

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Металлургия и материаловедение

УДК 678.026.3

Климатическая стойкость базальтокомпозитных арматур

А.К. Кычкин, В.В. Попов, А.А. Кычкин

Институт физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова СО РАН, г. Якутск

Приведены результаты испытаний климатической стойкости базальтокомпозитных арматур путем исследования прочностных характеристик при продольном изгибе и статическом растяжении. Объектом исследования является полимерный композиционный материал строительного назначения базальтокомпозитная арматура, представляющая собой однонаправленные базальтопластиковые стержни периодического профиля диаметром от 6 до 10 мм и изготовленная на базе цеха ООО «ТБМ» на технической линии «Струна» согласно ТУ 2296-001-86166796-2013 «Арматура неметаллическая композитная из базальтопластика». Исследования показали небольшое повышение прочности базальтокомпозитной арматуры после 20-месячного экспонирования на открытом воздухе в условиях г. Якутска.

Ключевые слова: базальтокомпозитная арматура, волокно–матрица, прочность, адгезия, изгиб, растяжение.

Climate Resistance of Basalt Composite Reinforcement

A.K. Kychkin, V.V. Popov, A.A. Kychkin

Larionov Institute of Physical and Technical Problems of the North SB RAS, Yakutsk

The results of testing of climatic resistance of basalt composite reinforcement by examining strength characteristics at columnar and static extension are presented. The object of study is a polymer composite material for building purpose which is a basalt-composite armature as unidirectional basalt-plastic rods with periodic profile and diameter from 6 to 10 mm. The rods were made by Limited liability company «ТБМ» on technical line «Struna» under the technical specifications 2296-001-86166796-2013 «Reinforcement of non-metallic composite basalt». The study have shown a slight increase in strength of basalt-composite reinforcement after 20 months open-air exposure in Yakutsk.

Key words: basalt-composite armature, fiber - matrix, strength, adhesion, bending, stretching.

Введение

В настоящее время использование полимерных композиционных материалов в строительстве постепенно увеличивается, однако широкое их применение сдерживается зависимостью ря-

да физико-механических характеристик от климатических факторов окружающей среды. Получение достоверной информации влияния климатических факторов на протекания физико-химических процессов в материалах, вызывая изменение их эксплуатационных, в частности, прочностных показателей является актуальной задачей для использования композитной арматуры в строительстве. Известно [1], что под совместным действием климатических факторов (температуры, влажности, УФ-радиации,

КЫЧКИН Анатолий Константинович – к.т.н., в.н.с., kychkinplasma@mail.ru; ПОПОВ Валерий Валентинович – к.т.н., с.н.с., popov_valeriy@bk.ru; КЫЧКИН Айсен Анатольевич – аспирант, icen.kychkin@mail.ru.

циклического перепада температур) в полимерной матрице композиционного материала протекает комплекс сложных физико-химических процессов и превращений, в результате которых могут значительно измениться исходные свойства материала. В [2] исследована стойкость базальтопластиков к воздействию низких, высоких температур и термоциклов и показана стабильность этих материалов к указанным воздействиям. Подтверждение и обоснование сохранения свойств на высоком уровне в процессе длительной эксплуатации в разнообразных климатических условиях явились бы важнейшим условием для применения композитных материалов в строительной промышленности. Существуют методы ускоренных климатических испытаний, где в лабораторном оборудовании имитируются суточные и сезонные климатические изменения. Имеется целый перечень ГОСТов. Стремление установить количественную зависимость между естественными и ускоренными испытаниями покрытий и материалов длительное время не приводило к положительным результатам, не во всех случаях воспроизводилась даже качественная картина разрушения.

В работах [2–7] отсутствуют сведения об изменении свойств базальтокомпозитной арматуры строительного назначения к длительному воздействию натуральных климатических условий разных зон.

Полную информацию по климатическому исследованию можно получить лишь при проведении их натуральных испытаний. Исследование климатической стойкости базальтокомпозитной арматуры оценивалось путем определения прочностных характеристик в продольном изгибе и осевом растяжении до и после экспонирования. Продолжительность экспонирования образцов на открытом полигоне составляла 20 месяцев.

Материалы и методы исследования

Определение прочностных характеристик базальтокомпозитных арматур, до и после экспонирования проводили на испытательной машине «Zwick/Roel Z600», тип: ВРС – F0600TN.R09, серийный номер: 160088-2008 (ГОСТ 12004-81) на базе ЦКП ИФТПС СО РАН и ФГУП ВИАМ (г. Москва).

Испытание на продольный изгиб проводили согласно работе [8] и ТУ 2296-00120994511-04 «Арматура неметаллическая композитная из базальтопластика», испытание образцов на осевое растяжение – согласно ГОСТ 31938-2012 «Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций» (ISO 10406-

1:2008,NEQ). Экспонирование образцов арматуры производилось на открытом полигоне ЦКП ИФТПС согласно ГОСТ 9.708-83. Образцы подвергались воздействию естественных климатических факторов в течение 20 месяцев.

На рис.1 представлены экспонированные образцы базальтокомпозитной арматуры различных диаметров на открытом полигоне ЦКП ИФТПС.



Рис.1. Экспонированные образцы базальтокомпозитной арматуры различных диаметров на открытом полигоне ЦКП ИФТПС

КЛИМАТИЧЕСКАЯ СТОЙКОСТЬ БАЗАЛТОКОМПОЗИТНЫХ АРМАТУР

Стенды с образцами расположены таким образом, чтобы рабочая поверхность образца ориентирована на юг под заданным углом наклона 45° к линии горизонта. Угол наклона выбран в зависимости от географической широты г. Якутска.

Для проведения исследований отбор образцов диаметрами 6,8 и 10 мм проведен, согласно ГОСТ 9.708-83, на каждый тип испытаний до и после экспонирования.

Результаты и обсуждение

Согласно техническим условиям, для проведения испытаний на продольный изгиб были подготовлены образцы базальтокомпозитной арматуры. Для диаметра 6 мм длина образцов составляла 540 мм, для диаметра 8 мм – 540 мм, для диаметра 10 мм – 580 мм.

На рис.2 представлены диаграммы испытаний на продольный изгиб образцов до и после их экспозиции на открытом полигоне.

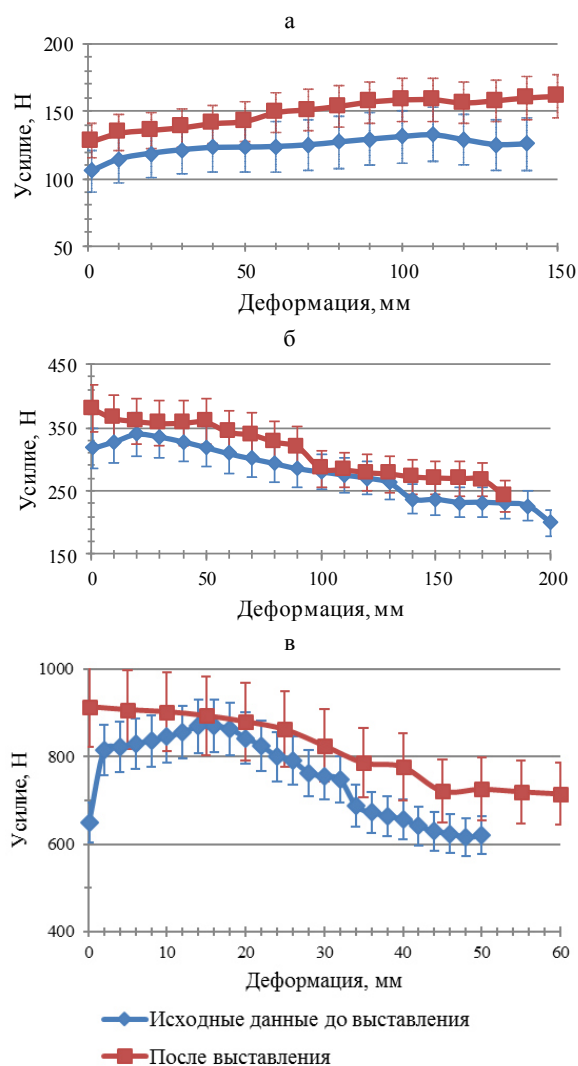


Рис. 2. Диаграмма испытаний на продольный изгиб образцов АБК: а – диаметр 6 мм; б – диаметр 8 мм; в – диаметр 10 мм

Сравнительные результаты испытаний на продольный изгиб и осевое растяжение представлены в табл. 1–2.

Т а б л и ц а 1
Сравнительные результаты испытаний на продольный изгиб, σ_B , МПа

Серия АБК	Данные ФГУП ВИАМ	Данные ИФТПС СО РАН	Данные ИФТПС СО РАН
	Исходные данные		Данные после 20 месяцев экспонирования
1 (диаметр 6 мм)	1084,5	1022,6	1215
2 (диаметр 8 мм)	786,1	975,4	1050
3 (диаметр 10 мм)	726,5	637,0	744

Испытание образцов базальтокомпозитной арматуры на осевое растяжение диаметром 6 и 8 мм проводили, согласно ГОСТ 31938-2012 «Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций» (ISO 10406-1:2008, NEQ) [9].

Т а б л и ц а 2
Сравнительные результаты испытаний на осевое растяжение

Серия АБК	Исходные данные		Данные после 20 месяцев экспонирования	
	Е, ГПа	σ_B , МПа	Е, ГПа	σ_B , МПа
1 (диаметр 6 мм)	53,2	1120,1	52,7	1205,8
2 (диаметр 8 мм)	50,8	1003,4	51,2	1077,6

Анализ полученных экспериментальных результатов показывает, что воздействие климатических факторов в течение 20 месяцев практически не повлияло отрицательно на прочность базальтокомпозитных арматур. Сохраняется высокая прочность арматур и заметно даже небольшое повышение.

Считается общепризнанным, что свойства композитов определяются не только свойствами армирующих волокон и матриц, но их взаимодействием на границе раздела, в первую очередь, прочностью сцепления волокна с матрицей (или связующего). От того, насколько прочно связаны между собой компоненты армированного пластика, зависят напряжения, которые передает матрица на волокно. Соответственно, прочность границы раздела определяет [9], насколько полно может быть реализована в материале прочность волокнистого материала (рис. 3) и то по какому механизму будет происходить разрушение материала. При $\tau_0=0$ прочность σ равна прочности пучка несвязанных волокон.

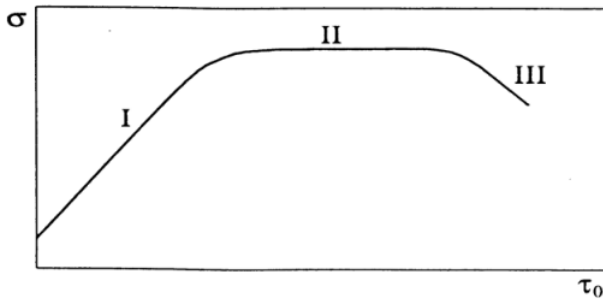


Рис.3. Общий вид зависимости прочности композитов от адгезионной прочности соединений «волокно–матрица» [6]: I – процесс повышения адгезии; II – область «идеальной» адгезии; III – снижение адгезионного сцепления

Заключение

Исследования показали сохранение и повышение прочностных характеристик базальтокомпозитных арматур, экспонированных 20 месяцев в экстремальных климатических условиях арктического Севера.

Повышению прочностных свойств базальтокомпозитной арматуры способствовало, на наш взгляд, повышение адгезионной прочности соединений «волокно–матрица» в процессе экспозиции. В результате матрица придала материалу монолитность, способствовала эффективному использованию механических свойств волокон и равномерному распределению усилий между ними. Связующее защищает волокна от химических, атмосферных и других внешних воздействий, а также само воспринимает часть усилий, развивающихся в материале при работе под нагрузкой.

Имеются изменения и в характере разрушения. При испытании исходных образцов разрушение происходило по типу «метелька», а разрушение образцов после экспонирования – по типу «срез», что косвенно подтверждает повышение адгезионной прочности соединения «волокно–матрица». Внешний визуальный осмотр образцов не выявил заметных повреждений или изменений.

Литература

1. Вапиров Ю.М., Кириллов В.П., Кривонос В.В. Закономерности изменения свойств поли-

мерных композитов конструкционного назначения при длительном климатическом старении в свободном и нагруженном состояниях // Сборник докладов VI научной конференции по гидроавиации «Гидроавиасалон – 2006». Часть II. М., 2006. С. 103–108.

2. Mohamed Amine Ammar. Bond Durability of Basalt Fibre-Reinforced Polymers (BFRP) bars under freeze-and-thaw conditions // Thesis. 2014. Quebec. Canada. 105 p.

3. Richard Parnas, Montgomery Shaw and Qiang Liu. Basalt Fiber Reinforced Polymer Composites // Technical Report NETCR63. Institute of Materials Science, University of Connecticut. 2007. 133 p.

4. Giuseppe Alaimo, Antonino Valenza, Daniele Enea, Vincenzo Fiore. The durability of basalt fibers reinforced polymer (BFRP) panels for cladding // Materials and Structures. 2015. DOI 10.1617/s11527-015-0633-3.

5. Gang Wu, Xin Wang, Zhishen Wu, Zxiqiang Dong, Guangchao Zhang. Durability of basalt fibers and composites in corrosive environments // Journal of Composite Materials. 2014 March 11. DOI: 10.1177/0021998314526628.

6. Qiang Liu, Montgomery T. Shaw, Richard S. Parnas, Anne-Marie McDonnell. Investigation of Basalt Fiber Composite Mechanical Properties for Applications in Transportation // Polymer Composites. 2006. V. 27. P. 41–48. DOI 10.1002/pc.20162.

7. Каблов Е.Н., Кириллов В.Н., Жирнов А.Д., Старцев О.В., Вапиров Ю.М. Центры для климатических испытаний авиационных ПКМ // Авиационная промышленность. 2009. №4. С.36–46.

8. Савин В.Ф., Блазнов А.Н., Старцев О.В., Луговой А.Н., Рудольф А.Я., Волков Ю.П., Хе А.И., Киселев Н.М., Маркова А.В. Испытания упругих стержней методом продольного изгиба / Под ред. В.Ф. Савина, А.Н. Блазнова. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2009. 222 с.

9. Зеленский Э.С., Куперман А.М., Горбаткина Ю.А., Иванова-Мумжиева В.Г., Берлин А.А. Армированные пластики – современные конструкционные материалы // Журнал Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева. 2001. Т. XLV, №2. С. 56–74.

Поступила в редакцию 11.10.2016