

678.8: 678.026

**В. Д. Клипов, В. П. Сергеев, И. В. Кононко, Н. В. Кононко**

**ПОЛИМЕРНЫЕ ФОРМОВОЧНЫЕ ПРЕПАРАЦИИ  
ДЛЯ БАЗАЛЬТОВЫХ ВОЛОКОН И ИХ ВЛИЯНИЕ НА СВОЙСТВА  
КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**КЛИПОВ Валерий Дмитриевич** – научный сотрудник, Институт проблем материаловедения им. И. Н. Францевича НАНУ (ИПМ НАН Украины), ул. Кржижановского 3, Киев, 03142, Украина, т. д. (044) 234-67-0437, т. р. (044) 424-15-01, м. т. 0500186892, факс. (044) 424-21-31, e-mail: klipov.v@ukr.net; **СЕРГЕЕВ Владимир Петрович** – ведущий научный сотрудник, ИПМ НАН Украины, т. р. (044)424-15-01, т. д. (044) 452-88-30, м. т. 0674473425; **КОНОНКО Ирина Васильевна** – старший научный сотрудник ИПМ НАН Украины, т. р. (044)424-61-23, м. т. 0974036479; **КОНОНКО Наталья Васильевна** – главный химик, ИПМ НАН Украины, т. р. (044) 424-61-23, т. д. (044) 450-41-07, м. т. 0673795461.

*С целью получения высокопрочных конструкционных базальтоволокнистых композиционных материалов изучена технология нанесения аппретирующих композиций на основе полимеров виниловых эфиров, поливинилхлорида, полиамида и эпоксидных олигомеров и их влияние на прочность базальтовых волокон.*

*Представлена сравнительная характеристика исходного базальтового волокна и упрочненного обработкой аппретирующими композициями. Показано влияние рецептур аппретов на физико-механические свойства базальтонаполненных композиционных материалов. Даны рекомендации по применению аппретирующих композиций для трудногорючих композиционных материалов на основе различных полимерных матриц.*

***Ключевые слова:** базальтовое волокно, базальтовые композиционные материалы, аппреты.*

## **ВВЕДЕНИЕ**

В последние годы наряду с гомогенными полимерами все большее распространение в промышленности получают армированные полимеры, представляющие собой гетерогенные системы, состоящие из различных армирующих волокон и полимерных связующих. Эти армированные полимеры, успешно конкурируя с металлами и древесиной, прочно вошли в число конструкционных композиционных материалов (ККМ) и получили широкое применение в строительстве, авиакосмической технике, изготовлении тары для боеприпасов и т.п..

Основными факторами, определяющими физико-механические характеристики ККМ, являются: прочность и структура поверхности армирующих волокон, физико-химические процессы, протекающие на ней, а также механические и физико-химические свойства полимерной матрицы (связующего); прочность межфазной адгезионной связи на границе раздела «волоконно-связующее»; ориентация волокон в ККМ. Большое влияние на свойства таких материалов оказывают также и технологические факторы: метод получения ККМ, способ изготовления из него изделий, технологические параметры при их изготовлении - давление, температура, время формования и пр. [1, 2].

Наиболее перспективными армирующими волокнами для ККМ, являются базальтовые волокна, обладающие необходимым комплексом функционально-эксплуатационных характеристик, неограниченной сырьевой базой, экологичностью производства изделий, дешевизной и долговечностью [3]. В

частности, ровинг из базальтовых непрерывных волокон (БНВ) с диаметром элементарного волокна 7-15 мкм все чаще находит свое применение при изготовлении крупногабаритных изделий из КKM [4]. Учитывая специфические особенности ровинга – высокую разрывную прочность, упругие свойства, хрупкость и малые удлинения при разрыве, возникает необходимость в использовании наряду с традиционными текстильными методами (многократная перемотка на стадии трощения, скручивание и последующее переплетение волокон в ткани, сильно повреждающие их поверхность и снижающие прочность как волокон, так и готовой ткани и увеличивающие уровень пылеобразования) дополнительных методов обработки [3].

В последнее время при изготовлении КKM применяют жгутовые ткани и ткани из ровинга, в которых используют некрученые нити [5]. В таких тканях лучше сохраняется прочность элементарных волокон, чем в тканях из крученых нитей, однако не решается полностью вопрос получения высокопрочных композиционных материалов, поскольку остаются неизменными остальные стадии процесса (нанесение замасливателя, трощение, перемотка и ткачество).

Авторы работы [6,7,8] считают, что увеличение прочностных свойств КKM может быть достигнуто путем сокращения механического и термического воздействия на армирующие волокна. Были проведены исследования по определению возможности исключения операции трощения и крутки волокна. Предложено использовать операцию прямой пропитки непрерывных базальтовых волокон (НБВ) различными полимерными аппретирующими композициями (ПАК) для дальнейшего получения базальтовой композиционной нити (БКН).

### МЕТОДЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

В качестве исходного материала для всех БКН была использована первичная комплексная нить из БНВ с номинальной линейной плотностью 38,6 текс (1 текс=1г/км=1 мг/м), изготовленная из андезито-базальта Подгорнянского месторождения по ТУ 88 УССР 023.004-92 со следующим химическим составом: SiO<sub>2</sub> – 52,43; TiO<sub>2</sub> – 1,19; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 18,33; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 8,97; FeO – 1,56; CaO – 7,68; MgO – 4,07; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0,17; MnO – 0,13; K<sub>2</sub>O – 1,07; Na<sub>2</sub>O – ,88.

Номинальная линейная плотность ровинга определяется как произведение номинальной линейной плотности комплексной нити и количества комплексных нитей в ровинге.

При изготовлении ровинга применялся прямой силановый замасливатель № 39, применяющийся при производстве материалов на основе эпоксидных, фенольных, эпоксифенольных и др. связующих.

Ровинг поставлялся в виде бобин. Хранение бобин ровинга осуществлялось в термостате с нормальными условиями и минимальной (5%) влажностью, что обеспечивало надежную защиту поверхности базальтовых волокон, склонной к повреждениям под воздействием атмосферной влаги.

Технология получения БКВ включала в себя следующие основные операции: пропитка нитей аппретирующими композициями (ПАК 01 – ПАК 04), сушка с удалением растворителей, термоотверждение нанесенных композиций, охлаждение и смотка полученной БКВ на бобину.

В качестве основного компонента для получения наносимых на БНВ аппретирующих композиций были использованы:

- ПАК 01 – полимеры виниловых эфиров;
- ПАК 02 – поливинилхлорид;
- ПАК 03 – полиамиды (олигоамиды);
- ПАК 04 – эпоксидные олигомеры.

Композиции представляют собой низковязкие жидкости с массовой долей полимера 1,5-2 %. Кроме основного полимера в растворах содержится ряд вспомогательных веществ и модификаторов. Так, для обеспечения необходимой эластичности композиции пластифицируются в зависимости от состава глицерином, полиэтиленоксидами, диоктилфталатом, трикрезилфосфатом, дибутилсебацнатом, хлорпарафином и др. (табл. 1).

С целью снижения горючести в качестве антипиренов (ПАК03, ПАК04) использовали как инертные, так и химически активные соединения (эферы фосфорных кислот, галогеносодержащие органические соединения, фосфорсодержащие полиолы и др.). В качестве антистатиков применяли поверхностно-активные вещества. В зависимости от состава композиции и, главным образом основного полимера, использовали разные растворители (вода, ацетон, спирты, циклогексан, метилен-хлорид, хлороформ и др.

Таблица 1

## Рецептуры аппретирующих полимерных композиций

№ п/п	Наименование компонента	Нормативный документ	Обозначение композиций			
			ПАК 01	ПАК 02	ПАК 03	ПАК 04
			% масс.			
1	Антипирен	-		1,50		
2	Аммоний двуххромовокислый	ГОСТ 3764	2,40			
3	Ацетон	ГОСТ 2603			5,95	17,92
4	Кислота борная	ГОСТ 18704	1,60			
5	Вода дистиллированная	ГОСТ 6709	205,00	13,92		
6	Глицерин	ГОСТ 6259	5,00			
7	Диоктилфталат	ГОСТ 8728				0,64
8	Каучук «Акрилан»	ТУ 408482			0,196	
9	Олигомер эпоксидный ЭД-20	ГОСТ 10587			0,67	
10	Олигомер эпоксидный УП-606/2 (Алкофен)	ТУ 2494-068-18777143-15			0,23	
11	Олигоамид Л19 (отвердитель)	МРТУ 6-05-1123-70			1,35	
12	Полиамид ПА-54	ОСТ6.05.438		1,00		
13	Поливинилхлорид ПВХ-МС-6602-С	ТУ6-01-1268				2,03
14	Пента бромфенил оксид				0,314	0,21
15	Спирт поливиниловый марка 11/2	ГОСТ 10779	8,00			
16	Спирт изобутиловый	ГОСТ 6016			37,27	
17	Спирт бензиловый	ГОСТ 8751		28,85		
18	Спирт этиловый	ГОСТ 17299	8,00	54,73		
19	Циклогексаном	ТУ6-09-05-227				79,20

Нанесение аппретирующих композиций на поверхность БНВ проводилось при нормальных условиях в специальном кондиционированном боксе.

### Разработка и изготовление экспериментальной лабораторной установки

Для повышения физико-механических и физико-химических связей в системе «минеральное волокно-полимерная матрица» выбрана технологическая операция аппретирования. Аппретирующие полимерные композиции обеспечивают необходимую структуру, свойства и протяженность слоя между поверхностью армирующего наполнителя и полимерной матрицей (связующим).

Для нанесения полимерных аппретирующих композиций на ровинг из НБВ была разработана, изготовлена и введена в эксплуатацию опытная лабораторная установка (см. рис.). В процессе разработки установки экспериментальным путем подбирали оптимальные технологические параметры – скорость движения ровинга, его натяжение, температуру сушки и термообработки.

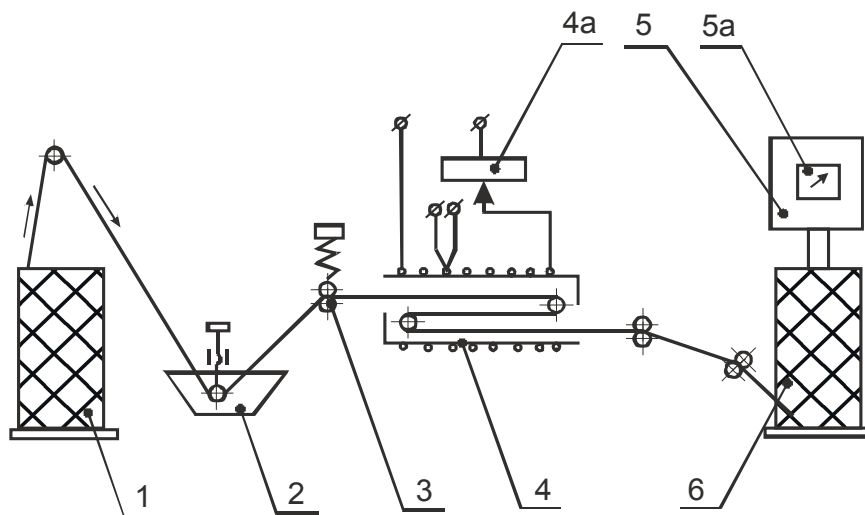


Рис. 1. Схема лабораторной пропиточной установки

- 1 – бобина с ровингом; 2 – пропитывающее устройство; 3 – отжимные валки;  
4 – сушильное устройство; 4а – устройство регулирования нагрева; 5 – устройство перемотки волокна; 5а – система регулирования оборотов; 6 – бобина с БКН

Полимерные аппретирующие составы наносили на лабораторной пропиточной установке с последующей сушкой при температурах по зонам от  $50\pm 5^\circ\text{C}$  до  $120\pm 5^\circ\text{C}$  со скоростью протяжки  $0,5\text{ м/мин}$  и подъемом температуры  $10^\circ\text{C/мин}$ . Окончательное термоотверждение аппретирующей композиции проводилось при температуре  $150\pm 5^\circ\text{C}$  в течение 25 мин. Аппретированные образцы подвергали термической стабилизации при температуре  $100^\circ\text{C}$  в течение 30 мин.

Влияние аппретов оценивали по прочности образцов БКН при температуре  $20^\circ\text{C}$ . Одновременно изучали содержание аппрета в БКН и режимы термообработки.

Образцам БКН с ПАК03 и ПАК04, отобранным для дальнейших исследований, были присвоены условные обозначения, соответственно: БКН-С10-38,5х4 и БКН-С10-38,5х8, где:

- БКН – базальтовая композиционная нить;
- С – элементарное базальтовое волокно;
- 10 – номинальный диаметр базальтового моноволокна (БМ), мкм;
- 38,5 – линейная плотность первичной базальтовой нити, текс;
- х 4 – количество сложений;
- ПАК – полимерная аппретирующая композиция (матрица);
- 03 – номер рецептуры аппретирующей композиции.

Образцам пресс-материалов на основе БКН с ПАК01 и ПАК03, отобранным для дальнейших исследований, были присвоены условные обозначения, соответственно: МБ-Р38,5х4хФФ (О) Ш1, МБ-Р38,5х4хФФ (О) Ш2, где:

- МБ – материал базальтовый;
- Р – ровинг базальтовый;

38,5 – линейная плотность первичной базальтовой нити, текс;  
 x 4 – количество сложений;  
 x ФФ – фенолформальдегидное связующее  
 (О) – марка  
 Ш1, Ш2 – обозначение полимерной аппретирующей композиции (матрица) ПАК03 и ПАК04;

Изготовленные образцы КKM на основе пресс-материалов с использованием БКН с различными ПАК подвергались механическим испытаниям согласно ГОСТ 9550, ГОСТ 4648 и ГОСТ 4647.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

На лабораторной установке были наработаны опытные партии БКН с применением ПАК для изготовления образцов пресс-материалов, композитов и огнеблокирующих тканей.

Результаты испытаний опытных образцов БКН приведены в табл. 2.

Таблица. 2

**Физико-механические характеристики БКН с нанесенной ПАК по сравнению с исходной базальтовой и капроновой нитями**

Обозначение образца	Количество сложений ровинга	Массовая доля композиции % сух. в-а	Средняя линейная плотность БКН, текс	Средняя разрывная нагрузка БКН, Н	Средняя удельная разрывная нагрузка, мН/текс	Массовая доля, %	
						влаги	Замасливателя
Ровинг из НБВ	4	0	169,0	63,5	376	0,15	0,75
БКН +ПАК02	4	3,1	166,0	118,0	710	0,3	–
БКН +ПАК03	4	2,62	158,7	95,0	603	0,27	–
БКН +ПАК04	3	2,3	173,0	99,0	571	0,01	–
Капрон	–	0	31,9	23,0	710	–	–

Анализируя результаты испытаний, следует отметить, что средняя удельная разрывная нагрузка полученных БКН увеличилась в 1,7 раза (соответственно ПАК 02 и ПАК 03) по сравнению с ровингом из НБВ (с замасливателем) без покрытия ПАК. Отмеченное упрочнение после аппретирования БКН, по-видимому, связано с тем, что при удалении влаги с ее поверхности, происходит образование слоев мономера и снижение количества гидроксильных групп, выступающих основными центрами адсорбции влаги в БМ.

Установлено, что сушка пропитанных аппретирующими составами нитей БКН +ПАК при  $150 \pm 5^\circ\text{C}$  в течение 25 мин создает условия, при которых ПАК, активно взаимодействуя с поверхностью базальтового ровинга и связующего, обеспечивает высокую адгезионную связь на границе раздела «базальтовое волокно-связующее».

### Получение пресс-материала и КKM на его основе

Как известно, использование при производстве композиционных материалов полуфабрикатов в виде пресс-материалов, значительно расширяет возможности и ассортимент изделий из КKM, снижая экологическую нагрузку [3]. Для решения данной проблемы были опробованы ПАК 01 и ПАК 03 в сочетании с базальтовыми нитями БКН-С10-38,5x4-КМ для изготовления

пресс-материалов МБ-Р38,5-4-ФФ (О) Ш1 и МБ-Р38,5-4-ФФ (О) Ш2, а также для сравнения с пресс-материалом без ПАК – ДСВ-4р-2м марки (О) на основе стеклянных ровингов и МБ-Р38,5-4-ФФ (О) на основе базальтовых ровингов. На основе вышеперечисленных пресс-материалов были изготовлены образцы ККМ, физико-механические характеристики которых представлены в табл. 3.

Таблица 3

**Влияние ПАК на физико-механические характеристики ККМ, изготовленных из пресс-материалов на основе стеклянных и базальтовых ровингов**

№ п/п	Наименование материала, его обозначение	Аппретирующая композиция, нанесенная на нить	Характеристики образцов ККМ		
			Модуль упругости при изгибе, $E_{изг} \cdot 10^4$ (МПа)	Предел прочности при изгибе, $\sigma_{изг}$ (МПа)	Ударная вязкость, $a$ , (кДж/м <sup>2</sup> )
1	Пресс-материал (стекло) ДСВ-4р-2м (О)	отсутствует	2,25–2,52	220-250	59-70
2	Пресс-материал (базальт) МБ-Р38, 5-4-ФФ (О)	отсутствует	2,55–2,81	294–325	200–300
3	Пресс-материал (базальт) МБ-Р38, 5-4-ФФ (О) Ш1	ПАК 01	2,60–2,82	294–325	277–315
4	Пресс-материал (базальт) МБ-Р38, 5-4-ФФ (О) Ш2	ПАК 03	2,60–2,96	325–356	325–363

Изготовленные образцы композиционных материалов из пресс-материалов с применением ПАК03 по сравнению с образцами композитов без применения ПАК обладают улучшенными прочностными характеристиками. При использовании ПАК01 прочностные характеристики БКН остались на уровне исходного базальтового волокна, однако увеличилась ударная вязкость полученного композита. ККМ на основе базальтовых волокон по физико-механическим характеристикам превосходят традиционные ККМ на основе стеклянных волокон.

### Получение огнеблокирующей ткани

Стойкость базальтовых волокон к воздействию высоких температур хорошо известна [10]. Это открывает огромные перспективы применения НБВ в качестве негорючих и огнестойких ККМ для атомных и теплоэлектростанций, нефтеперерабатывающих и химических заводов, огнепреграждающих конструкций высотных зданий и других промышленных объектов, где недопустимо возникновение и распространение пожаров.

Из нитей БКН-С10-38,5х4 с нанесенной трудногорючей композицией ПАК03, была изготовлена огнеблокирующая ткань для шахтных перемычек, технические характеристики которой приведены в табл. 4.

С целью определения горючести огнеблокирующей базальтовой ткани были проведены испытания ее образцов на стойкость к горению согласно UL-94 (ГОСТ 28157).

В ходе испытаний образцов ткани, покрытых ПАК03, определялось время горения и тления вертикально закрепленных образцов ткани. Исследования



показали, что время горения образца ткани не превышало 10 с после каждого приложения пламени; суммарное время горения пяти образцов тканей после двукратного приложения пламени не превышало 45 с; ни один из образцов тканей не горел и не тлел у зажима; гигроскопическая хирургическая вата, находящаяся на расстоянии 300 мм под образцом, не воспламенялась от падающих частиц; ни один из образцов ткани не горел более 60 с после второго удаления пламени.

Таблица 4

#### Характеристики огнеблокирующей базальтовой ткани

Наименование показателя	Единицы измерения	Величина
Толщина	мм	0,33
Поверхностная плотность	г/м <sup>2</sup>	292
Разрывная нагрузка для полоски размером 50 x 200 мм, по основе по утку	Н (кГс)	2860 (292) 2640 (269,4)
Относительное удлинение: по основе по утку	%	3,4 2,4
Категория горючести по UL-94 (ГОСТ 28157) V-0 (ПВ-1)	с	10

**Примечание:** Уток – поперечная (горизонтальная) система направления параллельных друг другу нитей в ткани, располагающихся под прямым углом к системе основы, и проходящих от одной кромки ткани до другой.

В процессе подготовки основы и на стадии ткацкого передела было отмечено значительное снижение уровня количества пыли, отсутствовала ее ворсистость и распушивание. Переработка БКН с использованием ПАК03 в ткань не вызывала трудностей и не отличалась от традиционного технологического процесса.

Полученные результаты показали, что огнеблокирующая базальтовая ткань, пропитанная АК03, соответствует категории горючести V-0 (ПВ-0) и может быть рекомендована к применению в шахтных перемильках.

### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В результате проведенных работ были разработаны: рецептуры составов аппретирующих полимерных композиций для получения БКН, технология нанесения композиций в процессе изготовления БКН, опытная лабораторная пропиточная установка для изготовления нитей.

Анализируя результаты испытаний полученных БКН, следует отметить, что большинство композиции АК оказали благотворное влияние на прочностные физико-механические характеристики ровингов из БНВ. Полученные нити, ткани и композиты по своим физико-механическим и технологическим характеристикам превосходят аналогичные изделия, изготовленные из базальтовых ровингов, необработанных полимерными композициями. Так, по сравнению с исходными ровингами без нанесения на них полимерной композиции, средняя удельная разрывная нагрузка при использовании композиций увеличилась в 1,7– 2 раза.

Изготовленные образцы пресс-материалов МБ-Р38, 5–4–ФФ (0) Ш1 и МБ-Р38, 5–4–ФФ (0) Ш2, в которых были использованы полученные БКН обладают улучшенными физико-механическими характеристиками (модуль упругости увеличился на 10 %, а предел прочности при изгибе – на 20 %) по сравнению с образцами композита МБ-Р38, 5–4–ФФ (0), изготовленного из базальтовой нити и композита ДСВ-4р-2м (О) на основе стеклянного волокна.

Опытная партия ткани на основе нитей БКН-С10-38, 5х4-КМ 07 и БКН-С10-38,5х8-КМ 08 для шахтных перемычек обладает не только высокими физико-механическими характеристиками, но и обеспечивает негорючесть при огнеблокировании шахтных взрывов. Изготовление ткани не требует специальных текстильных методов переработки и сопровождается более низким выделением пылевидных частиц в атмосферу.

### **ВЫВОДЫ**

Полученные результаты показывают, что оптимальный выбор рецептуры аппретирующих композиций позволяет получить высокие физико-механические и упругопластичные характеристики при хорошей адгезии к полимерным матрицам. Лучше сохраняется прочность НБВ и обеспечивается их защита от воздействия атмосферной влаги и механических повреждений. При этом значительно улучшаются санитарно-экономические условия производства за счет сокращения пылевыведения при ткацком переделе.

В зависимости от состава нанесенной аппретирующей композиции на ровинги из НБВ, полученные БКН могут быть рекомендованы:

- при производстве армирующих конструкционных тканей для композиционных материалов;
- при изготовлении композиционных изделий на фенольных, эпоксифенольных, эпокси-фурановых и мочевино-формальдегидных связующих;
- при изготовлении однонаправленных стержневых структур в виде арматуры с повышенными физико-механическими характеристиками.

Базальтовая композиционная нить благодаря аппретирующему покрытию на поверхности непрерывных базальтовых волокон более долговечна при хранении и не подвержена влиянию атмосферной влаги, а за счет эластичности, может храниться намотанной на бобины в течение более продолжительного срока, чем необработанная. Она представляет собой новый армирующий материал, обладающий адгезией к различным полимерным матрицам, используемым в композиционных материалах.

Таким образом, разработана технология получения композиционной нити (БКН) путем нанесения ПАК, позволяющая осуществлять направленную ориентацию НБВ, их натяжение и фиксацию в полимерном связующем, что обеспечивает возможность одновременной работы всех армирующих БКН в ККМ. Предложенная технология позволила заменить несколько технологических операций (нанесение замазливателя, удаление замазливателя при термообработке и нанесение аппрета) одной путем нанесения на поверхность волокна полимерных композиций. Полимерные композиции, нанесенные на поверхность волокна, защищают ее от механического воздействия текстильной переработки и обеспечивают эффективное межфазное взаимодействие его поверхности с полимерной матрицей в композиционном материале.

Замена операции крутки базальтовых ровингов операцией нанесения аппретирующей композиции в перспективе может стать необходимой



подготовкой для сохранения и улучшения физико-механических и технологических характеристик базальтового ровинга при производстве как армирующих, так и композиционных материалов на их основе.

*To obtain the high-strength constructional basalt fibrous composition materials, the deposition technology for coupling compositions based on polymers of vinyl ethers, polyvinylchloride, polyamide and epoxy oligomers as well as their influence on durability of basaltic fibres has been studied .*

*The comparative characteristics of initial basaltic fibre and the hardened basalt fibres strengthened by coupling agents have been presented. The influence of coupling agents receipt on the physical and mechanical properties of basalt-filled composition materials has been shown. Recommendations for using the coupling compositions in hard-burning composite materials based on different polymeric matrices were given.*

**Keywords:** *basalt fibres, basalt composites, coupling agents*

*З метою отримання високоміцних конструкційних базальтоволоконистих композиційних матеріалів в роботі вивчено технологію нанесення апретуючих композицій на основі полімерів вінілових ефірів, полівінілхлориду, поліаміду і епоксидних олігомерів та їх вплив на міцність базальтових волокон.*

*Наведено порівняльну характеристику вихідного базальтового волокна та зміцненого обробкою апретуючими композиціями. Показано вплив рецептур апретів на фізико-механічні властивості базальтовмісних композиційних матеріалів. Надано рекомендації стосовно застосування апретуючих композицій для важкогорючих композиційних матеріалів на основі різних полімерних матриць.*

**Ключові слова:** *базальтові волокна, базальтові композиційні матеріали, апрети*

1. *Гемуев Ш. И. Технология производства пресс-материалов и их прочностные характеристики / Ш. И. Гемуев, А. И. Гемуев // Полимерные материалы и технологии. – 2016. – Т.2, №3. – С.73-75*
2. *Зимин Д. Е. Изменение прочности силикатных волокон в процессе изготовления композиционных материалов / Зимин Д. Е., Татаринцева О. С. // Ползуновский вестник. – 2008. – №3. – С.217-219.*
3. *Сергеев В. П. Базальтові волоконисті матеріали та композити на їхній основі – матеріали ХХІ століття / В. П. Сергеев, В. Д. Кліпов // Новые материалы и инструменты: сб. докл. Международ. науч.-техн. семинара. – 2005. – С. 50-58.*
4. *Давыдова И. Ф., Стеклопластики – многофункциональные композиционные материалы / И.Ф. Давыдова, Н.С. Кавун //Авиационные материалы и технологии. – 2012. – №5. – С. 253–260.*
5. *Технико-экономическая эффективность применения капроновой объемно-жгутовой нити «ожилон» в ковровой промышленности: автореферат дис. канд. техн. наук: 594 : защищена 28.12.1970 / А. П. Трушкина. ЛИТЛП им. С. М. Кирова. – Л., 1970. – 20 с.*
6. *Сергеев В. П. Перспективные направления создания формовочной препаарации для базальтовых и стеклянных волокон (обзор) / В. П. Сергеев, В. Д. Кліпов, О. А. Іващенко // Новые материалы и инструменты: сб. докл. Международ. науч.-техн. семинара. – 2005. – С. 60-78.*
7. *Бейдер Э. Я. Влияние апретов на свойства термопластичных стеклопластиков / Э. Я. Бейдер, Г. Н. Петрова, Т. Ф. Изотопа // Труды ВИАМ. – 2014. – №9. – С. 50-57.*
8. *Туисов А. Г. Исследование влияния типа замасливателя на прочностные свойства стеклопластикового стержня / А. Г. Туисов, А. М. Белоусов // Ползуновский вестник. – 2008. – №1-2. – С.97-98.*
9. *Блазнов А. Н. Влияние температуры на прочность базальто- и стеклопластиков / А. Н. Блазнов, В. Ф. Савин, Е. В. Атясова, Ф. И. Бабенко, Ю. Ю. Федоров // Ползуновский вестник. – 2014. – Т.2, №4. – С.154-157.*
10. *Цыбуля Ю. Л. Высокотемпературные фильтровальные и композиционные материалы на основе непрерывных волокон из базальтовых горных пород // автореферат дис. канд. техн. наук 05.23.05: защищена 18.06. 2003 / КНУСА. – Киев. – 2003. – 24 с.*