этом снижение себестоимости и повышение производительности труда – все это позволяет создавать дома улучшенного качества, а панельное домостроение – нового уровня. В статье приведены результаты испытаний диагональных гибких связей для трехслойных стеновых панелей, широко применяемых в домостроении. Показано преимущество диагональных гибких связей перед металлическими связями, показана экономическая и практическая целесообразность применения таких связей для домов улучшенного качества и создания панельного домостроения нового уровня.

Keywords: диагональные гибкие связи, стеновые бетонные трехслойные панели, энергоэффективность, коррозионная стойкость, композитные материалы.

For citation: Николаев В.Н., Степанова В.Ф., Демина Т.Г. Композитные диагональные гибкие связи для трехслойных бетонных панелей - панельное домостроение нового уровня. *Zhilyshchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2018. No. 10, pp. 00–00. (In Russian).

Возведение домов из бетонных трехслойных стеновых панелей с эффективным утеплителем является быстрым, надежным и всепогодным строительством [1].

Также в настоящее время ведется активная государственная политика в части регулирования энергосбережения, повышения энергетической и тепловой эффективности зданий и сооружений [2–15]. Если несколько лет назад этому вопросу было посвящено лишь несколько нормативно-правовых документов, в том числе Федеральный закон № 261-ФЗ от 23.11.2009 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», то в настоящее время данный пакет законодательных актов значительно расширился. Так, совсем недавно вступили в силу распоряжение Правительства РФ от 19 апреля № 703-р и Постановление Правительства РФ от 21 апреля 2018 г. № 486, касающиеся реализации комплексного плана мероприятий по повышению энергетической эффективности экономики нашей страны.

Однако надежность и энергоэффективность панельных домов напрямую зависит не только от соблюдения технологических правил на каждом этапе производства и строительства, но и от характеристик материалов, из которых изготовлена сама панель. Это подтверждают все имеющиеся на текущий момент нормативно-правовые и технические базы, регулирующие данное направление.

Интенсивное развитие отрасли композитных материалов способствует расширению их применения в строительной отрасли. Одним из таких направлений является применение композитных диагональных гибких связей взамен металлических связей.

Одной из важнейших составляющих бетонных трехслойных стеновых панелей является конструкция используемой гибкой связи и материал, из которого она изготовлена. В настоящее время в качестве гибких связей используются стержневые изделия из композитного материала [2], стекло- [3] или базальтопластика [4] или диагональные гибкие связи из нержавеющей стали, выполненные по патенту [5]. Стержневые гибкие связи, используемые для трехслойных сэндвич-панелей, представляют собой отрезки композитных стержней круглого сечения с анкерными утолщениями на концах для улучшения анкерности и, в ряде случаев, с пластиковыми ограничителями для их фиксации в слое утеплителя.

Стержневые гибкие связи конструктивно разделяются на подвески, подкосы и распорки. Они монтируются вручную путем протыкания слоя теплоизоляции (пенопласта), что усложняет их использование: снижается производительность труда, увеличиваются трудозатраты, усложняется производственный контроль, кроме того, анкерование подобных стержневых изделий в бетоне вызывает сомнения в долговременной прочности.

В настоящее время более технологически продвинутыми являются диагональные гибкие связи, которые обеспечивают прочное соединение всех слоев панели и лишены вышеперечисленных недостатков.

Они представляют собой единую конструкцию из двух параллельных прямых стержней, скрепленных между собой зигзагообразным стержнем. Это обеспечивает конструктивное взаимодействие между всеми слоями бетонной панели при различных нагрузках и смещениях, которые возникают вследствие таких факторов, как:

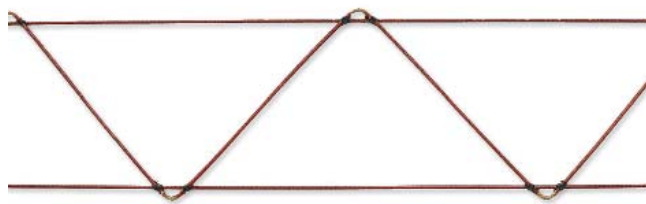


Рис. 1. Композитные диагональные гибкие связи

- подъем из опалубки, перемещение, транспортировка панели;
- влияние окружающей среды: ветровая нагрузка на наружный слой панели, температурная и влажностная неоднородность внутреннего и внешнего слоев в разное время суток и времена года;
- усадка и деформация бетонных слоев и др.

Диагональные связи предотвращают деформацию внешнего бетонного слоя, не допускают сдвига слоев панели относительно друг друга и разрушения целостности панели.

В настоящее время наиболее распространенным материалом, из которого изготавливают диагональные гибкие связи, является нержавеющая сталь и сочетания с ней. Так, на рынке представлено несколько видов связей:

- первый вид: оба стержня периодического профиля изготовлены из арматурной (черной) стали, диагональный стержень – из нержавеющей стали;
- второй вид: стержень, располагающийся в наружном бетонном слое панели, изготовлен из нержавеющей стали, а стержень, располагающийся во внутреннем слое – из арматурной (черной) стали. Диагональный стержень – из нержавеющей стали;
- третий вид: все элементы связи сделаны из нержавеющей стали (данный вид не пользуется спросом в России вследствие высокой стоимости).

Арматурная и нержавеющая сталь обладают высокими показателями теплопроводности, диагональные связи из этих материалов в бетонной конструкции являются «мостиком холода» – местом, через которое происходят повышенные теплотери, из-за чего энергоэффективность панели, соответственно и самого дома, снижается, возрастают затраты на отопление. При этом повышается температурная неоднородность панели, появляются зоны конденсации влаги, что, в свою очередь, является фактором для начала развития коррозии металлических связей, приводящим в дальнейшем к разрушению наружной стены, а, следовательно, к снижению надежности и безопасности здания в целом [6].

Более совершенной альтернативой нержавеющей стали являются композитные диагональные гибкие связи (рис. 1), все стержни которых изготавливаются из высокопрочного стеклопластика, обладающего низкой теплопроводностью и высокой щелочной и химической стойкостью [7, 9]. Благодаря данным свойствам композитные диагональные гибкие связи не образуют «мостиков холода», а высокая коррозионная стойкость обеспечивает безопасность конструкции [8, 11, 12]. Данная разработка принадлежит ЗАО «РПП», обладающей значительным практическим опытом в области разработки и производства композитных изделий для строительной отрасли. Отметим, что продукция запатентована и производится на

оборудовании конвейерного типа собственной разработки. Это позволяет за минимальное время изготавливать продукцию в больших объемах, сохраняя точную геометрию изделия по проекту, исключая негативное влияние человеческого фактора.

Надежность и эффективность применения композитных диагональных гибких связей подтверждена исследованиями в рамках сотрудничества ЗАО «РПП» и АО «ПИК-Индустрия». Были изготовлены фрагменты наружной стеновой панели ЗНСг09.23.32 с применением композитных диагональных гибких связей, из которых один фрагмент был испытан на взаимное смещение внешнего слоя относительно внутреннего слоя под вертикальной нагрузкой, другой – на определение предела огнестойкости. Все испытания проводились в соответствии с программой испытаний и контрольными значениями, разработанными специалистами АО «ПИК-Индустрия».

Испытания на сдвиг

Согласно схеме испытаний панель устанавливалась в вертикальном положении и закреплялась от перемещения анкерами и траверсами через силовой пол. Монтажная петля приваривалась к металлическим стойкам. Также производилось защемление внутреннего слоя (рис. 2).

Равномерно распределенная нагрузка P на наружный слой панели передавалась от гидравлического домкрата через жесткую металлическую траверсу, контроль выполняли с помощью образцового манометра.

Методика испытаний соответствовала требованиям проекта и нормативно-технической документации, в том числе ГОСТ 8829–94 «Изделия строительные железобетонные и бетонные заводского изготовления. Методы испытания. Правила оценки прочности, жесткости и трещиностойкости». Проведенные испытания показали следующие результаты:

- максимальная нагрузка, приложенная к фрагменту наружного слоя панели с композитными диагональными гибкими связями равна 85,2 кН/м, что **в 5,88 раза превышает контрольную нагрузку по прочности**, равную 14,5 кН/м. Трещин и признаков разрушения панели не было обнаружено.
- при **контрольной нагрузке 14,5 кН/м** фактическое взаимное смещение наружного слоя фрагмента панели по отношению к внутреннему слою **было равно 0,5 мм**.
- при **максимальной нагрузке 85,2 кН/м** смещение наружного слоя **было равно 5,1 мм**.

Полученные результаты испытаний показали, что композитные диагональные гибкие связи надежны при использовании в трехслойных стеновых панелях.

Испытания на огнестойкость

Согласно методике испытаний в соответствии с нормативными требованиями (ГОСТ 30244–94 (п. 7, метод 2) – группа горючести Г1; ГОСТ 30402–96 – группа воспламеняемости В1; ГОСТ 12.1.044–89 (п. 4.18) – группа дымообразующей способности Д3; ГОСТ 12.1.044–89 (4.20) группа токсичности продуктов горения Т2; ГОСТ 30247.0–94 «Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования». ГОСТ 30247.1–94 «Конструкции строительные. Методы испытаний на ог-



Рис. 2. Фрагмент трехслойной наружной стеновой панели с композитными диагональными гибкими связями во время испытаний на сдвиг



Рис. 3. Фрагмент трехслойной наружной стеновой панели с композитными диагональными гибкими связями во время испытаний на огнестойкость

Сравнение различных характеристик связей для бетонных трехслойных стеновых панелей

Параметр	Композитные диагональные гибкие связи	Стальные диагональные гибкие связи
ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ		
Конструкция	Два параллельных прямых композитных стержня, скрепленных между собой зигзагообразным композитным стержнем. Все стержни изготавливаются из высокопрочного стеклопластика, обладающего низкой теплопроводностью и высокой щелочной и химической стойкостью.	Первый вид – оба стержня периодического профиля изготовлены из арматурной (черной) стали, диагональная – из нержавеющей. Второй вид – стержень, располагающийся в наружном слое, изготовлен из нержавеющей стали; стержень, располагающийся во внутреннем слое – из арматурной (черной) стали. Диагональная – из нержавеющей. Третий вид – все элементы связи сделаны из нержавеющей стали
Размеры	Любая длина и ширина по проекту заказчика	
Коррозия материала	Срок службы в щелочной среде бетона более 100 лет	Нержавеющая сталь может изменять свои свойства с течением времени
ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА		
λ-коэффициент теплопроводности, Вт/(м К)	0,56–0,46	17
	Не образуют «мостиков холода»	Образуют «мостики холода»
Устойчивость к воздействию огня	Группа горючести Г1: воспламеняемая, но не горючая. Присвоена высшая степень пожарной безопасности (исследования института Норвегии)	Негорючий
Электропроводность	Диэлектрик	Проводит электричество
Магнитная характеристика	Магнитоинертны	В зависимости от класса нержавеющей стали
Увеличение несущей способности элемента	Способствует увеличению общей несущей способности панели	
Влияние точности сборки	Швы и пустоты задавливаются деформируемым утеплителем и не требуют обработки. При применении жестких утеплителей со специальными слоями требуется запенивать швы	
Установка связей	Каркасы устанавливаются в свежее залитый бетон одновременно с утеплителем	

нестойкость. Несущие и ограждающие конструкции») на первом этапе к наружному слою панели прикладывалась нагрузка, равная 8 кН/м, в течение 30 мин. В рамках второго этапа в течение еще 30 мин создавалось огневое воздействие на внутренний слой панели. После огневого воздействия изделие выдерживали под нагрузкой в течение 24 ч для остывания до комнатной температуры. На заключительном этапе испытаний на наружный слой панели прикладывалась нагрузка с шагом 0,2 кН/м до разрушения.

Согласно проведенным испытаниям на огнестойкость:

- время наступления предельного состояния по потере целостности (E) за время испытаний не достигнуто;
- время наступления предельного состояния по несущей способности (R) за время испытаний не достигнуто;
- время наступления предельного состояния по потере теплоизолирующей способности (I) за время испытаний также не достигнуто;
- **максимальная нагрузка, приложенная на наружный слой панели после огневого воздействия, в 4,83 раза превысила контрольные показатели и составила 38,2 кН/м.**

Так, по результатам испытаний предел огнестойкости панели с композитными диагональными гибкими связями составляет не менее REI 30.

Сравнительные данные по результатам исследования гибких связей в бетонных трехслойных стеновых панелях представлены в таблице.

Очевидная выгода от использования композитных диагональных гибких связей домостроительными комбинатами заключается не только в повышении энергоэффективности

и долговечности панели, но и в снижении ее себестоимости. Это выражается в том, что:

- стоимость композитных диагональных связей **кратно дешевле аналогов из нержавеющей стали;**
- **увеличивается эффективность и производительность труда:** на монтаж единицы изделия требуется около 1 мин., а на установку изделий для всей панели – 5–7 мин. Это повышает производительность труда до 35% по сравнению с объемом работ, который необходим для монтажа иных видов гибких связей, что критически важно при высокой загруженности производства и работе со свежее залитым бетоном;
- **снижаются затраты на логистические и погрузочно-разгрузочные работы** за счет того, что композитные диагональные гибкие связи в четыре раза легче аналогичных металлических изделий.

Резюмируя все вышесказанное, отметим, что композитные диагональные гибкие связи, позволяют:

- снизить себестоимость изготовления единицы панели **до 10%;**
- обеспечить **эффективное соединение всех слоев трехслойных панелей** за счет высоких прочностных характеристик и коррозионной и химической стойкости;
- создавать **энергоэффективные стеновые панели** за счет практически нулевой теплопроводности самих гибких связей и отсутствия «мостиков холода»;
- повысить производительность труда и снизить время на изготовление единицы панели;
- повысить срок службы трехслойных панелей, снизить эксплуатационные расходы, в том числе на затраты и ремонт.

Список литературы

1. Бабков В.В., Колесник Г.С., Гайсин А.М. Несущие наружные трехслойные стены зданий с повышенной теплозащитой // *Строительные материалы*. 1998. № 6. С. 16–18.
2. Степанова В.Ф. Перспективы применения композитов в производстве бетона и железобетона // *Технологии бетонов*. 2015. № 9–10. С. 10–11.
3. Патент РФ № 2142039. *Арматурный элемент для армирования теплоизоляционных стеновых конструкций и способ его изготовления* / Башара В.А., Вальд А.В., Иванов С.Н.. Заявл. 28.09.1998. Опубл. 27.11.1999.
4. Патент РФ № 149446. *Гибкая связь для трехслойных ограждающих конструкций* / Николаев В.Н., Николаев В.В. Заявл. 15.07.2014. Опубл. 10.01.2015. Бюл. № 1.
5. Заявка на изобретение GB № 2164367 (A). *A concrete building unit of a sandwich structure* / Paakinen Ilmari, Partek A.V. Опубл. 19.03.1986, Великобритания.
6. Гагарин В.Г., Дмитриев К.А. Учет теплотехнических неоднородностей при оценке теплозащиты ограждающих конструкций в России и европейских странах // *Строительные материалы*. 2013. № 6. С. 14–16.
7. Розенталь Н.К., Чехний Г.В., Бельник А.Р., Жилкин А.П. Коррозионная стойкость полимерных композитов в щелочной среде бетона // *Бетон и железобетон*. 2002. № 3. С. 20–23.
8. Степанова В.Ф. Современные научные разработки проблемы долговечности зданий и сооружений // *Технологии бетонов*. 2008. № 2. С. 64–65.
9. Савин В.Ф., Блазнов А.Н., Башара В.А., Луговой А.Н. Экспресс-метод оценки стойкости полимерных композиционных материалов к воздействию щелочной среды. *Техника и технология производства теплоизоляционных материалов из минерального сырья: Доклад VI Всероссийской научно-практической конференции*. М.: ФГУП «ЦНИИХМ», 2006. С. 203–207.
10. Николаев С.В. Модернизация крупнопанельного домостроения – локомотив строительства жилья экономического класса // *Жилищное строительство*. 2011. № 3. С. 3–7.
11. Степанова В.Ф. Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии – основа обеспечения долговечности зданий и сооружений // *Промышленное и гражданское строительство*. 2013. № 1. С. 13–16.
12. Степанова В.Ф., Степанов А.Ю., Жирков Е.П. Арматура композитная полимерная. М.: АСВ, 2013. 200 с.
13. Горб А.М., Войлоков И.А. Фибробетон – история вопроса, нормативная база, проблемы и решения // *Международное аналитическое обозрение*. 2009. № 2.
14. Степанова В.Ф., Фаликман В.Р., Бучкин А.В. Задачи и перспективы применения композитов в строительстве. *Актуальные вопросы теории и практики применения композитной арматуры в строительстве: Сб. мат. III науч.-техн. конф.* Ижевск. 2017. С. 55–72.
15. Степанова В.Ф., Бучкин А.В., Юрин Е.Ю. Исследование свойств тяжелого бетона на крупном заполнителе, армированного неметаллической базальтовой фиброй // *Строительные материалы*. 2018. № 9. С. 46–53. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585430X-2018-763-9-46-53>
16. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 1998. No. 6, pp. 16–18. (In Russian).
17. Stepanova V.F. Prospects for the use of composites in the production of concrete and reinforced concrete. *Tekhnologiyi betonov*. 2015. No. 9–10, pp. 10–11. (In Russian).
18. Patent RF 2142039. *Armaturnyy ehlement dlya armirovaniya teploizolyacionnyh stenovyh konstrukcij i sposob ego izgotovleniya* [Reinforcing element for the reinforcement of thermal insulating wall structures and method of its manufacture]. Bashara V.A., Val'd A.V., Ivanov S.N. Declared 28.09.1998. Published 27.11.1999. (In Russian).
19. Patent RF 149446. *Gibkaya svyaz' dlya trekhslajnyh ograzhdayushchih konstrukcij* [Flexible connection for three-layer walling]. Nikolaev V.N., Nikolaev V.V. Declared 15.07.2014. Published 10.01.2015. Bulletin No. 1. (In Russian).
20. Zayavka na izobretenie GB № 2164367 (A). *A concrete building unit of a sandwich structure*. Paakinen Ilmari, Partek A. B. Published 19.03.1986. (In UK).
21. Gagarin V.G., Dmitriev K.A. Accounting for thermal engineering heterogeneity in the assessment of thermal protection of enclosing structures In Russia and European countries. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2013. No. 6, pp. 14–16. (In Russian).
22. Rozental' N.K., Chekhniy G.V., Bel'nik A.R., Zhilkin A.P. Corrosion resistance of polymer composites in the alkaline environment of concrete. *Beton i zhelezobeton*. 2002. No. 3, pp. 20–23. (In Russian).
23. Stepanova, V.F. Modern scientific developments problems of durability of buildings and structures. *Tekhnologii betonov*. 2008. No. 2, pp. 64–65. (In Russian).
24. Savin V.F., Blaznov A.N., Bashara V.A., Lugovoj A.N. Express method for assessing the resistance of polymer composite materials to the effects of an alkaline environment. *Technique and technology for the production of thermal insulation materials from mineral raw materials. Papers of VI Scientific and Technical Conference*. Moscow: FGUP «CNIИХМ». 2006, pp. 203–207.
25. Nikolaev S.V. Modernization of large-panel housing construction – the locomotive of low-cost housing construction. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2011. No. 3, pp. 3–7. (In Russian).
26. Stepanova, V.F. Protection of concrete and reinforced concrete structures from corrosion – the basis of ensuring the durability of buildings and structures. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2013. No. 1, pp. 13–16. (In Russian).
27. Stepanova V.F., Stepanov A.YU., Zhirkov E.P. *Armatyra kompozitnaya polimernaya* [Reinforcement composite polymer]. Moscow: ASV, 2013. 200 p.
28. Gorb A.M., Vojlokov I.A. The fiber-reinforced concrete – background, regulatory framework, problems and solutions. *Mezhdunarodnoe analiticheskoe obozrenie*. 2009. No. 2, pp. 1–4. <http://www.monolitpol.ru/files/monolitpol026.pdf> (Date of access 14.04.2018). (In Russian).
29. Stepanova V.F., Falikman V.R., Buchkin A.V. Tasks and prospects of application of composites in construction. *Actual questions of theory and practice of application of composite reinforcement in construction: Collected materials of the Third Scientific and Technical Conference*. Izhevsk. 2017, pp. 55–72. (In Russian).
30. Stepanova V.F., Buchkin A.V., Yurin E.Yu. Investigation of the properties of heavy concrete on a large aggregate reinforced with nonmetallic basalt fiber. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2018. No. 9, pp. 46–53. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2018-763-9-46-53> (In Russian).

References

1. Babkov V.V., Kolesnik G.S., Gajsin A.M. Bearing external three-layer walls of buildings with high thermal protection.