

УДК

Перспективы применения арматурных сеток на основе базальтового волокна в строительстве

Аркадий Вульфович ГРАНОВСКИЙ, кандидат технических наук, зав. лабораторией Центра исследований сейсмостойкости сооружений, e-mail: arcgran@list.ru
ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко ОАО «НИЦ «Строительство», 109428 Москва, 2-я Институтская ул., 6

Вера Владимировна ГАЛИШНИКОВА, кандидат технических наук, зав. кафедрой строительных конструкций и сооружений, e-mail: galishni@yandex.ru

Елизавета Игоревна БЕРЕСТЕНКО, аспирантка РУДН, e-mail: cutelisita@mail.ru
ФГБОУ ВПО «Российский университет дружбы народов» (РУДН), 117198 Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6

Аннотация. Композитные материалы широко распространены во многих странах Европы, Азии, Америки. В России объемы их применения в строительной отрасли существенно меньше, хотя их использование во многих случаях предпочтительнее с экономической и технологической точек зрения. В ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко совместно со специалистами Российского университета дружбы народов проведены экспериментальные исследования по оценке эффективности применения арматурных сеток на основе базальтового волокна вместо стальной сетки при армировании кладки из различных каменных материалов. Программа исследований включала испытания на действие поперечной нагрузки (изгиб), на вырыв из кладки и т. д. Результаты исследований показали возможность использования арматурной сетки из базальтового волокна для усиления кладки стен из керамического кирпича (в том числе пустотного) и крупноформатного камня, что позволяет снизить расход растворной смеси, обеспечить нормативное значение коэффициента теплопроводности и повысить прочность при сжатии. Применение таких сеток целесообразно также при армировании растворных стяжек для исключения усадочных трещин при устройстве напольных покрытий и в конструкциях кровельного ковра.

Ключевые слова: композитные материалы в строительстве, арматурная сетка, базальтовое волокно, экспериментальные исследования, усиление кладки из керамического кирпича и камня.

WAYS OF INCREASING THE COMPETITIVENESS OF THE MESHES ON THE BASIS OF BASALT FIBER AND PROSPECTS OF THEIR APPLICATION IN CONSTRUCTION

Arkady V. GRANOVSKY, e-mail: arcgran@list.ru, TSNIISK named after V. A. Koucherenko, OJSC SRC «Stroitelstvo», 2-ya Institutskaya ul., 6, Moscow 109428, Russian Federation

Vera V. GALISHNIKOVA, e-mail: galishni@yandex.ru, **Elizaveta I. BERESTENKO**, e-mail: cutelisita@mail.ru
Peoples' Friendship University of Russia, ul. Miklukho-Maklaya, 6, Moscow 117198, Russian Federation

Аннотация. Композитные материалы широко распространены во многих странах Европы, Азии, Америки. В России объемы их применения в строительной отрасли существенно меньше, хотя их использование во многих случаях предпочтительнее с экономической и технологической точек зрения. В ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко совместно со специалистами Российского университета дружбы народов проведены экспериментальные исследования по оценке эффективности применения арматурных сеток на основе базальтового волокна вместо стальной сетки при армировании кладки из различных каменных материалов. Программа исследований включала испытания на действие ветровой нагрузки, поперечной нагрузки (изгиб), на вырыв из кладки и т. д. Результаты исследований показали возможность использования арматурной сетки из базальтового волокна для усиления кладки стен из керамического кирпича (в том числе пустотного) и крупноформатного камня, что позволяет снизить расход растворной смеси, обеспечить нормативное значение коэффициента теплопроводности и повысить прочность при сжатии. Применение таких сеток целесообразно также при армировании растворных стяжек для исключения усадочных трещин при устройстве напольных покрытий и в конструкциях кровельного ковра.

Ключевые слова: композитные материалы в строительстве, арматурная сетка, базальтовое волокно, экспериментальные исследования, усиление кладки из керамического кирпича и камня.

Приоритетное развитие тех или иных направлений техники и технологии представляет собой довольно сложную проблему и зависит от многих факторов, в частности, от уровня науч-

ного и инженерного потенциала общества, уровня капиталовложений в исследовательские работы и производство, потребности общества в современных материалах и технологиях. При

этом «чужой» производственный опыт довольно быстро устарева-ет, если в научном сообществе отсутствует понимание новых явлений и оно не в состоянии приспособить к местным условиям

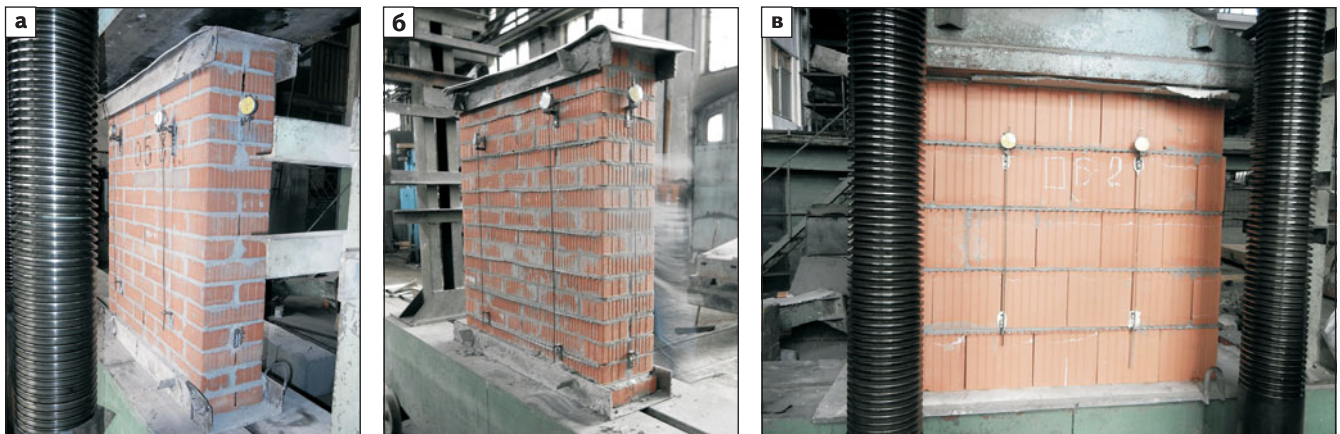


Рис. 1. Опытные образцы фрагментов стен I серии (а, б) и II серии (в)

идеи и технологии, разработанные за рубежом. К таким направлениям, требующим специальных знаний и наличия современных технологий, относятся композитные материалы – сетка, арматура и т. д.

В Европе и Америке появление композитных материалов и начало их исследования относятся к концу 1950-х–началу 1960-х гг. О понимании важности использования композитных материалов в технике, их влияния на развитие таких отраслей, как аэрокосмическая, строительная и том внимании, которое уделяется бизнесом и государством за рубежом развитию этой отрасли, свидетельствуют следующие факты:

- создан международный исследовательский центр по композитным материалам (International Institute for FRP in Construction), который координирует и финансирует исследования по применению композитов в строительстве и объединяет исследовательские центры из 34 стран шести континентов;
- начиная с 2001 г. (раз в два года) проводятся международные конференции по FRP. На конференциях в Риме (июль 2012 г.) и Ванкувере (август 2014 г.) было представлено более 200 докладов по исследованию конструкций, армированных композитной арматурой или усиленных компо-

зитной арматурной тканью (сеткой).

В России первые исследования по применению композитных материалов в строительстве проведены специалистами НИИЖБ им. А. А. Гвоздева [1, 2]. Была создана Ассоциация, объединяющая исследователей, производителей и потребителей композитных материалов в строительстве; разработаны первые нормативные документы по применению композитной арматуры, тканей и сетки при армировании и усилении железобетонных конструкций; ведутся опытные работы по промышленному производству изделий (конструкций) с использованием композитной арматуры. Первые исследования в России по использованию композитных материалов для усиления каменной кладки и методика их расчета выполнены А. Н. Костенко [3] под руководством одного из авторов этой статьи.

Однако объемы применения композитных материалов в строительной отрасли России существенно отстают от зарубежной практики. Так, по данным, приведенным в докладе В. Ф. Степановой и В. Р. Фаликмана на II Международной конференции по бетону и железобетону (май 2014 г., Москва), 43 % произведенного в мире композитного материала использовано в Азии, 35 % – в

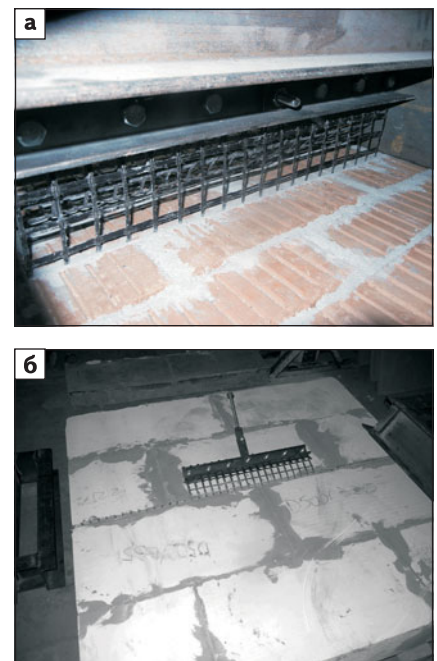


Рис. 2. Опытные образцы из керамического кирпича (а) и ячеистобетонных блоков (б) при испытании сетки на вырыв

Америке, 22 % – в Европе и только 1 % – в России. Широкое применение композитные материалы в виде арматурных сеток из базальтового волокна могут найти при ведении кладочных работ. Так, по данным Росстата, объем строительства жилых зданий (включая малоэтажные и коттеджные) из каменных материалов составляет 67 % общего объема жилищного строительства, или 40–42 млн м² жилья в год.

В Центре исследований сейс-

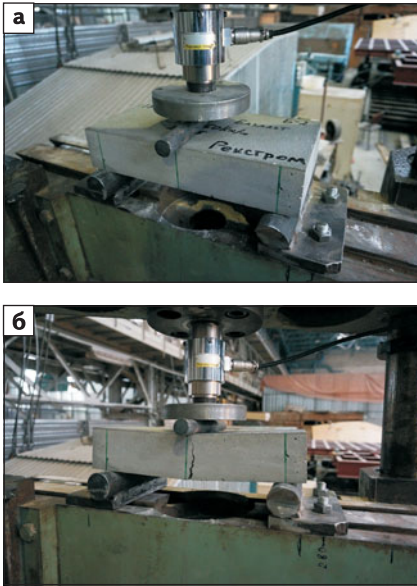


Рис. 3. Опытные образцы бетонной плиты, армированной композитной сеткой, до (а) и после (б) испытаний на изгиб

мостойкости сооружений ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко совместно со специалистами кафедры строительных конструкций и сооружений РУДН разработана и реализована программа экспериментальных исследований по оценке эффективности применения арматурных сеток на основе базальтового волокна вместо стальной сетки при армировании кладки из различных каменных материалов, а также при использовании этой сетки в многослойных стенах в качестве связевого элемента и для армирования бетонных (растворных) стяжек.

Программа исследований включала в себя испытания следующих серий образцов:

- **I серия** — кладка фрагментов стен из керамического кирпича пустотностью 42 % марки по прочности при сжатии М100 на цементном растворе марки М100 без армирования (группа I а, рис. 1а), с армированием металлической сеткой Ø4 с ячейкой 60×60 мм через два ряда по высоте образцов (группа I б) и с армированием базальтовой сеткой Ø3 с ячейкой 8×25 или 25×25 мм че-

Результаты испытаний фрагментов стен на сжатие

№ серии	№ группы*	Размеры образца, см	$N_{разр}$, кН	$N_{тр}^1$, кН	$\frac{N_{тр}^1}{N_{разр}}$	$R_u^{экс}$, МПа	Предел прочности кладки, приведенной к центральному сжатию, МПа		Относительная прочность, %
							R_u	$R_{расч}$	
I	Ia	25×103×125	960	610	0,61	3,72	4,55	2,27	100
	Iб		1550	1100	0,71	6,01	6,56	3,28	144
	Iв		1230	910	0,74	5,1	5,84	2,92	128
	Iг		1150	820	0,73	4,27	5,54	2,77	123
II	IIa**	25×80×135	730	410	0,56	2,42	3,09	1,54	100
	IIб		555	290	0,52	2,78	3,5	1,75	113
	IIв		622	363	0,58	3,11	3,55	1,77	115

* В каждой группе опытных образцов было испытано по 3–4 образца-близнеца.

** Размеры образца этой группы — 25×120×135 см. $R_u^{экс} = N_{разр}/A$ — при определении R_u учтены эксцентриситеты приложения нагрузки на образец относительно его продольной и поперечной осей.

рез один (группа I в) или через два ряда (рис. 1б) по высоте образца (группа I г). Размеры образцов — 250×1030×1200 мм;

- **II серия** — кладка фрагментов стен из керамического крупноформатного поризованного камня пустотностью 52 % (камень POROMAX 250-11.3NF) марки по прочности при сжатии М75 на цементном растворе марки М100 без армирования (группа II а), с армированием металлической сеткой Вр-I Ø4 с ячейкой 50×50 мм через один ряд по высоте образцов (группа II б) и с армированием базальтовой сеткой Ø2–3 с ячейкой 8×25 и 25×25 мм через один ряд по высоте образца (группа II в, рис. 1б). Размеры образцов — 250×800(1200)×1350 мм;

- **III серия** — фрагменты стен толщиной 120 мм из керамического пустотелого кирпича М100 на растворе М75 и ячеистобетонных блоков толщиной 250 мм плотностью D400 при классе бетона В2,5 (рис. 2). В образцы устанавливали арматурную сетку из базальтового волокна и проводили ее испытания на вырыв из кладки стен. В испытаниях образцов данной серии моделировалась работа связевых сеток в

многослойных стенах при действии ветровой нагрузки;

- **IV серия** — фрагменты плит (стяжка), армированные металлической сеткой и сеткой на основе базальтового волокна. Испытания опытных образцов бетонных плит из бетона класса В22,5 с размерами 160×300×60 мм проводились на действие поперечной нагрузки (изгиб) (рис. 3).

В опытных образцах использовались базальтовые сетки (рис. 4) марок «СБНПс ГРИДЕКС 50» (ООО «РЕКСТРОМ-К», Россия) и ССБ «LIGRIL» (ООО «МашинаТСТ», Беларусь). Для кладки опытных образцов использовались пустотный кирпич и камень производства ОАО «Славянский кирпич».

Анализ результатов экспериментальных исследований арматурной сетки из базальтового волокна в несущих и ограждающих конструкциях показал следующее:

1. Применение композитных сеток на основе базальтового волокна Ø2–3 с ячейкой 8×25 и 25×25 мм для армирования кладки стен из керамического кирпича толщиной 6,5 см (или камня толщиной 21,9 см) ведет к повы-

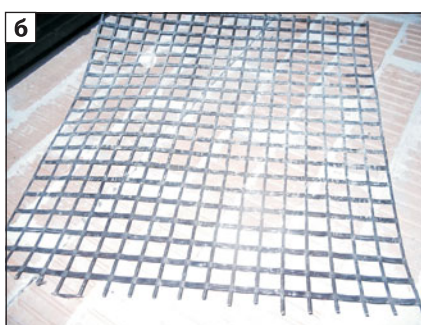
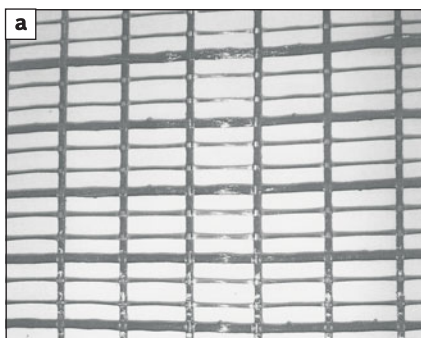


Рис. 4. Композитные сетки марок «СБНПс ГРИДЕКС 50» (а) и ССБ «LIGRIL» (б)

шению ее прочности по сравнению с неармированной кладкой (см. таблицу):

- на 15 % — при укладке сетки через три ряда;
- на 20–23% — то же, через два ряда;
- на 28–30% — то же, в каждом ряду по высоте образца.

2. Использование композитной сетки из базальтового волокна с ячейкой не более 25×25 мм позволяет снизить расход растворной смеси [4] при кладке стен и исключить ее попадание в пустоты кирпича (камня). Это даст возможность избежать образования мостиков холода и обеспечить нормируемое значение коэффициента теплопроводности пустотного кирпича (камня).

3. Разрушение (разрыв) базальтовых сеток шириной 450 мм при их испытаниях на вырыв из кладки стен, выполненных из керамического кирпича (рис. 2а) с глубиной заделки 120 мм и из ячеистобетонных блоков (рис. 2б) с глубиной заделки 250 мм, произошло при нагрузке $N_{\text{разр}} =$



Рис. 5. Характер разрушения связей из базальтовой сетки (разрыв сетки) при вырыве из кладки

8...9,1 кН. При этом в эксперименте не удалось обеспечить равномерного распределения нагрузки по длине сетки, что привело к неравномерному разрыву сетки и как следствие к снижению значения усилия вырыва (рис. 5). За расчетное усилие разрыва сетки шириной 45 см, используемой в качестве связевого элемента в многослойных стенах, рекомендуется принять значение $N_{\text{расч}} = 3,5$ кН.

Разрывная нагрузка на 1 м ширины сетки по паспорту на изделие составляет $N_p = 50$ кН/м. Как видно из рис. 5, при разрушении связей имел место разрыв 7–8 нитей сетки. При размере ячейки сетки 25×25 мм предельная нагрузка на связь составила: $N_{\text{разр}} = N_p / N_{\text{нит}} \cdot K_{\text{экс}} = 50 / 41,7 = 8,54$ кН. Таким образом, результаты эксперимента хорошо согласуются с нормативными прочностными параметрами сетки.

Следует отметить, что по результатам испытаний различных видов анкеров (полиамидные, химические), установленных в ячеистый бетон и в швы кладки, расчетное усилие вырыва изменяется в интервале 0,4–1 кН.

4. Разрушение образцов плит из бетона класса В22,5 при изгибе, армированных арматурной стальной сеткой, имело место при напряжениях в растянутой зоне плиты 9,22 МПа. При армировании плит сеткой из базальтового волокна марки «СБНПс ГРИДЕКС 50» с ячейкой 25×25

мм разрушение опытных образцов происходило при напряжениях в растянутой зоне плиты $R = 6,4$ МПа.

Выводы

1. Арматурная сетка с ячейкой 8×25 и 25×25 мм из базальтового

волокна может быть рекомендована вместо арматурной стальной сетки для кладки стен из керамического кирпича (в том числе пустотного) и крупноформатного камня как с целью экономии расхода растворной смеси и обеспечения гарантированного значения коэффициента теплопроводности, так и для повышения ее прочности при сжатии.

Следует отметить, что за рубежом композитная сетка является неотъемлемым элементом кладки стен из крупноформатного камня пустотностью более 40 %. Причина этого — теплотехника и экономия материала.

2. Композитную сетку из базальтового волокна можно рекомендовать для использования вместо стальной арматурной сетки при армировании растворных стяжек с целью исключения усадочных трещин при устройстве напольных покрытий (в том числе силовых стяжек) и в конструкциях кровельного ковра. При этом должна быть обеспечена равномерная раскладка сетки по площади основания.

3. Для более широкого применения композитных сеток на основе базальтового волокна в строительной отрасли необходима разработка специальных нормативных документов (ГОСТ или СП), которые позволят исключить появление на строительном рынке материалов низкого качества.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Степанова В. Ф., Степанов А. Ю., Жирков Е. П. Арматура композитная полимерная. М.: **Издательство!** 2013. 200 с.
2. Степанова В. Ф., Степанов А. Ю. Неметаллическая композитная арматура для бетонных конструкций // Промышленное и гражданское строительство. 2013. № 1. С. 45–47.
3. Костенко А. Н., Мочалов А. А., Грановский А. В. Усиление кирпичных конструкций с использованием

элементов внешнего армирования из углеродного волокна // Промышленное и гражданское строительство. 2006. № 7. С. 47–48.

4. Соколов Б. С., Антаков А. Б., Фабричная К. А. Комплексные исследования прочности пустотелопоризованных керамических камней и кладок при сжатии // Вестник гражданских инженеров. 2012. № 5 (34). С. 65–71.

R E F E R E N C E S

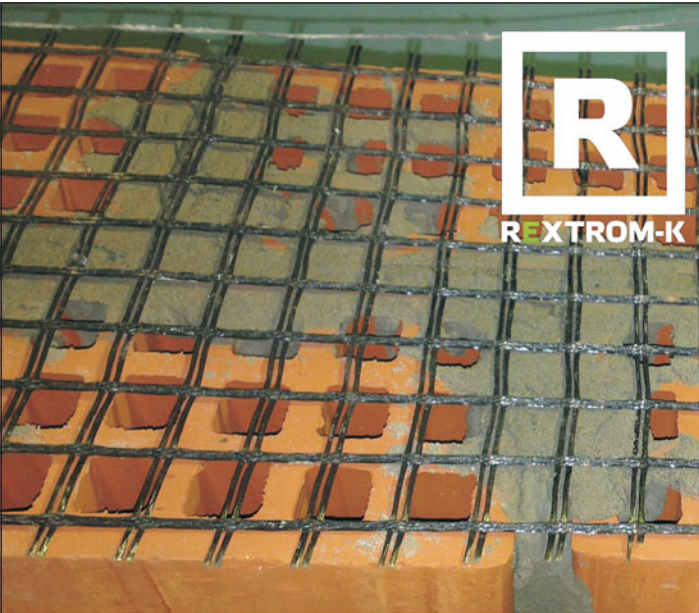
1. Stepanova V. F., Stepanov A. Yu., Zhirkov E. P. *Armatūra kompozitnaya polimernaya* [Reinforcement of composite polymer]. Moscow, 2013. 200 p. (In Russian).
2. Stepanova V. F., Stepanov A. Yu. Non-metallic composite reinforcement for concrete structures. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*, 2013, no. 1, pp. 45–47. (In Russian).
3. Kostenko A. N., Mochalov A. A., Granovsky A. V.

Strengthening of masonry structures using elements of external reinforcement of carbon fiber. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*, 2006, no. 7, pp. 47–48. (In Russian).

4. Sokolov B. S., Antakov A. B., Fabrichnaya K. A. A comprehensive study of the strength of the hollow-porous ceramic stones and masonry in compression. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*, 2012, no. 5 (34), pp. 65–71. (In Russian).

Для цитирования: Грановский А. В., Галишникова В. В., Берестенко Е. И. Перспективы применения арматурных сеток на основе базальтового волокна в строительстве // Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 3. С. 59–63.


For citation: Granovsky A. V., Galishnikova V. V., Berestenko E. I. Ways of increasing the competitiveness of the meshes on the basis of basalt fiber and prospects of their application in construction. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering], 2015, no. 3, pp. 59–63. (In Russian). ■




Заменяет металлическую
Базальтовая сетка СБНПс Гридекс
Применяется для:

- ✓ армирования горизонтальных швов кладки;
- ✓ соединения слоев облицовки из кирпича с основным слоем крупноформатных камней или ячеистых блоков;
- ✓ армирования стяжек пола в различных климатических условиях;
- ✓ армирования штукатурного слоя стены;
- ✓ использования в обычных и сейсмоопасных регионах.

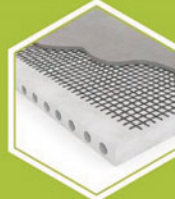
КЛАДКА




СТЕНЫ



ПОЛЫ



Наименование – СБНПс Гридекс 50(25) -100
 СТО 5952-022-98214589-2013



ГРИДЕКС
 базальтовые сетки

Производство: ООО «РЕКСТРОМ-К»
 171502 Россия, Тверская обл., г. Кимры
 ул. Орджоникидзе, д. 83, пом. 45-46
 (495) 517-39-62
sales@rextrom-k.ru www.rextrom-k.ru