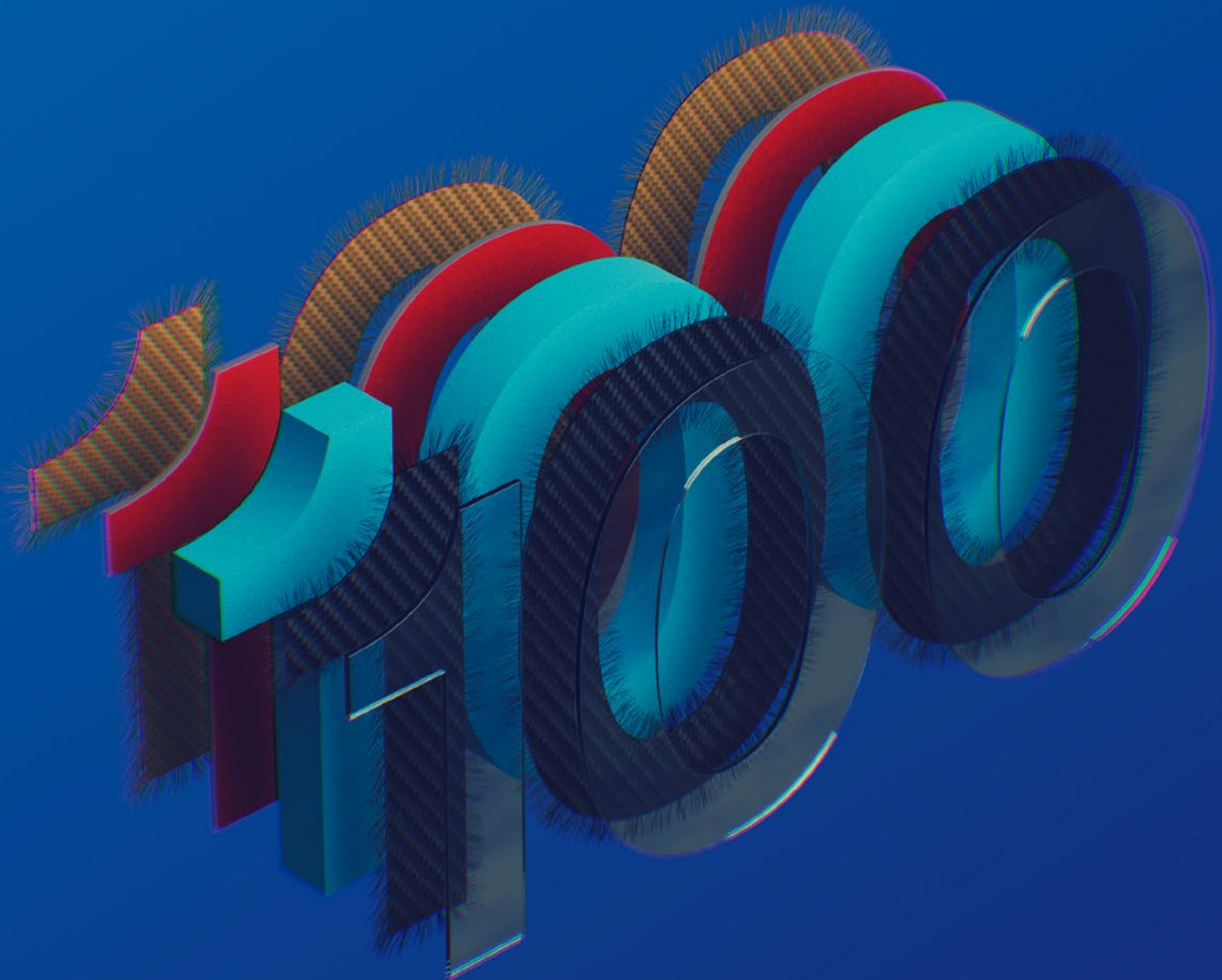


# КОМПОЗИТНЫЙ МИР

ISSN 2222-5439

#3 (100)  
2022



[compositeworld.ru](http://compositeworld.ru)



ТВОРИМ  
БУДУЩЕЕ  
СЕЙЧАС!

ДУГАЛАК

НЕНАСЫЩЕННЫЕ ПОЛИЭФИРНЫЕ СМОЛЫ  
ЭПОКСИВИНИЛЭФИРНЫЕ СМОЛЫ  
ГЕЛЬКОУТЫ  
МАТРИЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
СОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ СОСТАВЫ  
ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ



DUGALAK.RU



## Дорогие друзья!

Сотый номер журнала. Много это или мало? Для нас это целая история. 17 лет жизни. Давайте вспомним как все начиналось.

А началось все в 2005 году, когда Маргарита Матушкина и Ольга Gladунова (в те годы сотрудники компании «Композит ЛТД»), посетив выставку JEC в Париже решили, что было бы здорово создать русскоязычный научно-популярный журнал о композитах. Эту идею поддержало руководство компании, и в тот же год вышел первый номер журнала, который назывался Composite.ru.

Следующий номер вышел уже под привычным всем нам названием «Композитный мир». Редакцию журнала в первые годы возглавляла Маргарита Матушкина. Именно она организовала приезд в Россию главного редактора журнала Reinforced Plastics для знакомства с российским композитным рынком, и благодаря ей организаторы JEC предоставляли нашему издательству стенды на своих выставках. Так у журнала появились первые серьезные авторы и рекламодатели, такие как Ashland, Evonik, BASF, Airtech, Huntsman, Scott Bader.

После ухода Маргариты редакцию возглавила Наталья Лукичева. Перед ней стояла непростая задача — сделать журнал широко известным на российском рынке. Именно при Наталье Лукичевой читательская аудитория журнала выросла в несколько раз, появились постоянные авторы и эксперты-консультанты. При работе Натальи у журнала сложились теплые отношения с коллективом выставки «Композит-Экспо», отраслевыми союзами и ассоциациями.

С 2010 года редакцией журнала руководит Ольга Gladунова. При ней журнал начал активно расширять своё присутствие в медийном поле. Стали выходить специализированные приложения, началось распространение электронной версии журнала. Сегодня журнал сотрудничает со всеми отраслевыми мероприятиями, крупнейшими предприятиями отрасли и постоянными авторами. Отдел подписки работает со многими подписными агентствами, стараясь постоянно расширять читательскую аудиторию. Мы активно развиваем интернет-сайт и группы в соц. сетях, так как, по проведенному недавно опросу, большая часть нашей аудитории предпочитает читать новости с телефона в удобном формате социальных сетей.

Что будет дальше — сложно загадывать, но одно можно сказать с уверенностью. «Композитный мир» — это не только единственный российский отраслевой журнал, посвященный композитным материалам. «Композитный мир» — это сложившийся бренд, занявший своё место в композитной истории России.

**Читайте с пользой!**

*С уважением, Ольга Gladунова*

# Поздравления!

## С юбилейным 100 номером журнала **Композитный мир**



### **Владимир Александрович Нелюб**

*д.т.н., директор Центра НТИ «Цифровое материаловедение: новые материалы и вещества» МГТУ им. Н. Э. Баумана*

Дорогая редакция издательского дома «Композитный мир», уважаемый главный редактор Ольга Игоревна, я поздравляю вас с юбилейным выпуском журнала! Ваше издательство по праву можно назвать номером один в нише деловых отраслевых изданий, посвященных теме новых материалов и веществ. Я очень рад нашему сотрудничеству, которое последние пять лет можно назвать уже дружбой!

Вы остаетесь неизменным генеральным информационным партнером Международного форума «Ключевые тренды в композитах: наука и технологии», который проходит на площадке МГТУ имени Н.Э. Баумана ежегодно, регулярно со страниц журнала рассказываете о передовых научных решениях, внедрениях, подготовке кадров в сфере цифрового материаловедения, поддерживаете нас в реализации социально-значимых образовательных проектов.

Наш коллектив Центра компетенций НТИ «Цифровое материаловедение», и я лично поздравляем с выходом сотого выпуска журнала! Пусть на вашем профессиональном пути будут интересные вызовы, растет география распространения и читательская аудитория и сохраняется лидирующая позиция редакции на рынке композиционных материалов!

### **Мельник Олег Владимирович**

*Заместитель генерального  
директора  
ООО «РОСИЗОЛИТ»*

### **Беседин Вадим Петрович**

*Генеральный директор  
ООО «РОСИЗОЛИТ»*

100 — значительное достижение, за которым стоят сотни статей, репортажей и интервью. Читатели высоко ценят «Композитный мир» за взвешенные экспертные оценки, оперативность и профессиональное освещение тенденций развития современной композитной отрасли.

Желаем «Композитному миру» не уронить высокий уровень издания, сохранить качество и высокую ответственность, которая ему присуща.





## Команда ХимСнаб Композит

Команда ХимСнаб Композит от всей души поздравляет редакцию «Композитный мир» с юбилейным выпуском журнала. Мы желаем вам новых побед, высоких тиражей и развития. Ваша команда и ваш журнал помогают нашей отрасли расти и следить за всеми мировыми тенденциями. Мы говорим Вам «Спасибо!» и еще раз поздравляем нашу любимую редакцию. До встречи на выставках!



## Коллектив Группы компаний «Композит»

Сам факт успешной публикации 100 номеров издания говорит за себя. Многогранность и актуальность освещенных на страницах издания вопросов сделали журнал «Композитный мир» интересным и познавательным для всех, кто связан с композитными материалами. Искренне рады, что редакцию журнала и коллектив Группы компаний «Композит» связывают теплые дружеские отношения.

Уверены, что выход в свет юбилейного номера журнала станет отправной точкой для дальнейшего роста!

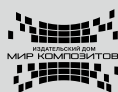
## Коллектив кафедры НВКМ СПбГУПТД

Кафедра наноструктурных, волокнистых и композиционных материалов им. А.И. Меоса СПбГУПТД поздравляет редакцию научно-популярного журнала «Композитный мир» с изданием 100-ого номера!

Популяризация науки, «перевод» специализированных знаний на язык малоподготовленного слушателя, читателя — одна из самых важных целей, стоящих перед популяризаторами науки. Журнал «Композитный мир» на протяжении более 15-лет прекрасно справляется с задачей превращения скучных для неспециалиста научных данных в интересную и понятную большинству информацию! Желаем вам успехов в дальнейшей работе, энергии, вдохновения!







Научно-популярный журнал  
**Композитный мир**  
#3 (100) 2022

Дисперсно- и непрерывнонаполненные композиты: стеклокомпозиты, углекомпозиты, искусственный камень, конструкционные пластмассы, пресс-формы, матрицы, оснастка и т. д. — ТЕХНОЛОГИИ, РЕШЕНИЯ, ПРАКТИКА!

Регистрационное свидетельство ПИ № ФС 77-35049  
Министерства РФ по делам печати,  
телерадиовещания и средств массовых  
коммуникаций от 20 января 2009 г.

ISSN — 2222-5439

**Учредитель:**

ООО «Издательский дом «Мир Композитов»  
8 (921) 955-48-47, 8 (911) 758-73-98  
www.compositeworld.ru

**Директор:** Сергей Gladunov  
gladunov@kompomir.ru

**Главный редактор:** Ольга Gladunova  
o.gladunova@kompomir.ru

**Вёрстка и дизайн:**  
design@compositeworld.ru

**По вопросам подписки:**  
podpiska@kompomir.ru

**По вопросам размещения рекламы:**  
o.gladunova@kompomir.ru

Номер подписан в печать 20.10.2022

Отпечатано в типографии «Премиум Пресс»  
Тираж 7500 экз. (печатная + электронная версия)  
Цена свободная

**Адрес для корреспонденции:**  
197374, Санкт-Петербург, а/я 19

**Научные консультанты:**

Александр Александрович Лысенко — д.т.н., профессор,  
заведующий кафедрой Наноструктурных, волокнистых  
и композиционных материалов им. А. И. Меоса  
Санкт-Петербургского Государственного Университета  
Промышленных технологий и дизайна;

Валерий Анатольевич Жуковский — д.т.н., профессор  
кафедры Наноструктурных, волокнистых и  
композиционных материалов им. А. И. Меоса Санкт-  
Петербургского Государственного Университета  
Промышленных технологий и дизайна;

Ольга Владимировна Асташкина — к.т.н., доцент  
кафедры Наноструктурных, волокнистых и  
композиционных материалов им. А.И. Меоса Санкт-  
Петербургского Государственного Университета  
Промышленных технологий и дизайна.

\* За содержание рекламных объявлений  
редакция ответственности не несет.

При перепечатке материалов ссылка  
на журнал «Композитный Мир» обязательна.

Мнение редакции может не совпадать с мнением автора



## Отрасль

Дугалак: это была наша мечта! Чтобы мы ее достигли, нам надо было пройти долгий путь...	8
В Инвестклубе обсудили стратегию в области новых материалов	12
Когда жареный петух клюнет	14
Возможности и перспективы развития отрасли производства БНВ, армирующих и композитных материалов	16

## Материалы

Полупостоянный разделительный состав СПЛИТ ППР-01 в судостроении	24
Современные материалы для средств индивидуальной бронезащиты	26







## Технологии

Вакумирую и точка... или коротко  
о внедрении технологии  
вакуумная инфузия на производстве..... 32

## Новые разработки

Новые бензоксазиновые связующие,  
разработанные в РХТУ, прошли этап апробации..... 36

Ученые из СПГУПТД научились  
окрашивать термостойкие волокна..... 38

МИСиС разработал перерабатываемый  
композит для авиастроения..... 40

Изобретение ученого Пермского Политеха  
повысит эффективность обработки  
титана и полимерных композитов..... 42

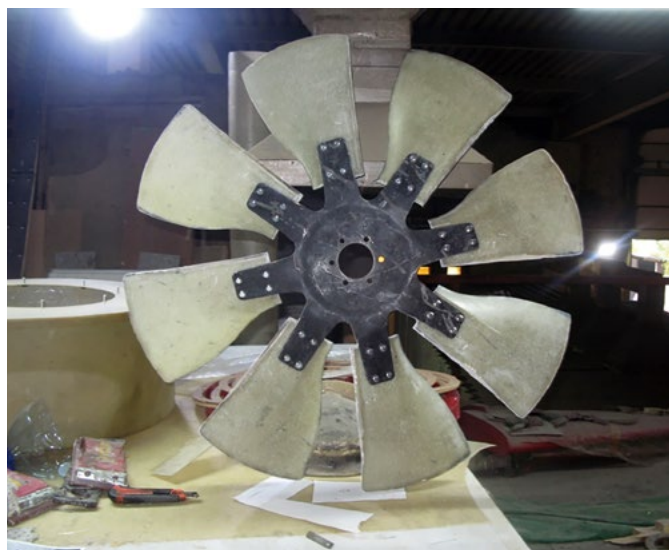
## Применение

Композитные дирижабли..... 44

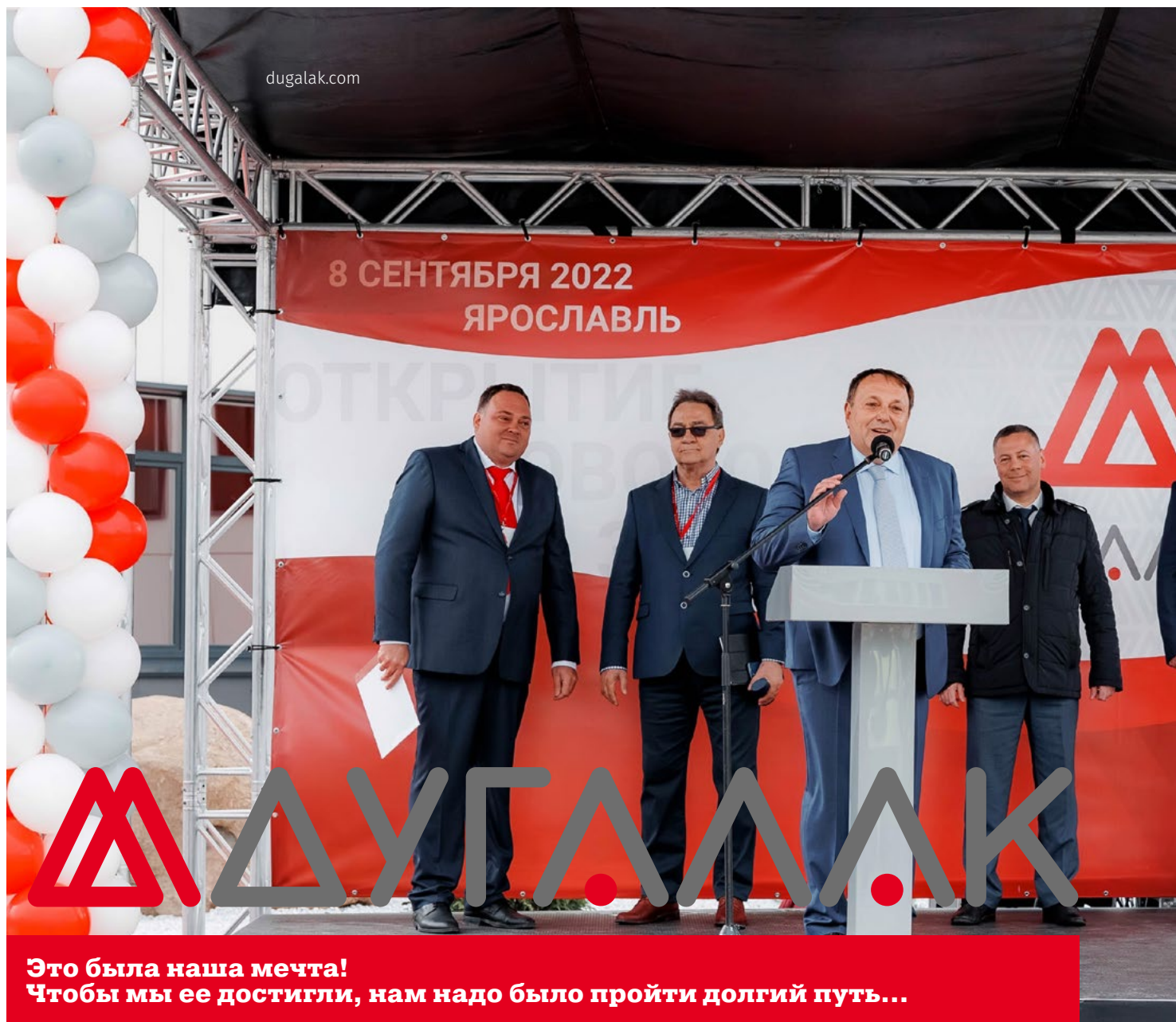
Не было бы счастья, да несчастье помогло..... 48

Армирующие материалы на основе  
базальтовых непрерывных волокон.  
Характеристики и опыт применения  
в строительстве и дорожном строительстве..... 50

Ближайшие отраслевые мероприятия..... 62







**Это была наша мечта!  
Чтобы мы ее достигли, нам надо было пройти долгий путь...**

История началась в далеком 1999 году в Москве с создания компании по производству лакокрасочных материалов и синтетических смол. Производство решили сделать на заводе «Лакокраска» в прекрасном старинном городе Ярославль. Территория этого предприятия стала домом для ДУГАЛАКА на долгие годы.

Основным направлением компании до 2006 года остаются лакокрасочные материалы и полуфабрикатные лаки. Как дополнительная программа появляются в ассортименте полиэфирные смолы производства лакокрасочного завода «Duga» в Сербии. Продажа полиэфирных смол в 2003 г. составляла 20 тонн в год!

В эти же годы сформирована первая команда завода, которая и на сегодняшний день составляет костяк управления компании.

В 2005 году – два нынешних учредителя компании – Зоран Павлович и Славолуб Ристич приняли решение начать производство ненасыщенных полиэфирных смол в г. Ярославль. Генеральным директором нового

ярославского ДУГАЛАКА стал Денис Лобов. Наш первый самостоятельный цех — бывший гараж, площадью 250 кв.м. Его отремонтировали. Именно там запустили производство разных видов смол и позже гелькоутов. Производством базовых смол занимался завод «Лакокраска» по рецептурам и технологиям специалистов ДУГАЛАКА. Большую поддержку на начальном этапе развития нового ДУГАЛАКА оказал директор и владелец завода «Лакокраска» Александр Юрьевич Шуранов. Этот человек был большим другом нашей компании и самым надёжным партнером до последних дней своей жизни. С 2006 по 2014 гг производство базовых смол осуществляется в цехах «Лакокраски», а их модификация в «гараже» ДУГАЛАК.

В этот период в жизни компании появляются важные и лояльные партнёры, с которыми сотрудничаем и сегодня.

В 2007 г. был организован первый семинар для клиентов с участием около 20 гостей, включая сотрудников компании. Наши семинары станут знаменитыми





в мире композитов и будут привлекать своим гостеприимством и оригинальностью не только российских участников. Гостями последнего семинара стали 142 клиента из России и стан Европы.

В 2009 году — запуск первого гелькоута, бесцветного, а уже в 2010 году начинается производство цветных гелькоутов. И с 2013 года ДУГАЛАК станет бессменным лидером в России по продажам этих материалов.

Компания расширяется и открывает филиальную сеть: в 2009 г. - первый в Москве, затем в 2010 г. — в Нижнем Новгороде, в 2011 г. — в Санкт-Петербурге. На сегодняшний день сеть из 11 филиалов в России, Ближнем и Дальнем Зарубежье является неотъемлемой частью компании ДУГАЛАК. Наши филиалы — это лицо компании в регионе и за рубежом.

К концу 2013 года ДУГАЛАК приобретает объект на территории ОАО «Лакокраска» для расширения производства. За 8 месяцев проводится полная реконструкция завода, и в марте 2014 года начинается производство на новой площадке. У нас появился

первый достойный дом для нашей компании. Но мы не остановились на достигнутом. Мы мечтали о собственном синтезе и полном цикле производства.

В 2016 году ДУГАЛАК начинает производство в Сербии на базе компании «Axsyntha» на условиях давальческого сырья. Часть продукции продаётся на европейском рынке, а часть экспортируется в Россию в виде полуфабриката для доработки. В дальнейшем руководство компании приняло решение о покупке этого завода. На данный момент «Axsyntha» является частью группы компании ДУГАЛАК.

Летом 2017 года мы делаем следующий шаг для достижения нашей цели. В результате долгих поисков была приобретена новая площадка для собственного синтеза полиэфирных смол на территории старой котельной в г. Ярославле. Здание находилось в аварийном состоянии и нужны были значительные средства для его восстановления. На тот момент казалось, что реализовать проект невозможно. Тем не менее ДУГАЛАК запускает финансирование проекта из собственных средств — были сделаны проектирование здания, зачистка территории и основные подготовительные строительные работы.

В 2019 году Сбербанк одобрил кредит на реконструкцию завода и началась реализация нашего значительного проекта.

Но проект приобрел больший масштаб, чем планировалось. Первоначальный план предполагал частичную реконструкцию, но по техническим причинам пришлось почти полностью реконструировать и восстановить до 80% существующего здания. Также мы приняли решение весь цикл производства синтетических смол и их модификации сделать на одной площадке.

В процессе реализации проекта нам пришлось столкнуться со множеством трудностей и препятствий: пандемия, дефицит сырья и материалов на мировом рынке, санкции западных стран и прочие последствия всех этих явлений.

Но не смотря на все эти события уже к концу 2021 года большинство узлов оборудования и самые крупные строительные работы были завершены. Начались пусконаладочные работы.

В итоге мы реализовали свою мечту! У нас собственное современное производство полного цикла — синтез базовых смол и их модификация.

#### Основные технические характеристики:

- Площадь — 4,5 гектара;
- Мощность цеха — 25 000 тонн в год базовых смол и до 30 000 тонн годовой продукции;
- Ассортимент: ненасыщенные полиэфирные смолы, винилэфирные смолы, гелькоуты, топкоуты и прочие синтетические продукты;
- 160 рабочих мест;
- 500 м<sup>2</sup> — лабораторий;
- 3000 м<sup>2</sup> — производственных площадей;
- 2000 м<sup>2</sup> — административных помещений;
- 2600 м<sup>2</sup> — складов для готовой продукции и сопутствующего сырья;
- 600 м<sup>3</sup> — ёмкостей для жидкого сырья.





С момента создания компании «ДУГАЛАК» сделано много, и мы этим гордимся:

- Произведено 130 000 тонн ненасыщенных полиэфирных смол, 15 000 алкидных и акриловых смол, 11 000 тонн красок, 6000 тонн гелькоутов.
- С 2009 года компания ДУГАЛАК является бессменным лидером продаж ненасыщенных полиэфирных смол и гелькоутов в России и одним из крупнейших производителей этих материалов в Восточной Европе.
- С начального ассортимента из 5 видов смол мы дошли до 25 базовых смол и более 300 позиций ассортимента (модифицированные смолы, гелькоуты, винилэфирные смолы, клеевые составы, вспомогательные материалы).
- Производство осуществляется на двух площадках (в России и Сербии). К концу 2022 года будет реализовано около 20 000 тонн ненасыщенных полиэфирных смол. Общая выручка составит около 70 млн. евро.
- Компания ДУГАЛАК является лидером на рынке композитных смол не только по объему продаж и ассортименту продукции, но и по услугам круглосуточного технического сервиса, совместным решением технических задач наших клиентов, по качеству продукции, упаковке и имиджу компании.
- ДУГАЛАК стал первым производителем в России гелькоутов, винилэфиров, композитных клеевых составов и трудногорючих материалов класса один.
- Сделали сеть филиалов в 11 городах России, Белоруссии и Чешской Республики.
- Расширили географию поставок. На данный момент ДУГАЛАК поставляет свою продукцию более чем 20 стран Европы.



Но есть вещи более важные, чем тонны произведенной продукции, бизнес-успехи и деловые цели:

- Мы гордимся тем, что за это время из наших материалов произведено много новой и современной продукции.
- Мы гордимся и радуемся, что штат наших сотрудников увеличился с 10 до 250 человек. Из них 50 — инженеров-технологов и 30 различных специалистов с высшим образованием. Особенная гордость нашей фирмы — это стабильность коллектива. Около 35 сотрудников работают с нами более 15 лет и 30 человек — более 10 лет. За это время мы стали одной большой семьей. Коллектив ДУГАЛАК — это команда, которая достигает цели совместными усилиями.
- В наших семинарах приняли участие свыше 1,5 тысячи гостей: ближе познакомились, узнали что-то новое, решили множество задач и ответили на большое количество вопросов, провели много веселых и приятных вечеров.
- Активная гуманитарная помощь ДУГАЛАКА детскому дому в городе Данилов Ярославской области, где возможно растут будущие инженеры, технологи и большие специалисты своего дела.
- За историю ДУГАЛАКА у наших сотрудников родилось 37 детей. Они успели подрасти, закончить школы, институты и достичь больших успехов в разных направлениях.
- Некоторые сотрудники обзавелись даже внуками.
- Мы немного постарели.... **НО РЕАЛИЗОВАЛИ СВОЮ МЕЧТУ!**

Возникает вопрос — что дальше? Какие цели? Мы их сейчас не будем озвучивать в тоннах, рублях или долях рынка. Ведь не это главное.

Наша цель — это стабильность компании, развитие в новых направлениях, доверие сотрудников, партнеров и клиентов. Желаем сами себе наслаждаться осуществившейся мечтой долгие годы!

Чтобы клиенты были довольны нашей продукцией, сотрудники приходили на работу как в свой второй дом. И тогда у нас с вами всё получится. **КМ**





## **В Инвестклубе обсудили стратегию в области новых материалов**

19 октября в Инвестиционном клубе «Деловой России» прошла встреча, посвященная инвестстратегии в области новых материалов. Мероприятие было организовано совместно с комитетом «Деловой России» по химической промышленности. В первой части встречи, которую провел координатор инвестклуба Александр Масленников, прошла дискуссия по теме, а во второй, по традиции — представление инвестпроектов и их обсуждение.

Приветствуя участников, сопредседатель клуба Сергей Недорослев отметил бурное развитие мирового рынка композитных материалов. За последние 10 лет он демонстрирует высокие темпы роста — 10% в год. «Фундаментальные прорывы» за этот период произошли и на российском рынке, появились серьезные компании, работающие в этом секторе.

Участники встречи обсудили состояние, перспективы и возможности развития рынка композитных материалов. С основными докладами в ходе пленарной сессии выступили член координационного совета и председатель комитета «Деловой России» по химической промышленности, председатель совета директоров АО «ГК «Титан» Михаил Сутягинский и генеральный директор АО «Юматекс» (Росатом) Александр Тюнин, генеральный директор ООО «Центр перспективных технологий ТМХ» Денис Карасев, генеральный директор Фонда Югра Сергей Афанасьев, генеральный директор АО «УК Композитная Долина» Никита Гараджа.

Александр Тюнин рассказал о мировых трендах, об этапах развития рынка композитов в России, о работе и инвестиционных возможностях АО «Юматекс», созданного ГК Росатом в 2016 году для развития композитного бизнеса. Председатель совета директоров АО «ГК «Титан» Михаил Сутягинский отметил, что производственный рынок этого сектора не охватывает общий спектр продукции необходимой отечественной экономике. Для дальнейшего развития рынка его участникам необходимо консолидироваться, считает он.

Во второй части встречи участникам встречи были представлены шесть инвестпроектов.

Генеральный директор ООО «АЭРОНН» Илья Илюшин рассказал о создании производства металлургических и кремнийорганических особо чистых соединений для производства полупроводников.

Директор НПП «Карбомил» Анатолий Самодуров

представил проект «Анодные материалы систем накопления и хранения энергии».

Евгений Лимачко из Новосибирска анонсировал проект производства металлических порошков для 3D-печати методом плазмоструйного распыления.

Соучредитель ООО «Криптохимия» Анастасия Гольдт рассказала о проекте «Микромаркер» — маркировка тонера и чернил. Основное направление работы компании — аэрозольный подход к получению различных материалов.

Генеральный директор ООО «Русграфен» Максим Рыбин представил проект производства композитных материалов на основе графена. Графен сочетает уникальные свойства: электропроводность, теплопроводность, прочность, гидрофобность, химическая инертность, гибкость и эластичность. Благодаря своим свойствам графен имеет множество применений, в их числе — микроэлектроника, полимеры, краски, чернила, ткани, износостойкая резина, различные строительные смеси, технические жидкости, антибактериальные покрытия и другие.

Технический директор ООО «Промкремний-М» Камиль Минабутдинов рассказал о создании производств синтетических оксидов кремния, металлов и переработки диатомита. Цель проекта — создание импортозамещающих и экспортоориентированных заводов по переработке и получению высококачественного диатомита, синтетического диоксида кремния (СДК), синтетических оксидов металлов (СОМ), а также продуктов их передела по инновационным технологиям на оборудовании собственного изготовления.

Со своими вопросами и комментариями к авторам проектов обратились гости и члены клуба. В их числе члены генсовета «Деловой России» Олег Мисевра, Дмитрий Чухланцев, Игорь Силин, Алексей Шатров, Леонид Нестеров, Роман Караваев, Сергей Супиченко, Алексей Добрусин, а также представители ВЭБ.РФ, ОДК-Сатурн, РФПИ, РосНАНО, Трансмашхолдинг, Русгидро и другие.

Подводя итоги встречи, Михаил Сутягинский отметил, что все представленные проекты «имеют большую перспективу с точки зрения потребностей рынка». Александр Тюнин, впервые участвовавший в подобной встрече, назвал Инвестклуб «площадкой для реального партнерства». «Такие площадки помогают находить партнеров и вливать жизнь в такие перспективные проекты», — заключил он.



## ДАВАЙТЕ «ИЗОБРЕТАТЬ ВЕЛОСИПЕДЫ»

Мнение нашего читателя и участника онлайн встречи инвестиционного клуба Холодникова Ю. В., к.т.н., генеральный директор ООО СКБ «Мысль»

Общее впечатление: мероприятие безусловно нужное, но необходимо более тщательно готовиться к его проведению, включая отбор проектов, инвесторов, четкого определения темы дискуссий.

Есть некоторое расхождение между заявленной темой дискуссии, выступлениями потенциальных инвесторов и темами представленных к обсуждению проектов. Тема «новые материалы»; инвесторы говорили о композитах, а темы проектов — не новые материалы, а производство известных продуктов в России по программе импортозамещения.

Выступление Генерального директора АО «Юматекс» Тюнина А.В., надеюсь, отражает его личную точку зрения на пути развития композитной отрасли, особенно по теме «не изобретать велосипеды»! То, что г-н Тюнин видит развитие отрасли исключительно в области самолетостроения, спортивного инвентаря, транспортного машиностроения и ветроэнергетики — в корне неверно и является тупиковой ветвью развития этой отрасли производства, по следующим причинам:

- эти направления хорошо освоены нашими зарубежными «партнерами», от уровня развития которых мы отстали лет на 20. Т.е., чтобы выйти на приемлемый конкурентоспособный уровень придется вложить огромные средства и потратить время, при условии, что конкуренты не стоят на месте, а покупка готовых технических решений (материалов, оборудования, подготовка кадров и пр.) в нынешних условиях — проблематична. Я не говорю, что работать здесь не надо, но надо искать свой путь развития и прорывные технологии. Кроме того, некоторые рекомендованные направления — ошибочны. Яркий пример — ветроэнергетика! Опыт Европы в этом нас ничему не учит? Спортивный инвентарь из углепластика — типичный пример «понтореза». Допускаю необходимость такого инвентаря для профессионального спорта, но это не те объемы производства, к которым мы должны стремиться. Для массового спорта стеклопластиковые изделия обладают достаточными потребительскими свойствами, но при этом доступны по цене. «Ремарка» — со стеклопластиковыми клюшками советские хоккеисты были мировыми лидерами, а где сейчас российские спортсмены с углепластиковыми?

С применением композитов в самолетостроении спорить не надо, но, сколько самолетов производится в России? Суперджет — дорабатывается уже не один десяток лет. МС-21 — пока сделано два испытательных образца, остальные гражданские самолеты пока в проектом варианте. Военная авиация — «терра-инкогнита», остальные потуги трудно брать в

расчет ввиду их неопределенности. К сожалению, советские времена прошли вместе с появлением новых самолетов практически каждый год.

- Композиты — это инновационная отрасль производства, поэтому совершенно непонятен тезис г-на Тюнина о том, что «не надо изобретать велосипед»! Это как понимать (?) — слепо копировать западные разработки или просто лень шевелить мозгами? При таком подходе легко списать собственные провалы на «мировые тенденции». К сожалению, у нас есть огромные проблемы с внедрением новых разработок, но это не значит, что свежих идей нет и на этом основании двигаться по проторённому пути. Если бы мы не «изобретали велосипед» не было бы в стране космонавтики, атомной отрасли, ВПК и многого того чем мы гордимся (как впрочем, сейчас нет полноценной композитной отрасли, поскольку все это время пытаемся «догнать» конкурентов).
- В 2020 году закончилось действие гос. проекта «Развитие отрасли производства композиционных материалов» (№1307-р от 24.07.13 г.). Итоги реализации — печальные. Виновных — нет. Как я понял из выступления г-на Тюнина — в РосАтоме есть своя программа развития этого направления. Интересно насколько она совместима с государственной?

Остальные потенциальные «инвесторы» (ООО «ЦПТ ТМХ «Трансмашхолдинг»; «Фонд Югра», «УК «Композитная долина») — не показали своей заинтересованности в реализации инвестиционных проектов.

По представленным к рассмотрению проектам можно отметить, что они не относятся к композициям, но, например проект ООО «Промкремний-М» может быть применен в качестве наполнителя для композитов, но нужны исследования эффективности применения оксида кремния в этом качестве.

Общее впечатление от проектов — новые материалы — это хорошо, но их производство — это не самоцель, а один из элементов потребительского продукта, завязанного и на другие отрасли производства. Инвесторы в один голос требуют гарантий закупок новых материалов. С учетом сроков реализации проекта (фактически 5–7 лет) — какие гарантии может предоставить автор проекта? Кто-нибудь из инвесторов может предоставить гарантии спокойного, динамичного прогнозируемого развития страны с учетом нынешних реальностей? Кто точно знает, что будет через год – два? Нужно искать другие формы достоверности, востребованности и новизны инвестиционного продукта. Мне кажется, что в этом вопросе надо больше доверять авторам проекта, как специалистам в данном вопросе, конечно, при определенных «гарантиях» достоверности, порядочности и материальной ответственности за конечный результат. Главный «аргумент» противников такого подхода в том, что «растачат» инвестиционные фонды, просто отговорка от практических решений, поскольку содержание таких фондов, экспертов, объемы выведенных из страны средств, потери времени и имиджевые потери — несопоставимы с запрашиваемыми инвестициями. **КМ**



**Наталья Лукичева**

Фотоматериалы: kosygin-rgu.ru

Оригинальный текст размещен на сайте [www.studpressa.ru](http://www.studpressa.ru)



## Когда жареный петух клюнет

Есть ли будущее у отечественного производства химических волокон? Готова ли наука помочь промышленности? На что надеяться и чего ждать в условиях санкций и ограничения импорта?

Такие вопросы затрагивали в своих выступлениях участники Всероссийской научной конференции «XVI Роговинские чтения», прошедшей в РГУ им. А. Н. Косыгина (г. Москва) 19 и 20 октября.

В этом году организаторы отступили от сложившегося формата проведения мероприятия. Раньше участники предавались воспоминаниям о достижениях выдающегося ученого — одного из организаторов отрасли производства химических волокон в Советском Союзе Захара Александровича Роговина. В этот раз больше докладов касались современных разработок. Это и понятно. Остается все меньше тех, кто работал с ним лично и мог бы рассказать о деятельности видного ученого, его опыте, личности, отношении к успехам или, наоборот, неудачам.

Безусловно, многие представленные работы так и иначе касались тематик, начало которым было положено З. А. Роговиным, его коллегами и соратниками. Но с сожалением приходится констатировать, что практически все производство химических волокон, которые были открыты благодаря целой плеяде видных ученых, в результате экономических реформ 90-х годов XX века закрылись. Оставшиеся давно переживают не лучшие времена.

Открывая конференцию, проректор по науке и

инновациям РГУ им. А. Н. Косыгина Алексей Силаков отметил: «В нашей стране исторически принято что-то откладывать до момента, когда «жареный петух клюнет». Сейчас как раз то время, когда он уж распростер над нами свои крылья. Когда, если не сейчас, руководство страны и компании с государственным участием, наконец-то обратят внимание на то, что остро стоит вопрос возобновления производства исходных полимеров, волокон, нитей? Отечественного сырья не только для легкой, текстильной и швейной промышленности, но и для производства композитных материалов, материалов военного назначения».

А обращать внимание есть на что. Многие технологии стараниями ученых не только удалось сохранить, но и усовершенствовать. Например, по словам члена-корреспондента Российской Академии наук Валерия Куличихина, в Институте нефтехимического синтеза им. А. В. Топчиева разработаны новые технологии производства вискозных волокон из целлюлозы многолетних и однолетних растений. Они экологичнее существовавших ранее и закрытых, благодаря, в том числе, стараниям экологов.

Материалы на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ) перспективны для производства бронезащитных средств и изделий из композитов с радиолокационной защитой. Понятно, что в современных условиях значение этих технологий возрастает значительно. Между тем существовавший в СССР завод по производству СВМПЭ остался в





Казахстане. Однако, не все так плохо. Как отметила в своем докладе Светлана Шкуренко (АО «Научно-исследовательский институт синтетического волокна с экспериментальным заводом»), сейчас в Республике Башкортостан в индустриальном парке «Салават» реализуется проект производства СВМПЭ, запуск которого запланирован на конец 2025 года.

Впрочем, некоторые технологии до сих пор живы, именно благодаря сотрудничеству между бывшими советскими республиками. Так, Республика Беларусь и Российская Федерация в рамках программы Союзного государства поддержали целый ряд разработок, связанных с углеродными и огнезащитными материалами. О разработанных и внедренных в результате реализации данной программы углерод-углеродных композитах для теплоизоляции и полиоксидазольных волокнах пониженной горючести рассказали представители кафе-

дры наноструктурных, волокнистых и композиционных материалов Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна Наталья Лукичева и Ольга Гладунова.

В мероприятии приняло участие более 50 специалистов. Представленные доклады подтвердили, что российской науке есть, что предложить промышленности. На будущее было решено сделать «Роговинские чтения» международной конференцией, в рамках которой проводить конкурсы работ молодых ученых.

Разработки в области технологии химических волокон и волокнистых композиционных материалов, а также подготовка специалистов для данных отраслей будут продолжаться. Главное, чтобы «жареный петух» опять не пролетел мимо, и значимые для развития экономики нашей страны проекты нашли свою поддержку. **ИМ**





Оснос С. П., Федотов А. А.  
Basalt Fiber Materials Technology Development

# Возможности и перспективы развития отрасли производства БНВ, армирующих и композитных материалов в современных условиях

Источник: [www.basaltex.com](http://www.basaltex.com)



## Преамбула

Специалисты в области базальтовых непрерывных волокон (БНВ) приветствовали создание журнала «Композитный мир» в 2005 году и поздравляют главного редактора, коллектив журнала с выходом юбилейного сотого номера журнала.

Основная задача журнала «КМ» — способствовать развитию композитной отрасли. «Композитный мир» уделял должное внимание БНВ, опубликовал ряд статей, начиная с обзорных в 2005–2007 годах о характеристиках БНВ, областях их применения, истории и развитии технологий, оборудования, созданных первых производствах — заводах БНВ. Затем публиковались статьи о применении армирующих материалов БНВ в дорожном строительстве, композитов БНВ в авиационной, автомобильной промышленности, энергетике. Публикации последних лет 2020–2022 годов посвящены вопросам современных технологий и оборудования производства БНВ третьего и четвертого поколений, создания заводов БНВ, армирующих и композитных материалов, начиная от выбора требуемого базальтового сырья до создания системы сбыта продукции заводов по отраслям промышленности и на экспорт. В юбилейном сотом номере журнала «КМ» представлены возможности и перспективы развития заводов БНВ АКМ и отрасли армирующих и композиционных материалов в современных условиях.

Производство и применение композитных материалов — это наиболее активно развивающаяся отрасль в мире. За предыдущие 50 лет отмечен ежегодный рост объемов производства композитов. Композитная составляющая в базовых отраслях промышленности: машиностроении, автомобильной промышленности, энергетике и других отраслях неуклонно возрастает. В авиационной промышленности доля композитов достигла 45–50% в конструкции современных самолетов.

Композитные материалы на 75–80% состоят из волокон, которые определяют прочностные характеристики композитных материалов и изделий. Для производства композитов применяют стеклянные, углеродные и базальтовые непрерывные волокна (БНВ).

Среди непрерывных волокон базальтовые занимают особое место. БНВ — единственные волокна, которые производятся непосредственно из природного сырья. Основные энергозатраты на подготовку базальтового сырья выполнены в природных условиях. Технологии производства БНВ являются энергоэффективными и наименее затратными — \*природоподобными технологиями.

В процессе плавления базальтовое сырье возвращают в его исходное аморфное состояние — расплавленной магмы. Из расплава через фильерный питатель (bushing) скоростной вытяжкой 25–70 м/сек наматывают жгут первичных непрерывных волокон.

Энергозатраты при производстве БНВ в два раза ниже, чем при производстве стекловолокна (СВ) и в несколько раз ниже углеволокна (УВ).

Последующая переработка БНВ в материалы — ткани, нетканые материалы, композиты производится на основе «холодных технологий» с низкими энергозатратами. Материалы БНВ подлежат утилизации — могут быть измельчены и направлены для армирования бетонов и асфальтобетонных дорожных покрытий, легких и ячеистых бетонов, подсыпок полотна дорог и строительных площадок, бетонных полов.

БНВ произведено из природного сырья и может быть возвращено в природную среду.

Технологии производства БНВ являются экологически чистыми и отвечают требованиям по декарбонизации промышленности и энергетики.

В современных условиях повышения стоимости энергоносителей, как следствие, значительного увеличения в 2.5–3 раза стоимости стали и металлопроката, композитные материалы более широко и экономически оправдано будут применять в строительной отрасли и машиностроении, энергетике, заменяя изделия из стали.

Сравнительный анализ характеристик и стоимости (E и S) СВ, УВ и БНВ показал, что БНВ имеет наиболее предпочтительное соотношение «характеристики — стоимость». Обоснование приоритетности развития БНВ представлено в статьях: «Базальтовые непрерывные волокна — основа создания промышленных производств и широкого применения армирующих и композитных материалов», КМ, № 1(82) 2017 [1], «Почему базальтовые непрерывные волокна станут основой производства армирующих и композиционных материалов в 21 веке» КМ, №1 (98), 2022 [2].

Базальтовые породы (застывшая магма) пролежали миллионы и десятки миллионов лет под воздействием окружающей среды. Производимые из расплавов базальтовые волокна, также имеют длительные сроки эксплуатации под воздействием окружающей и химически активных сред — растворов кислот, щелочей, солей [3, 4, 5]. Прочностные характеристики и химическая стойкость позволяют применять БНВ для производства композитных материалов и изделий, особенно для сложных условий эксплуатации — воздействия окружающей среды, влаги и морской воды, агрессивных сред, перепадов температур и повышенных температур до 600°С. Указанные характеристики БНВ позволяют длительно эксплуатировать армирующие материалы: рубленые волокна (базальтовую фибру), геотекстильные сетки — дорожные и строительные, арматуру и ее разновидности: полую и плоскую арматуру, арматурные сетки, вантовые тросы. Информация об армирующих материалах БНВ представлена в публикациях: «Армирующие материалы на основе БНВ. Характеристики и опыт применения в строительстве и дорожном строительстве». «Композитный мир» №3, 2022 [6]. «Армирующие и композитные материалы на основе БНВ в дорожном строительстве» «Композитный мир» №5, 2017 [7].

Применение армирующих материалов БНВ в строительной отрасли и дорожном строительстве ре-

\* Понятие «природоподобные технологии» введено академиком М.В. Ковальчуком, директором НИЦ «Курчатовский институт».



гламентируются ГОСТ, СНиП, ТУ и рекомендациями ведущих отраслевых НИИ [8, 9,10,11,12, 13].

Строительство, дорожное строительство, производство строительных материалов будут одним из самых емких рынков сбыта БНВ, армирующих и композитных материалов (АКМ). БНВ востребованы многочисленными производствами композитной арматуры, труб, композитных материалов.

Базальтовая бумага, усиленная продольными ровингами, является основой для производства гидроизолирующих и кровельных материалов.

На опытно-промышленных производствах создавали участки производства композиционных материалов. Продукция заводов БНВ изначально планировалась под определенные отрасли промышленности и конкретных заказчиков. Заказчики материалов БНВ выступали и как инвесторы создания заводов БНВ. Потребителями продукции первого в мире завода БНВ были в основном военные заказчики. Инвесторами и потребителями продукции последующих заводов были компания - производитель автомобильных глушителей для автомобилей «ТОЙОТА», Китайская Аэрокосмическая корпорация (CASC), крупные строительные компании — потребители армирующих материалов, экспортноориентированные компании. Информация о первых созданных заводах БНВ была опубликована в журналах «Эксперт», «КМ» и «JEC Composites» [14,15,16]. Объемы производства БНВ в 2004–2005 году составляли всего 2500 тонн, к 2007 году достигли 3500–4000 тонн/год. В статье «Past, present and future of continuous basalt fiber». — JEC Composites, Magazine #35, 2007 [16] был сделан прогноз увеличения объемов производства до 40 тысяч тонн в год на создаваемых заводах БНВ и М, который к 2015 году был достигнут. Публикации «Базальтовое непрерывное волокно — вчера, сегодня и завтра. Развитие технологий и оборудования, промышленных производств и сбыта», КМ №2, 2015 [17] и «Present and future of basalt fibre technology, manufacturing and market development» JEC Composites, Magazine #107, 2016 [18]. Журнал «Композитный мир» публиковал статьи о создании производств материалов БНВ, их характеристиках, опыте и перспективах применения в авиационной, автомобильной промышленности, энергетической отрасли.

## Авиационная промышленность

Для Китайской Аэрокосмической Корпорации (CASC) на основе технологий и оборудования БНВ второго и частично третьего поколений были созданы опытно-промышленные производства БНВ (первое в КНР), а затем заводы «Chengdu Aerospace Tuoxin Science & Technology Co.», «Sichuan Aerospace Tuoxin Basalt Industry Co.». Опыт и перспективы применения изделий из базальтокомпозитов: силовых элементов стрингеров и шпангоутов, лонжеронов и нервюр крыла, композитных конструкций фюзеляжа со сдвоенной обшивкой, двухслойных панелей, конструкций обтекателей антенн РЛС, шасси, тепло и звукоизоляционных материалов из базальтовых воло-

кон представлены в статье «Применение материалов на основе базальтовых волокон в авиакосмической отрасли». «Композитный мир» №4 2015 [19].

Применение композитов на основе дорожных углеродных волокон (90–120 USD/кг) существенно увеличивает стоимость современных самолетов. По своим характеристикам композитные материалы БНВ (при стоимости БНВ повышенной прочности 3–5 USD/кг) сопоставимы и в состоянии заменить УВ в конструкциях самолетов и беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Применение композитных материалов БНВ в авиационной промышленности представлены в статье «Технические и экономические вопросы широкого применения материалов на основе базальтовых волокон в авиационной промышленности». Композитный мир №4 2017 [20]. Статьи, посвященные применению композитных материалов БНВ, были опубликованы в журналах «КМ», посвященным открытию авиасалонов МАКС 2015 и 2017 года. Широкое применение материалов БНВ, при обеспечении требуемых прочностных характеристик, позволит заменить углепластики и материалы из сплавов алюминия в конструкциях фюзеляжа, крыльев, оперения и других элементов самолетов, вертолетов (в том числе лопастей) и БПЛА, существенно снизить стоимость их изготовления. Вполне очевидно, что широкое применение БНВ в авиационной промышленности позволит производить конкурентно способные на мировом рынке по качеству и стоимости летательные аппараты.

## Автомобильная промышленность

В современном автомобилестроении востребованы материалы БНВ: рубленые волокна для армирования тормозных колодок, дисков сцепления: ткани и нетканые материалы и их препреги для бамперов, обтекателей, торпед, легких и прочных кузовов автомобилей; иглопробивные термозвукоизоляционные холсты. Применение ровингов и нитей БНВ в качестве армирующего корда для автомобильных покрышек имеет ряд преимуществ по прочностным и эксплуатационным характеристикам, стоимости и возможности утилизации отработавших ресурс автопокрышек. Применение материалов БНВ в автомобильной промышленности: композитных конструкций деталей, армированных тормозных колодок и дисков сцепления, негорючих теплозвукоизоляционных материалов, корда для автомобильных шин имеет ряд технических и экономических преимуществ.

Особо актуально применение БНВ для прочных, легких и не подверженных коррозии композитных кузовов автомобилей. Существенное снижение веса, по сравнению со стальными кузовами, позволяет уменьшить расход электроэнергии и увеличить дальность пробега электроприводных автомобилей. Коррозионная стойкость композитных БНВ деталей и кузовов автомобилей позволит увеличить сроки их эксплуатации.

Для газодобывающих стран, прежде всего РФ, актуально массовое использование природного газа в





Кузов электромобиля полностью из базальтокомпозитов. Разработчик — инженерное бюро EDAG Германия.

качестве газомоторного автомобильного топлива. Для этого нужно создать производства автомобильных баллонов и цистерн для сжатого природного газа.

БНВ по своим характеристикам прочности на разрыв и стойкости к знакопеременным нагрузкам наиболее пригодно для производства автомобильных баллонов давлением 250 бар, объемом 60, 90, 120 литров и баллонов-цистерн большой емкости давлением 380–400 бар для доставки и хранения сжатого природного газа на автозаправках.

Требования экологии и энергосбережения определяют тенденции развития мирового автопрома - производство автомобилей с электроприводом. В ЕС настаивают на полном прекращении в ближайшей перспективе производства автомобилей с ДВС.

Разработаны, изготовлены и успешно прошли испытания базальтокомпозитные кузова электромобилей для концерна VW. Аналогичные работы проводят другие ведущие компании — производители автомобилей.

Более полная информация «Применение материалов из базальтовых волокон в автомобильной промышленности» представлена в журнале «КМ» #1 (89) 2020 [21].

Запуск в серию легковых автомобилей с композитными кузовами требует оперативного создания заводов БНВ и тканей, нетканых (базальтовой бумаги, матов рубленого волокна), препрегов большой производительности 50–200 тысяч тонн/год. В грузовых автомобилях, тракторах также применяют композитные бамперы, крылья, капоты, кабины, в городском транспорте — композитные детали и конструкции, что также потребует создания производств

материалов БНВ.

Композиты БНВ обладают достаточно высокой ударной прочностью и вязкостью, что позволяет на их основе производить легкие бронированные кузова автомобилей для инкассаторов, VIP персон.

Современное автомобилестроение — это гарантированный сбыт продукции заводов БНВ и М на многие годы. Объем рынка требуемых для автопрома материалов БНВ — тканей, нетканых материалов и их препрегов в ближайшие годы составит от 500 тысяч тонн до 2.5 миллионов тонн в год. Это потребует создания новых заводов БНВ и М большой производительности.

## Энергетика

Конструкционные и электроизоляционные композитные материалы БНВ востребованы в энергетической отрасли: трубчатые конусные опоры ЛЭП и освещения, изоляторы и несущие жилы проводов ЛЭП, водоводы малых ГЭС, опоры, лопасти и обтекатели мотогондол ветровых электростанций, конструктивы и подложки солнечных панелей, электроизоляционные материалы для кабельной промышленности. Армирующие материалы для строительства АЭС в РФ и за рубежом: подъездных путей, фундаментов зданий и сооружений, каналов и прудов охладителей, градирен. Информация о применении материалов БНВ в энергетической отрасли представлена в статье «Вопросы производства и комплексного применения материалов на основе базальтовых непрерывных волокон в энергетике», «Композитный мир», #1 (94) 2021 [22].





Базальтовая чешуя

## Нефтегазовая отрасль

Основное применение БНВ – композитные, не подверженные коррозии, промышленные трубы и трубы больших диаметров давлением до 180 бар для магистральных нефте и газопроводов; цистерны и емкости нефтепродуктов, штанги нефтяных качалок (вместо тяжелых стальных). Баллоны и цистерны сжатого природного газа высокого давления 400 бар для АЗС и потребителей (в местностях, где нет газопроводов и их прокладка экономически не оправдана) [23].

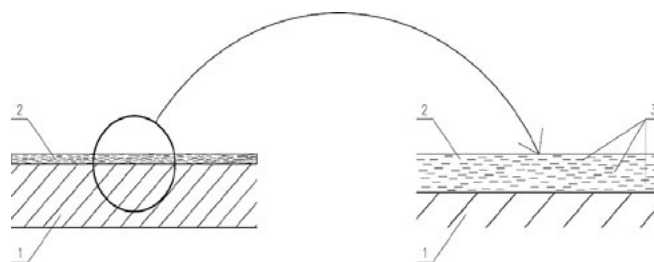
БНВ и решение вопросов энергосбережения и экологии в нефтегазовой отрасли. При добыче нефти и природного газа существует проблема утилизации попутных нефтяного газа и газового конденсата, которые зачастую просто сжигают в факелах на нефтяных и газовых промыслах, загрязняя окружающую среду. За такую утилизацию добывающие компании платят экологические налоги. Для полезного использования попутного нефтяного газа специалистами компании были разработаны специализированные горелки, камнеплавильные печи, отработаны технологии и созданы производства БНВ.

## Судостроение

Материалоемкая и перспективная отрасль применения композитных материалов и защитных покрытий. Защитные, коррозионностойкие армированные базальтовой чешуей лакокрасочные покрытия корпусов судов, палуб, надстроек кораблей, конструкций шельфовых и морских платформ, портовых сооружений.

Базальтовая чешуя (БЧ) — плоские чешуйки толщиной 2–6 микрон, площадью 2–6 мм<sup>2</sup>, с высокой химической стойкостью. БЧ производят из расплава базальтов методом центрифугирования. Защитные покрытия, армированные базальтовой чешуей. БЧ наносится на защищаемую поверхность напылением одновременно с лакокрасочным, эпоксидным, полиэфирным, или другим покрытием. БЧ обеспечивает многослойное армирование лакокрасочных покрытий, длительные сроки эксплуатации, стойкость к истираемости и повреждениям, повышенную антикоррозионную защиту стальных труб, изделий и конструкций.

Срок службы ЛКП с армированием БЧ возрастает в



Лакокрасочное покрытие (ЛКП), армированное базальтовой чешуей. 1. Стальной корпус; 2. ЛКП, армированное БЧ; 3. Базальтовые чешуйки в составе ЛКП. Толщина ЛКП, армированного БЧ, составляет от 60 до 150 микрон

2.5–3 раза, особенно, подводной части корпуса судна. БЧ препятствует повреждению ЛКП, проникновению воды к стали и ее коррозии, частично обрастанию корпуса.

В судостроении востребованы материалы с высокими прочностными и эксплуатационными характеристиками, стойкие к длительному воздействию морской среды, негорючие и пожаростойкие, но по приемлемой стоимости.

Особые требования судостроения — применение негорючих и пожаростойких композитных материалов. Производить негорючие композиты возможно только на основе БНВ и неорганических связующих. Неорганические связующие до полимеризации имеют щелочную реакцию, поэтому только БНВ, стойкие к воздействию щелочной среды, пригодны для производства негорючих и пожаростойких композитов.

На основе БНВ и неорганических связующих возможно производство негорючих, огнестойких композитов для судостроения — корпусов судов с силовыми элементами, переборки, палубные перекрытия и др., конструкций шельфовых нефтяных и газовых платформ, где недопустимо возникновение и распространение пожаров [24].

## Резюме

1. Области применения БНВ, армирующих и композитных материалов (АМК) и рынки их сбыта достаточно емкие, рассчитаны на длительную перспективу развития. Потребности в БНВ, в ближней перспективе составят от 500 тысяч до миллиона тонн в год, с перспективой роста по нарастающей до 5 миллионов тонн в год.
2. Для обеспечения потребностей строительной отрасли, дорожного строительства, энергетики, базовых отраслей промышленности потребуется создание ряда заводов БНВ АКМ большой производительности.
3. Создавать новые промышленные производства нужно на основе наиболее современных энергосберегающих технологий и оборудования четвертого поколения, обеспечивающих себестоимость производства БНВ ниже Е-стекловолокна и высокую рентабельность производства.

## Как и где создавать заводы БНВ АКМ

Процедура создания заводов БНВ АКМ от проведения подготовительных работ, выбора требуемого базальтового сырья, разработки проекта завода, создания основного производства БНВ и цехов АКМ, до системы сбыта продукции завода представлена в публикации «Базальтовые непрерывные волокна (БНВ) характеристики и преимущества. Сырье, технологии и оборудование. Создание заводов БНВ и материалов БНВ». КМ №2(99), 2022 [25].

Наиболее выгодно и перспективно создавать заводы БНВ в странах, где есть собственные энергоресурсы (природный газ, попутный нефтяной газ, недорогая электроэнергия), квалифицированный персонал, внутренний рынок потребления БНВ и АКМ. В таких странах заводы БНВ АКМ будут иметь низкую себестоимость и, как следствие, высокие рентабельность, конкурентоспособность производства и экспортный потенциал. Создание и развитие заводов БНВ АКМ должны основываться на производстве законченного цикла — БНВ с переработкой в материалы, которые востребованы заказчиками внутри страны и на экспорт продукции крупным (якорным) потребителям в зарубежных странах. РФ в первую очередь относится к странам, имеющим приоритет создания заводов БНВ АКМ. В РФ есть все условия создания крупных промышленных производств с низкой себестоимостью производства БНВ: стабильные поставки природного газа, электроэнергии по низкой стоимости; квалифицированные инженеры, техники и образовательный уровень рабочих; наличие в регионах требуемого базальтового сырья; двух предприятий по качественному аффинажу металлов платиновой группы и изготовлению фильерных питателей; обширный и емкий внутренний рынок, поощряемый экспорт высокотехнологичной продукции. В ряде регионов РФ компания «BFM TD» провела обследования местных карьеров и месторождений базальтовых пород и исследования расплавов отобранных образцов. В результате исследований определены месторождения, пригодные для производства непрерывных волокон. Информация представлена в статьях «Проведение исследований и выбор месторождений базальтовых пород для производства непрерывных волокон». «Композитный мир» №1, 2018 [25]; «Исследование процессов плавления базальтовых пород при производстве непрерывных волокон». КМ №2, 2018, с. 70–75; [25, 26].

Производство композитных материалов в РФ по данным American Composite Manufacturers Association («АСМА»), экспертов журнала «Эксперт» составляет менее 1% от мирового объема композитов. Такое состоянии композитной отрасли явно требует создания новых крупных заводов БНВ АКМ, по сути, современной высокотехнологичной, экспортноориентированной отрасли промышленности. Только при профессиональной организации создания заводов РФ в сжатые сроки можно выйти на лидирующие позиции в мире по производству, применению и

экспорту АКМ. Компанией «BFM TD» отработаны на практике технологии и оборудование производства БНВ, есть положительный опыт создания заводов БНВ и М, а в КНР отрасли промышленности БНВ АКМ, который нужно использовать.

## Основные положения отраслевой программы создания заводов БНВ АКМ

Подготовка и принятие программы «Создание промышленных производств БНВ, армирующих и композиционных материалов, их широкого применения в строительной отрасли, дорожном строительстве, энергетике, промышленности и для повышения экспортного потенциала высокотехнологичной продукцией».

## Цели программы и пути их достижения

1. Строительство заводов и создание крупных промышленных производств БНВ АКМ на основе технологий и оборудования четвертого поколения — создание в РФ современной отрасли промышленности АКМ.

Привлечение к созданию заводов БНВ АКМ ведущих компаний по отраслям, которые будут потребителями производимых материалов, а также инвесторами и акционерами. В строительной отрасли. Крупные строительные и дорожностроительные компании, мостостроители, заводы ЖБК, ж/б шпал, строительных материалов — потребители армирующих материалов БНВ.

Заводы корпорации «РОСТЕХ». Создание производств БНВ и композитных материалов для промышленности: машиностроения, автомобильной, авиационной, судостроительной и экспортных поставок.

АО «Газпром», нефтяные компании, АО «НОВОТЭК», компании по строительству и ремонту нефте и газопроводов, компании сетей АЗС сжато природного газа. Компании энергетической отрасли (бывшей РАО «ЕЭС»), по строительству и ремонту ЛЭП, производители проводов ЛЭП, силовых и оптоволоконных кабелей, компании «зеленой энергетики» — по строительству малых ГЭС, ветровых и солнечных ЭС, производители изоляторов и электроизоляционных материалов, компании теплоснабжения крупных городов — потребители трубы для теплотрасс. Привлечение к созданию заводов инвестиционных фондов — ФПИ и других.

2. Обеспечение широкого применения армирующих и композитных материалов БНВ в строительной отрасли, дорожном строительстве, энергетике, нефтегазовой отрасли, промышленности и коммунальном хозяйстве путем разработки и принятия нормативной документации по отраслям промышленности и федерального уровня, работ по замещению импорта продукцией российского производства.

3. Повышение экспортного потенциала РФ высокотехнологичной продукцией: ровингами и нитями БНВ, тканями и неткаными материалами, препрегами, армирующими, композитными материалами и изделиями.

Предложения автомобилестроительным корпораци-



ям о возможностях создания производств и поставок материалов БНВ для производства автомобилей.

Продвижение нормативной документации по применению армирующих материалов БНВ в строительной и дорожностроительной отрасли стран ШОС, БРИКС, Азии, ЕС, Южной Америки, Африки.

Разработка международной нормативной документации на применение армирующих материалов БНВ для сейсмостойкого строительства. РФ совместно со странами ЕАС (Армения, Узбекистан, Таджикистан, Кыргызстан, Туркменистан), ШОС, Иран, Ирак, Южной Америки, где ведется сейсмостойкое строительство.

Предложения по применению, армирующих, композитных материалов и изделий для крупных региональных проектов строительства портов Северного морского пути, дорог «Шелковый путь», межконтинентального судоходного канала на территории Никарагуа и других. Предложения международным программам по энергосбережению в промышленности, созданию экологически чистых производств, снижению выбросов углерода, сохранению и доставке пресной воды и других международных целевых и отраслевых программ, где возможно применение материалов БНВ.

Участие в международных выставках композиционных материалов, армирующих материалов в строительстве и дорожном строительстве, мостостроении, по отраслям промышленности.

### Научно-техническая, технологическая база создания заводов БНВ АКМ

Технологической и научно-технической базой создания заводов БНВ-АКМ будут современные, наиболее эффективные технологии и оборудование БНВ, которые обеспечивают энергосбережение, низкую себестоимость производства и мировой приоритет создаваемой отрасли промышленности БНВ — АКМ. Технологии и оборудование имеют мировой приоритет, подтвержденный практикой создания заводов — основных производителей БНВ (95–96% мирового производства по данным АСМА) и ключевыми патентами [26, 27, 28, 29, 30, 31].

Создание научно-технологического центра БНВ АКМ на первом заводе для продолжения проведения НИР и ОКР, подготовки инженерных кадров и технологов, обучения персонала для создаваемых заводов.

### Этапы выполнения программы создания промышленности БНВ АКМ

**Подготовительный этап.** Проведение подготовительных работ по созданию заводов БНВ-АКМ: а) сырьевой базы производства БНВ; в) разработка базового аван проекта завода БНВ-АКМ для выбора оптимальных мест расположения заводов, оценки сметы и сроков строительства; с) для инвесторов и финансовых структур разработка бизнес планов создания заводов БНВ и АКМ. Подготовительные работы а), в), с) требуются для планирования мест

размещения заводов, инвесторов и для финансирования создания заводов БНВ — АКМ [32].

**Первый этап.** Разработка рабочих проектов и строительство зданий, сооружений и инженерных коммуникаций завода(ов) БНВ – АКМ. Параллельно изготовление и комплектация комплекса технологического оборудования. Поэтапное создание завода(ов) БНВ АКМ — первой очереди завода производительностью 2000–2500 тонн/год, подготовка технических и рабочих кадров завода.

Создание системы сбыта продукции заводов БНВ АКМ по следующим направлениям: обеспечение внутренних потребностей страны и замещение импорта материалы БНВ российского производства; отраслевые направления применения материалов БНВ; экспортные поставки.

Организация лаборатории завода и научно-технологического центра и учебного центра подготовки кадров для заводов БНВ АКМ и будущей отрасли промышленности. Проведение работ по принятию нормативной документации на применение композитных материалов БНВ по отраслям промышленности, энергетике. Как это было сделано в строительной и дорожностроительной отрасли – разработка и принятие рекомендаций на применение, ТУ, ГОСТов, СНИПов.

Работы по сертификации материалов БНВ для применения в авиационной промышленности в ВИАМ, судостроении – «Крыловский государственный научный центр», автомобилестроении – НАМИ, строительства АЭС – НИЦ «Курчатовский институт».

Участие в международных программах: по энергосбережению в промышленности и энергетике; экологических программах по созданию экологически чистых производств, программах по широкому применению композитных БНВ материалов.

**Второй этап.** Увеличение объемов производства БНВ до 5000 тонн/год и номенклатуры материалов БНВ — второй очереди заводов и выход на проектную производительность 10–12 тысяч тонн в год по мере поступления заявок на поставки БНВ и материалов БНВ. Создание научно-технологического базы для развития отрасли и центра подготовки кадров.

**Третий этап.** Нарастивание объемов производства БНВ и номенклатуры производимых материалов БНВ на заводах БНВ АКМ. Развитие научно-технологического центра отрасли, имеющей мировой приоритет и значение. Создание отраслевой корпорации заводов подобно АО «Ростех», «Shanghai Composite», «Rockwool» для координации дальнейшего развития и самофинансирования.

Создание заводов БНВ АКМ в РФ является стратегической задачей, которая направлена на обеспечения внутренних потребностей и экспорта высокотехнологической продукции. Научно-технологические разработки, стоимость природного газа и электроэнергии по внутренним ценам обеспечат российским заводам самую низкую себестоимость производства БНВ и мировой приоритет. В современных условиях и перспективе 21 века БНВ и АКМ востребованы на мировом рынке. Экспортные возможности отрасли БНВ АКМ при ее плановой организации будут соста-



вить в денежном выражении по нарастающей от 2–3 до до 10–12 миллиардов USD, в перспективе 25–30 миллиардов USD в год. **КМ**

### Список использованных источников

1. «Базальтовые непрерывные волокна — основа для создания новых промышленных производств и широкого применения армирующих и композитных материалов». «Композитный мир», №1, 2019, стр. 58-65.
2. «Почему базальтовые непрерывные волокна станут основой производства армирующих и композиционных материалов в 21 веке», КМ, №1 (88), 2022, стр 22 – 27.
3. «Волокнистые материалы из базальтов Украины». Сб. статей. «Техника» Киев.1971. с. 88.
4. Джигирис Д.Д., Махова М.Ф. «Основы производства базальтовых волокон и изделий». Москва. Теплоэнергетик. 2002. - 416 с.
5. Деревянко В.Н. д.т.н., проф. и др. Стойкость базальтового волокна в различных средах.
6. Степанова В.Ф. д.т.н., Краюшкина Е.В., к.т.н., Химерик Т.Ю., к.т.н., Негматуллаев С.Х., академик, Оснос С.П., д.т.н., Федотов А.А., Рожков И.А. «Армирующие материалы на основе БНВ. Характеристики и опыт применения в строительстве и дорожном строительстве». «Композитный мир» №3, 2022.
7. Краюшкина Е.В., Химерик Т.Ю., Оснос С.П., «Армирующие и композитные материалы на основе БНВ в дорожном строительстве» «Композитный мир» №5, 2017.
8. Методические рекомендации по технологии армирования асфальтобетонных покрытий добавками базальтовых волокон (фиброй) при строительстве и ремонте автомобильных дорог. Росавтодор. 2002 г.
9. Заключение по результатам испытаний прочности на растяжение при изгибе бетона армированного базальтовой фиброй производства ТОВ «Технобазальт». НПП «Будконструкція» Ю.А.Климов. Киев. 2009 г.
10. СП 297.1325800.2017 «Конструкции фибробетонные с неметаллической фиброй. Правила проектирования».
11. Технические рекомендации по применению неметаллической композитной арматуры периодического профиля в бетонных конструкциях. НИИ Бетона и Железобетона. Москва, 2004 г.
12. Арматура неметаллическая композитная периодического профиля. ТУ 5769 – 248 – 35354501 – 2007. Разработано НИИ Бетона и Железобетона. Москва, РФ.
13. ГОСТ 31938 – 2012 Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций.
14. «Эффект грязного стекла». Журнал «Эксперт», 08.10.2001.
15. Оснос С.П. «Основные характеристики базальтовых волокон и области их применения». Композитный мир, 2005 г.
16. Osnos S. «Past, present and future of continuous basalt fiber». JEC Composites, Magazine #35, 2007.
17. Оснос М.С. Оснос С.П. «Базальтовое непрерывное волокно — вчера, сегодня и завтра. Развитие технологий и оборудования, промышленных производств и сбыта». «Композитный мир» №2. 2015. с. 24 – 29.
18. Osnos S. «Present and future of basalt fibre technology, manufacturing and market development». JEC Composites, Magazine #107, 2016.
19. Оснос С.П. «Применение материалов на основе базальтовых волокон в авиакосмической отрасли». «Композитный мир» №4, 2015. с. 59 -63.
20. Оснос М.С., Оснос С.П.. Технические и экономические вопросы широкого применения материалов на основе базальтовых волокон в авиационной промышленности. Композитный мир №4, 2017, с. 26 -30.
21. Оснос С.П. «Применение материалов из базальтовых пород в автомобильной промышленности». «Композитный мир», #1(88) 2020, с. 22 -27.
22. Оснос С.П., Рожков И.А. «Вопросы производства и комплексного применения материалов на основе базальтовых непрерывных волокон в энергетике». «Композитный мир», #1(94) 2021, с. 54 -60.
23. Оснос С.П., Рожков И.А., Федотов А.А. «Комплексное применение и создание производств материалов на основе базальтовых волокон и чешуи для нефтегазовой отрасли». Журнал «Газпром», №3, 2022.
24. С.П. Оснос, д.т.н., Рожков И.А., Федотов А.А. «Basalt Fiber Materials Technology Development Co.”.Комплексное применение и создание производств материалов на основе базальтов — базальтовых волокон и чешуи в судостроении». «Судостроение», №3, 2022.
25. Оснос М.С., Оснос С.П. «Проведение исследований и выбор месторождений базальтовых пород для производства непрерывных волокон». «Композитный мир» №1, 2018. с. 56 – 62.
26. Оснос М.С. Оснос С.П. Исследование процессов плавления базальтовых пород при производстве непрерывных волокон. «Композитный мир» №2, 2018. с. 70 – 75.
27. 2412120 RU «Устройство для производства базальтовых непрерывных волокон с фидерной печью».
28. 77861 UA «Способ и устройство для производства волокон из базальтовых пород». 28. 90065 UA «Способ производства базальтовых непрерывных волокон и из базальтовых пород и устройство для его осуществления».
29. 2321408 RU «Способ производства базальтовых непрерывных волокон из базальтовых пород и устройство для его осуществления».
30. 86186 UA «Щелевой фильерный питатель для производства волокон из расплавов базальтовых пород».
31. 99794 UA «Способ производства композитной арматуры и устройство для его осуществления».
32. Оснос С.П., Рожков И.А., Федотов А.А. «Базальтовые непрерывные волокна (БНВ) характеристики и преимущества. Сырье, технологии и оборудования. Создание заводов БНВ и материалов БНВ». «Композитный мир», №2 (99), 2022, стр. 18 – 23.





# КОМП ИЗДЕ

## Полупостоянный разделительный состав СПЛИТ ППР-01

При разработке технологий формования изделий из полимерных композиционных материалов (ПКМ) особое внимание уделяется выбору разделительного состава, который также именуется антиадгезионной смазкой, разделительным слоем и, уже ставшим нарицательным названием, фрикот-локтайт. Разделительные составы имеют множество вариаций по своим свойствам, но выполняют одну главную функцию, а именно, осуществляют быстрый и не затратный съём изделия с оснастки, что особенно важно на серийном производстве.

Полупостоянный разделительный состав СПЛИТ ППР-01 компании ООО «Композит-Изделия» является универсальным составом, предназначенным для создания антиадгезионного слоя на поверхности оснасток и пресс-форм на основе ПКМ, металлов, стекла, эластомеров и других.

Состав представляет собой полимер в органическом растворителе. Растворитель позволяет распределить полимер по поверхности тонким ровным слоем как при ручном нанесении, так и с помощью распылительного оборудования.

Разделительный состав полимеризуется от контакта с влагой воздуха, поэтому уровень относительной влажности и движение воздуха в помещении важны для правильного отверждения.

Разделительный состав образует на поверхности тонкую прозрачную прочную пленку, которая химически инертна, коррозионно неактивна, влагостойка,

обладает низкой поверхностной энергией и обладает термостойкостью до плюс 250°С.

Разделительный состав позволяет осуществить несколько съёмов изделий из формы. Количество съёмов зависит от геометрии изделия и химического состава связующего. Разделительный состав нестойк к абразивному износу, поэтому быстрее будет изнашиваться на вертикальных поверхностях, где происходит трение изделия об форму в процессе извлечения. В таких местах разделительное покрытие можно восстановить с помощью нанесения дополнительного слоя.

На данный момент в связи прекращением поставок импортных материалов ведется активная деятельность по внедрению разделительного состава СПЛИТ ППР-01 на предприятия вертолето- и авиастроения, судостроения, а также ракетостроительной отрасли.

По уже полученным положительным отзывам разделительный состав СПЛИТ ППР-01 является аналогом известного состава Loctite Frekote 770NC. Благодаря отечественному производству сроки поставки продукта составляют не более 3-х недель, а стоимость примерно на 30% дешевле импортного конкурента.

За получением детальной информации и образцов для тестирования просим обращаться к нашим техническим специалистам. Сотрудники ООО «Композит-Изделия» готовы ответить на запросы потребителей для улучшения и оптимизации технологических процессов изготовления ПКМ. **КМ**

# КОМПОЗИТ ИЗДЕЛИЯ

## О компании

Компания ООО «Композит-Изделия» начала свое существование в 2011 году в структуре Холдинговой компании Композит, как официальный дистрибьютер известной иностранной компании, занимающейся поставкой расходных материалов для крупнейших мировых производств композитной

отрасли. Основной целью компании было создание недостающего звена в цикле производства композитных материалов на территории РФ.

В связи с политической обстановкой в мире для многих предприятий российского рынка композитных материалов стало крайне необходимым наличие отечественного производителя вакуумных расходных материалов для технологий пропитки под вакуумом и автоклавного формования композитных изделий.

Поэтому компания ООО «Композит-Изделия», имея многолетний опыт работы в сфере поставок вспомогательных материалов для технологий вакуумного формования и высококвалифицированных специалистов в области разработки, производства и эксплуатации композитных материалов, поставила себе новую задачу, целью которой являлось создание расходных материалов отечественного производства по оптимальным ценовым диапазонам.

Материалы производятся по российским ТУ, имеют необходимые сертификаты, паспорта качества на каждую производственную партию и протоколы испытаний в независимых профильных лабораториях. Вспомогательные материалы являются аналогами импортных материалов и не уступают им как по техническим характеристикам, так и по цене.



КОМПОЗИТ  
ИЗДЕЛИЯ

## ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ВАКУУМНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

**Отечественный производитель и поставщик вспомогательных материалов.**

Компания осуществляет производство и комплексные поставки всей номенклатуры вспомогательных вакуумных материалов для производства изделий из ПКМ.

В настоящий момент более 70% выпускаемой нами продукции локализовано и производится на территории Российской Федерации.

Материалы выпускаются по отечественным ТУ, имеют паспорта, сертификаты соответствия, протоколы испытаний в ведущих отраслевых лабораториях и положительные заключения крупнейших предприятий аэрокосмической отрасли.

### Мы предлагаем клиентам:

- Полную техническую поддержку;
- Необходимые материалы для изготовления изделий из ПКМ;
- Вакуумное оборудование и инструменты;
- Обучение в тренинг-центре по работе с ПКМ.



Участник программы по  
**Импортозамещению**  
при поддержке МинПромТорга



По материалам :  
viam-works.ru  
www.armocom.ru  
ric.mil.ru

# Современные материалы для средств индивидуальной бронезащиты

«Текстильная или гибкая броня по сей день очень далека от совершенства. Думаю, что в ней реализовано не более 60–70 процентов потенциальных возможностей отечественных арамидных волокон».  
(Евгений Федорович Харченко, Генеральный директор АО ЦВМ «Армоком»)

Реальность сегодняшнего времени диктует нам темы для статей. Каждый день мы слышим риторику о важности качественной экипировки военнослужащих. Предприятия, выпускающие средства индивидуальной бронезащиты (СИБ), не справляются с заказами и переходят на круглосуточный режим работы и шестидневную рабочую неделю. Поисковые запросы в Интернет со словом «бронезилет» возросли в несколько раз.

Давайте разберемся какое место в этом вопросе занимают композитные материалы и какие у нас имеются достижения в этой области.

По среднестатистическим данным военных действий и конфликтов на 30% пулевых ранений личного состава приходится 70% осколочных ранений. Наиболее эффективно и в полном объеме от осколков человека оберегают средства амуниции и индивидуальной защиты, которые создаются из тканей на основе арамидных волокон, собранных в пакет в составе шлема, комбинезона и бронезилета.

Арамидные волокна для средств индивидуальной бронезащиты разработали в 70-х годах прошлого века. Сначала это были Кевлар и СВМ, схожие по химическому составу, но отличающиеся технологией производства. Несмотря на довольно высокую стоимость, данные материалы показали наилучшие физико-механические свойства при снижении веса изделий и поэтому нашли широкое применение в текстильных и композитных защитных конструкциях. Позже, в результате упорной работы российских ученых по улучшению характеристик арамидных волокон, разработаны нити второго поколения Армос и Руслан с еще более высокой прочностью. При плотности в 5 раз меньше, прочностные свойства арамидов в 3,5 раза больше самых высокопрочных марок стали. За счет своих высоких характеристик арамидные волокна нашли широкое применение в различных отраслях промышленности: армирование автомобильных шин, изготовление сверхпрочных тросов, оплетки оптических и иных кабелей, спортивного оборудования и инвентаря, в судостроении, горном деле, но все же большую популярность нискали в производстве средств индивидуальной бронезащиты, а также армированных композиционных материалов для ракетной, авиационной и атомной отраслей.

Однако совершенствуется не только материалы для бронезащиты. Разработка вооружений в разных

странах тоже не стоит на месте. Постоянно появляются все новые виды боеприпасов и оружия, что влечет повышение требований к защитным свойствам средств бронезащиты. Поэтому непрерывно ведутся работы по поиску новых материалов для обеспечения необходимого уровня стойкости изделий.

Общевойсковой шлем 6Б47 «Ратник» из трёх слоёв композитных материалов на момент его принятия на снабжение был лучшим в мире. Его противоосколочная стойкость 630 м/с, весит он 1,1 кг, а лучший зарубежный общевойсковой шлем тогда весил 1,3 кг. О том «Как делают самый прочный в мире войсковой шлем» мы писали в журнале «Композитный мир» №1 (82) 2019.

Прошло несколько лет, и на Западе появились изделия с более продвинутыми характеристиками. Например, корпус нового американского бронешлема IHPS из сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ) весит около 900 г и обеспечивает очень высокую противоосколочную стойкость.

В основе такого успеха западных разработчиков СИБ лежат достижения в области материаловедения. Они шагнули вперёд благодаря использованию новых материалов, прежде всего СВМПЭ и самой лёгкой керамической брони из карбида бора. К тому же, и в области конструирования шлемов у них появились интересные находки.

Каким должен быть в данном случае наш ответ? И можем ли мы чем-то ответить?

Новый способ производства арамидных нитей, освоенный на одном из предприятий в Подмоскowie, позволил значительно улучшить их характеристики. В результате у нас в России появилась нить третьего поколения «Русар-С», обладающая существенными преимуществами по отношению к нити-предшественнице «Руслан». Исследования показали, что ткани из «Русар-С» на треть прочнее тканей из нити «Руслан», и композитная броня из нитей нового поколения защищает гораздо лучше. Её противоосколочная стойкость выше на 13 процентов.

Повысить защитные свойства изделий для индивидуальной бронезащиты можно также за счёт использования при производстве композитной брони волокон из СВМПЭ. В такой броне благодаря свойствам этих нитей энергия пули (или осколка) рассеивается лучше. Следовательно, появляется возможность снизить массу шлема или бронепане-



Новый американский бронешлем IHPS



Общевойсковой шлем 6Б47 «Ратник»

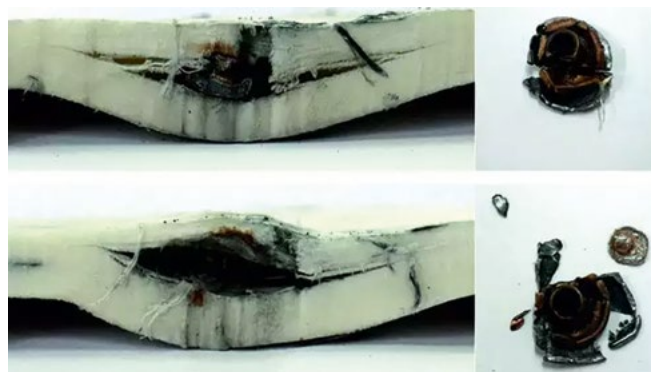


ли (по предварительным оценкам, примерно на 15 процентов) при сохранении защитных свойств либо увеличить степень защиты, оставив неизменной массу изделия. Бронезащитные элементы на основе СВМПЭ нитей могут обеспечивать защиту не только от осколков и пулевых пуль, но и от пули длинноствольного оружия со стальным сердечником. Благодаря низкой плотности сверхвысокомолекулярного полиэтилена шлем из этого материала будет обладать плавучестью. Это свойство оценят прежде всего морские пехотинцы.

### Отечественные технологии создания композитов из СВМПЭ для СИВ

В России пока нет промышленного производства СВМПЭ. Однако наши учёные из Научно-исследовательского института синтетического волокна с экспериментальным заводом (г. Тверь) и Центрального научно-исследовательского института специального машиностроения (г. Хотьково) разработали технологию и создали экспериментальную линию по производству СВМПЭ нитей. И получили волокно, которое по основным показателям превосходит сверхпрочные нити SK-75 и SK-78, производимые мировым лидером в этой области — голландской фирмой «DSM Дупеета». Казалось бы, успех композитчиков предопределён.

Следующим шагом должно стать создание в 2021-2024 годах опытно-промышленного производства нитей из сверхвысокомолекулярного полиэтилена



Характер разрушения пули 7Н28 при обстреле СВМПЭ композита толщиной 10 мм — пробито 40 процентов толщины

мощностью порядка 10 тонн в год. А затем планируется развернуть промышленное производство этого материала, что позволит обеспечить Вооружённые Силы России изготовленными из СВМПЭ средствами индивидуальной защиты.

Однако из-за почти нулевого коэффициента трения и высокой электризуемости эти волокна нельзя переработать традиционными ткацкими методами в эффективные тканые структуры. С другой стороны, никак не удавалось подобрать полимерное связующее, чтобы склеить СВМПЭ волокна в монолитный композит, ибо у него и адгезионная способность на нуле. Даже проверенные в ракетной технике высокоадгезионные эпоксиды не помогли...

И только в 2020 году инженерам из Центра «Армо-

ЗАКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «МАШТЕСТ»



## ЗАО НПП «МАШТЕСТ»

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИЗГОТОВЛЕНИЕ ИСПЫТАНИЯ  
РАСЧЕТЫ ОСВИДЕТЕЛЬСТВОВАНИЕ

### БАЛЛОНЫ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

30 лет  
на рынке!  
с 1992 года

отечественные металлокомпозитные со стальным или с алюминиевым лейнером  
вместимостью от 2 до 100 литров на рабочее давление до 700 кгс/см<sup>2</sup>

и стальные штампованные вместимостью до 140 литров на рабочее давление 65 кгс/см<sup>2</sup>

для модулей газового пожаротушения  
Вместимость от 20 до 140 л  
Рабочее давление 65 кгс/см<sup>2</sup>



для самоспасателей

Вместимость 2 и 3 литра  
Рабочее давление 300 кгс/см<sup>2</sup>



для дыхательных аппаратов пожарных  
и водолазов

Вместимость 4 и 7 литров  
Рабочее давление 300 и 450 кгс/см<sup>2</sup>



для воздухохранителей,  
ресиверов азота, водорода

Вместимость до 100 л  
Рабочее давление  
до 450 кгс/см<sup>2</sup>



Всего изготовлено и реализовано свыше 250 тысяч баллонов

Все баллоны имеют Сертификаты соответствия Евразийского экономического союза

Предприятие имеет "Свидетельства о признании изготовителя" Российского Речного Регистра и Российского морского регистра судоходства



141070, Россия, Московская обл., г. Королев, ул. Пионерская 4 <http://mashtest.ru>

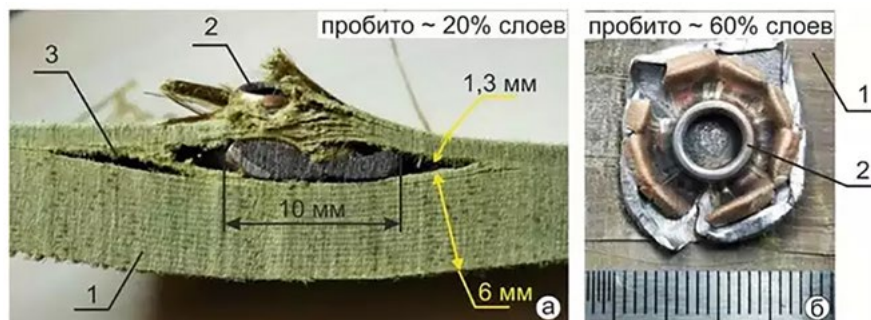
Тел. (495) 513-40-98, факс (495) 511-99-90, e-mail: [mashtest@mashtest.ru](mailto:mashtest@mashtest.ru)

Производство: тел./факс(495) 981-91-40, e-mail: [mashtest@telios.ru](mailto:mashtest@telios.ru).

## Материалы

Поперечный срез бронематериала СВАО поверхностной плотностью 8 кг/м<sup>2</sup> после обстрела из пистолета ПСМ калибром 5,45 мм (а) и бронематериал после обстрела из СР-1 калибром 9 мм (б).

- 1 — бронематериал;
- 2 — пуля;
- 3 — зона расслоения в месте остановки пули



ком» и Центрального НИИ спецмашиностроения (г. Хотьково) удалось разработать состав композита на основе СВМПЭ волокон и, что очень важно, технологию формования не только плоских, но и криволинейных изделий из полиэтиленкомпозита.

При значительно меньшем удельном весе отечественного полиэтиленкомпозита он обладает прочностными свойствами на уровне лучших зарубежных аналогов. Однако наиболее примечательно то, что его баллистические свойства не только на 40 процентов превосходят арамидные композиты на основе ткани «Кевлар», но и ощутимо выше зарубежного СВМПЭ композита. Возможно, это связано с тем, что новый материал получается по нетрадиционной намоточно-компрессионной технологии.

Впрочем, если СВМПЭ это — дело ближайших, но всё-таки лет, то уже сегодня наши учёные и конструкторы Центра высокопрочных материалов «Армированные композиты» создали с использованием передового термокомпрессионно-намоточного метода формования (метод Харченко) новый материал, которого нигде в мире больше нет. Это сверхвысокоармированный органопластик (СВАО).

«Арамидные волокна и изделия из них не исчерпали себя, их потенциал используется не полностью», — убеждён руководитель экспертной группы по средствам бронезащиты Межведомственной рабочей группы (лаборатории) боевой экипировки при Военно-промышленной комиссии, генеральный директор Центра высокопрочных материалов «Армированные композиты» Евгений Федорович Харченко.

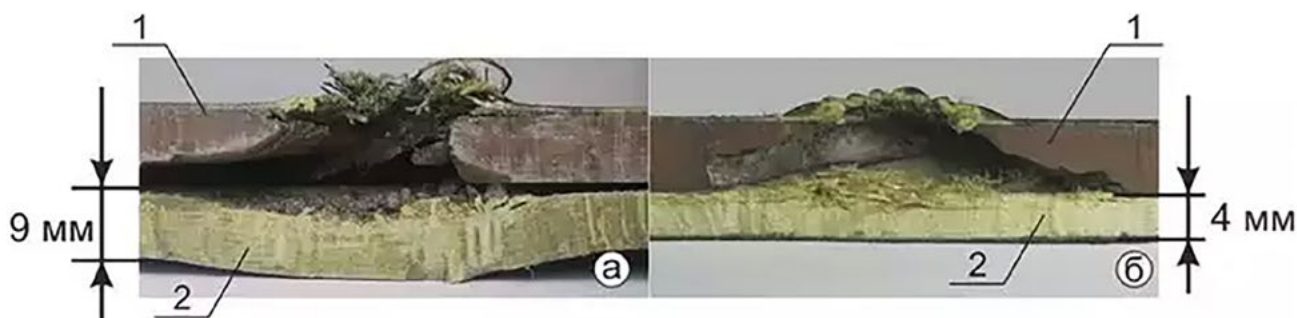
### Композитная броня с использованием сверхвысокоармированного органопластика

Применение СВАО в керамокомпозитных бронематериалах позволяет более чем в 2 раза уменьшить

aramидный слой брони в изделиях самого высокого 5-го класса защиты. К примеру, если в стандартной броне такого типа для защиты от бронебойных пуль с энергией более 3000 Дж используется органопластиковая подложка на основе арамидных тканей толщиной 9–10 мм, то благодаря применению СВАО достаточно толщины всего 4 мм. Общая толщина керамокомпозитной брони уменьшается не менее чем на 30 процентов, что применительно к бронепанелям боевой экипировки позволяет на 10–12 мм снизить поперечные размеры носимого снаряжения и почти на 1 кг — его массу. А благодаря уменьшению в полтора раза расхода дорогостоящих арамидных нитей на производство одного изделия будет достигнута заметная экономия бюджетных средств.

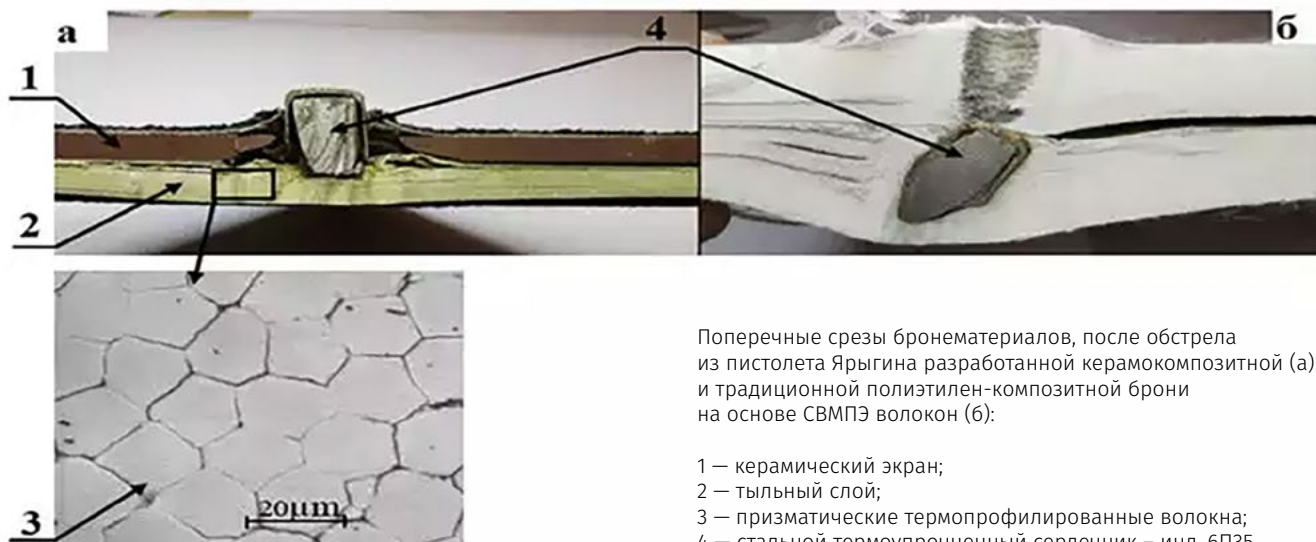
Получить сверхвысокоармированный органопластик на обычном оборудовании проблематично, поэтому в Центре высокопрочных материалов «Армированные композиты» была создана первая в России научно-исследовательская лаборатория композитных бронематериалов. Её оснастили новыми станками, позволяющими выполнить все технологические операции по производству СВАО.

В этой лаборатории изготовили керамокомпозитную броню с использованием СВАО, которая превзошла наиболее известный и востребованный на мировом рынке бронематериал типа UD из СВМПЭ волокон по 3-му классу защиты. Как рассказал начальник лаборатории Антон Кормаков, наша 9-миллиметровая броня прекрасно выдержала пулю повышенной пробиваемости из пистолета Ярыгина с 5 метров. Доля пробитых слоёв органопластика при этом составила всего 33 процента. А вот импортная броня из СВМПЭ практически при той же поверхностной плотности и толщине 21 мм была пробита этой же пулей на 78 процентов. Наша броня сердечник пули разрушила, а заморская — не смогла. Как говорится,



Поперечные срезы керамокомпозитных бронематериалов с использованием штатной подложки на основе арамидной ткани (а) и СВАО (б) после обстрела бронебойными боеприпасами 7,62 мм: 1 — керамический экран; 2 — органокомпозитная подложка





Поперечные срезы бронематериалов, после обстрела из пистолета Ярыгина разработанной керамокомпозитной (а) и традиционной полиэтилен-композитной брони на основе СВМПЭ волокон (б):

- 1 — керамический экран;
- 2 — тыльный слой;
- 3 — призматические термопрофилированные волокна;
- 4 — стальной термоупрочненный сердечник – инд. 6П35

почувствуйте разницу!

Единственным существенным недостатком всей композитной брони до сих пор была её толщина. И вот наши учёные впервые в мире смогли снизить этот параметр не на 5–10 процентов (хотя и это было бы достижением), а революционно, более чем в два раза! Одновременно двукратно уменьшилась и масса изделия. Ощутимо снизится и цена, поскольку в технологии производства теперь не требуется ткачество. И всё это — за счёт использования СВАО, изготовлен-

ного по методу Харченко. Тем самым опровергнуто считавшееся прежде аксиомой правило — о том, что толщина керамического слоя композитной брони непременно должна быть больше калибра стрелкового оружия, от которого она предназначена защищать.

### Полиэтиленарамидные бронематериалы

Проводятся испытания и гибридных двухслойных



## Сертифицированные препреги класса А+ для различного назначения от немецкой компании SMP-GmbH EN 9100:2018

- ✔ Применения: от авиастроения до декоративного назначения, включая производство оснасток
- ✔ Технологии: автоклав, пресс и вакуумное формование
- ✔ Получение идеальной видовой поверхности вакуумным формованием в термошкафу
- ✔ Широкий выбор армирующих наполнителей (равнопрочные, однонаправленные, мультиаксиальные и нетканые) на любом типе волокна и любой плотности
- ✔ Поставка эпоксидных пленочных связующих в рулонах различной ширины
- ✔ Предоставление данных по физико-механическим характеристикам для расчетов

- ✔ Проведение ежеквартальных встреч с представителями SMP для консультации и решения сложных технических задач
- ✔ Техподдержка по подбору препрегов и других расходных материалов
- ✔ Проведение обучения по работе с препрегами
- ✔ Наличие склада в Москве - постоянный запас основных видов препрегов, а также возможность заказа нестандартных препрегов в малых количествах
- ✔ Минимальный срок поставки
- ✔ Индивидуальный подход к каждому клиенту

Подробнее на сайте  
[www.prepreg.ru](http://www.prepreg.ru)



полиэтиленарамидных бронематериалов. Такая броня также обладает замечательными характеристиками.

«При разработке третьего поколения общевоисковых бронешлемов мы сможем сделать накладки из СВМПЭ на лобную часть, а может и на весь шлем, что позволит обеспечить не только противоосколочную защиту, но и противопульную», — говорит Евгений Харченко. «Из автомата такой, фактически штурмовой шлем можно будет пробить только при стрельбе в упор. А с 200–300 метров и более уже не получится».

Что касается нового базового бронезиления, то без снижения уровня защиты его масса уменьшится по сравнению с нынешним на 1,3 кг. При этом повысится живучесть, то есть способность держать большее количество выстрелов в одну бронепанель. Поскольку американский аналог и сегодня тяжелее нашего, значит, в области бронезиления мы были и останемся впереди планеты всей.

Если эти задачи специалисты нашей оборонной отрасли — Центрального НИИ спецмашиностроения, Центра высокопрочных материалов «Армированные композиты», Научно-производственной фирмы «Техинком» и ЗАО «Кираса» выполняют, то мы поднимемся на новый уровень СИБ. Ведь общевоисковые шлемы никогда прежде не защищали от пули из длинноствольного оружия. А новые — смогут! Задел для этого уже создан.

### Что еще влияет на бронезащитные свойства

Поглощение энергии пули или осколка происходит за счет вытягивания и разрыва волокна. Главным минусом всех тканых материалов является искривление нитей в узлах переплетения и их скрутка. Уменьшение количества скруток на 1 м.п. со 100 до 50 дает повышение противоосколочной стойкости на 10–15%. Отличным результатом обладают ткани саржевого переплетения, так как являются изотропными по основе и имеют малое искривление нитей или маты с длиной волокон 10–12 мм.

При этом рекомендуется располагать куски ткани с нахлестом по примеру рыбьей чешуи, что способствует смене траектории пули на 90°. Бронезиления такого вида на 25–40% легче, чем похожие аналоги с металлическими вставками. Композиты на основе арамидных тканей имеют показатели противоосколочной стойкости немного ниже, так как деформация волокон ограничена связующим веществом.

Несмотря на это, они имеют преимущества перед чисто тканевыми элементами защиты:

- сохранение формы изделия после воздействия пули или осколка, что принципиально важно для шлемов;
- изготовление жестких подложек для различных типов брони для снижения давления на тело человека без образования вторичного разрушения, то есть не происходит образования зазубрин и осколков от средств защиты.

Отличные результаты получены на трехслой-

Арамидные волокна могут выпускаться в двух модификациях: в крученном и некрученном виде.

В разные периоды развития композитной науки и практики предпочтение отдавали то одному, то другому ассортименту этого армирующего материала. Несмотря на то, что за рубежом 100 процентов арамидных нитей типа Кевлар, Тварон и других выпускается без крутки, наши технологи львиную долю нитей Русар и Руслан используют только в крученном виде. Почему?

«Причин несколько. Первая из них банальна — подкрученную нить легче сдавать заказчику, так как она обладает большей разрывной нагрузкой, или прочностью, — поясняет (Евгений Федорович Харченко, Гендиректор АО ЦВМ «Армоком» — Однако в процессе изготовления бронематериала из этих нитей они пропитываются связующим, и картина меняется. Прочность некручен нити в микропластике существенно выше, а в намоточном органопластике значительно, на 16% превышает свойства композита из кручен нитей». Другой причиной предпочтения кручен нитей является их лёгкая проходимость через лентоформирующие тракты намоточных станков — некручен нити требуют более бережного отношения к себе при переработке. Однако результирующий фактор — прочность композитного материала из некручен нитей превышает композит из кручен нитей на 30–40 кгс/мм<sup>2</sup>.

Много это или мало? «Когда-то мне, молодому инженеру, врезалась в память цитата из американского отчёта о том, что для повышения уровня прочности композитов на каждый 1 кгс/мм<sup>2</sup> необходимо затрачивать 1 млн долларов, — делится воспоминаниями Евгений Фёдорович. — А у нас разница в 30–40 кгс/мм<sup>2</sup> формируется на том же оборудовании и по той же цене».

Исследования показали, что переход к производству некручен нитей арамидных нитей прибавит 12–16 процентов баллистической стойкости (прочности) изготавливаемой из них текстильной брони. В итоге без лишних производственных затрат наши военнослужащие получают экипировку, которая намного лучше защитит их на поле боя. Разве можно пренебречь такой возможностью? Ни в коем случае! Совершенствование технологии производства бронезащитных материалов должно быть направлено на переработку именно некручен нитей арамидных нитей.

Производитель арамидных нитей — АО «Термотекс» из города Хотьково — по заказу Центра «Армоком» изготовил несколько сотен килограммов нити Русар с круткой, равной нулю. В результате удалось получить значительно более прочную текстильную броню. Ткань из некручен нити 58 текс показала противоосколочную стойкость 620 м/с при поверхностной плотности 3,7 кг/м<sup>2</sup>, а штатная ткань из аналогичной кручен нити показывает не более 540 м/с.

ных конструкциях, состоящих из внешних слоев из отвержденного композита и внутреннего пакета из дискретнотканевого материала.

При этом отвержденный наружный слой исключает случаи режущих повреждений, внутренний отвержденный слой распределяет энергию удара, разворачивает и останавливает осколок или пулю. В этих случаях в качестве матрицы используют «хрупкие» — оксидные связующие.

Полимерная композитная броня из органопластиков, в которых волокна имеют одинаковую химическую природу с матрицей, имеют самые высокие показатели защиты.

Усовершенствование защитных средств в дальнейшем будет связано с так называемой «жидкой броней» — средний слой представляет из себя аэрогель с наночастицами кварца в полиэтиленгликоле. **КМ**



**Владимир Попов**

эксперт по вакуумной инфузии,  
совместно с **ООО «ХимСнаб Композит»**  
igc-market.ru

# Вакуумирую и точка... или коротко о внедрении технологии вакуумная инфузия на производстве

Пока все бурно обсуждали ребрендинг «Макдональдса», мы в это время стартовали с индивидуальным внедрением технологии Вакуумная инфузия на производстве катеров и яхт.

**Задача: за 5 дней внедрить технологию на производстве, отработать на практике, разобрать типичные ошибки, а самое главное научить их не допускать и исправлять.**

Процесс подготовки начался задолго до дня выезда, так как хороший план, как говорится, уже наполовину сделанное дело.

## Подготовительный этап

### 1. Консультация

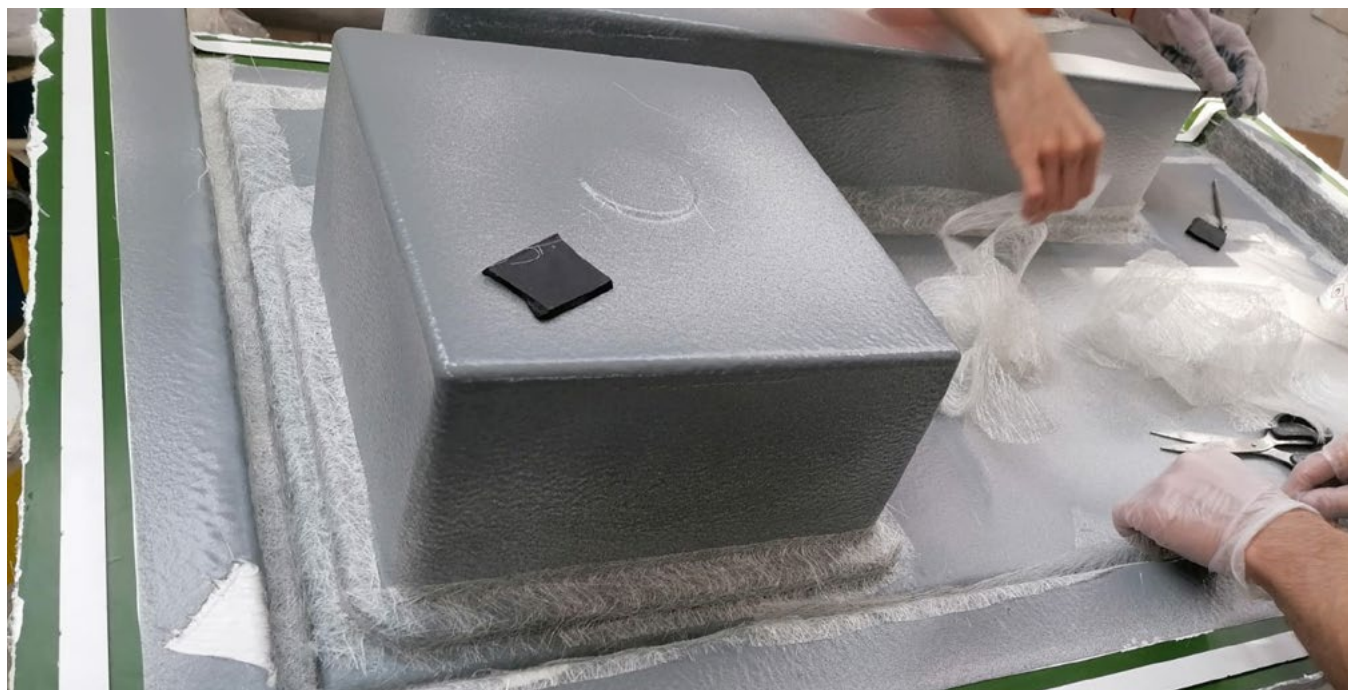
После первичных консультаций произвели обсуждение и согласование дорожной карты дальнейших отношений.

По итогам получения всех данных и пожеланий заказчика было принято решение, что нужно не просто произвести обучение сотрудников по технологии вакуумной инфузии, а провести подготовку к написанию технического задания, комплекс работ по технологической подготовке производства к изготовлению композитных изделий, в основе которых будет применена технология изготовления с помощью вакуумной инфузии.

### 2. Анализ

Проведение анализа существующего уровня технологической подготовки производства.

Выбранная технология должна обеспечивать повышение производительности труда и понижение себестоимости изделий. В связи с тем, что производство не могло приостановить работу на время обучения, и изделия изготавливали с помощью руч-



ного контактного метода, перед нами встала задача по постепенному внедрению технологии без ущерба действующему производству.

### 3. Технологическая подготовка производства

Технологическая подготовка производства является продолжением работ по проектированию и изготовлению изделия и оснастки. На этом этапе важно решить, при помощи каких технических методов и средств, способов организации производства должно изготавливаться изделие. Такая технология разрабатывается как для каждого нового, так и для уже изготавливаемых изделий в целях повышения технического уровня и снижения издержек производства, улучшения условий труда и охраны окружающей среды.

В рамках этого этапа в проектировании технологических процессов, важно учитывать три момента:

- выбор и расстановку оборудования на площадках цеха;
- определение и проектирование специальной оснастки;
- нормирование затрат труда, материалов, топлива и энергии.

Технологическая подготовка производства предусматривает также разработку изменений готовых изделий и проектов, изготовление и наладку специального технологического оборудования, технологической оснастки, необходимого для производства по новой технологии. Это очень трудоёмкая и дорогостоящая операция, поскольку изготовление новой потребует вложение средств и времени. Нужно подготовить и модернизировать оснастку к изготовлению новым методом.

Так же нужно было решить вопросы по организа-



ции производства, а именно — внедрение поточных методов, организация и оснащение рабочих мест и участков, выбор материалов, хранение.

### 4. Разработка маршрутной технологии

Её содержание заключается в определении последовательности выполнения основных операций и закрепление их в цехах или участках за конкретными группами оборудования. Одновременно осуществлялись консультации по выбору инструмента, сырья и материалов. После получения данных об изделии и предварительного расчёта по необходимым материалам, был осуществлен закуп всех материалов и дополнительного оборудования. Полученные материалы проходили тесты, проводились изготовления образцов. Проводился анализ полученных данных после тестирования образцов.

#### Этап внедрения технологии на производстве. Теоретическая часть

1. Подготовка оборудования к выполнению практической части обучения

2. Консультации по материалам и оборудованию с персоналом

В течение 2 дней проводили консультации и обсуждения в конструкторском отделе о проблемах, связанных с переходом к новой технологии.







Данная технология не просто даёт возможность получить изделие с высокими физико-техническими характеристиками, но и предоставляет некоторые сложности, такие как требования по оснастке, перерасчёт толщин изделия с учётом новых характеристик. Только изменение толщины изделий вносят многие проблемы с последующей стыковкой в сборочной единице. Так как изделие находилось в стадии начала производства, эти данные конструкторский отдел воспринял с лёгкостью. Больше проблем это доставило самому производству. Нужно было переформатировать работу сотрудников к новым требованиям технологии, которые выше, чем при ручном формовании.

## Практическая часть

### 1. Прототипирование

Изготовление опытных плоских образцов с применением разных видов армирующих материалов (стекломат, стеклорогожа, ПВХ пенопласты, сэндвич-панели).

После получения данных по образцам, провели сравнение по изделиям, изготовленным уже на производстве по ручному методу.

Параллельно проводились консультации и были даны рекомендации по организации работ на участках. Проводились консультации с работниками производства с целью улучшения показателей труда.



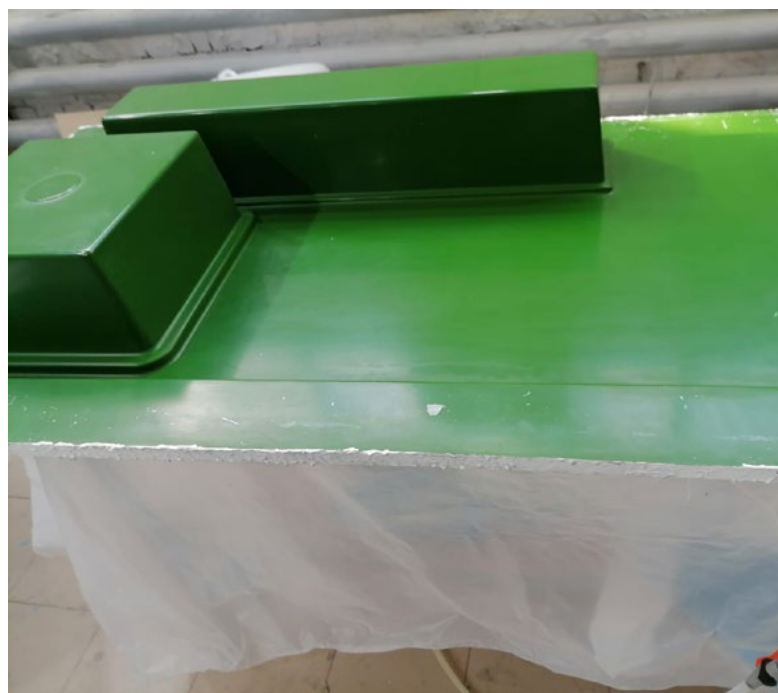
## 2. Изготовление самого изделия

В последующие дни проводились практические работы по изготовлению изделий, которые уже изготавливались на производстве. При изготовлении применялись разные методы укладки материалов, технологических тканей, ввод связующего. Проводились изменения в классических подходах в изготовлении изделия по рекомендации сотрудников. Полученные изделия проходили тесты по физико-техническим характеристикам. Проводились консультации по готовым изделиям с частичным применением технологии вакуумной инфузии. При изменении методов изготовления проводились работы по изготовлению образца с целью получения данных и анализа изменений.

Результат работы — полностью обновленное производство, которое стало успешно работать по новой технологии.

Миссия компании ХимСнаб Композит — это увеличение промышленного потенциала России и стран СНГ за счет производства конкурентных, качественных изделий из композитных материалов, произведенных предпринимателями и предприятиями в России и странах СНГ.

У нас есть программы от экспертов для разных уровней и разного формата, начиная от подбора сырья для вашей технологии, онлайн-консультаций,



заканчивая внедрением на производстве.

Чтобы записаться и выбрать программу для себя подписывайтесь на наш телеграм-канал. Если вы хотите стать нашим экспертом в какой-либо области, просто напишите нам e-mail, указанный на нашем сайте, и мы обязательно свяжемся с вами. **КМ**



igc-market.ru

- Полиэфирные смолы и гелькоуты SCOTT BADER, TURKUAZ
- Полиэфирные смолы российского производства
- Эпоксидные смолы для прозрачного литья
- Армирующие материалы JUSHI
- Наполнители, пигменты
- Вспомогательное оборудование



t.me/cscocomposites

**Подписывайтесь**  
на официальный Telegram - канал

Узнавайте первыми актуальную информацию о новинках, акциях, уникальных проектах компании

**В наличии**  
на наших складах

Москва  
+7(495)665-23-80

Санкт-Петербург  
+7(812)999-95-17

Краснодар  
+7(861)290-20-42

Новосибирск  
+7(383)375-52-32

Минск **NEW**  
+3(752)969-51-991



## Новые бензоксазиновые связующие, разработанные в РХТУ, прошли этап апробации



Создание высокотехнологичных связующих из отечественного сырья — главная задача, которую решает наука для композитной отрасли в наше время. Так ученые из РХТУ им. Д.И. Менделеева нашли выход в использовании бензоксазинов — однокомпонентных связующих, способных отверждаться при нагревании.

На мировом рынке бензоксазины появились с 2008 года и в настоящее время уверенно заняли свою нишу. В России же бензоксазинами пробовали заниматься единицы, и только с 2019 года начались полноценные комплексные исследования и разработки под руководством Сиротина И.С.

К ключевым особенностям, выделяющим бензоксазины среди их аналогов в виде фенолформальдегидных и эпоксидных смол, относят низкую горючесть, практически нулевую усадку, отверждение без выделения летучих и возможность производства из полностью российского сырья.

Сейчас научный коллектив имеет за плечами экспериментальные образцы связующего, препрега и композита из бензоксазина. Установлены основные особенности регулирования технологических и эксплуатационных свойств связующего и композита соответственно.

В июле 2022 года успешно завершился этап разработки низкотемпературной бензоксазиновой матрицы для предприятия АО «ЮМАТЕКС». Исследователям удалось повысить энергоэффективность технологических процессов за счет снижения температуры формирования. Создание бензоксазинов с низкой температурой отверждения — катализ бензоксазинов — одна из самых трудных задач этой предметной области. Обычно бензоксазиновые мономеры отверждаются

при температурах 200°С и выше. Ученым из РХТУ удалось снизить температуру отверждения до 150°С.

В компании ЮМАТЕКС бензоксазиновые композиты к 2024 году планируют использовать при создании элементов обшивки салона воздушного судна российского лайнера МС-21. Также новые смолы найдут применение в транспортном машиностроении, строительстве и электронной технике. «Препреги на бензоксазиновом связующем станут важной частью продуктового портфеля Юматекс, который позволит нам быть конкурентоспособными не только на отечественном, но и на мировом рынке авиационных композитов», — Юрий Свистунов, заместитель генерального директора, технический директор АО «ЮМАТЕКС», директор R&D центра ЮМАТЕКС-РХТУ.

С 2019 года фундаментальные исследования бензоксазинов под руководством Сиротина И.С. ведутся при поддержке Российского научного фонда. Ученым удалось разработать методики синтеза новых бензоксазиновых мономеров на основе диаминов различного строения и с содержанием фосфор-азотного фрагмента, а также установить некоторые важнейшие химические закономерности взаимодействия исходных реагентов. По тематике работ опубликовано 9 статей в рецензируемых зарубежных и российских журналах. Сиротин И.С. уверен, что полученные результаты его научного коллектива являются энергичным началом большого фундаментального направления исследований бензоксазинов в России, которые приведут к значительному изменению рынка связующих для индустрии. **КМ**





# СОБСТВЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО ПОЛИЭФИРНЫХ СМОЛ

для  
НАМОТКИ

для ИНЖЕКЦИИ:  
ИНФУЗИЯ, RTM,  
LRTM,  
FLEX MOLDING



для РУЧНОГО  
ФОРМОВАНИЯ  
И НАПЫЛЕНИЯ

для ЛИТЬЯ:  
ИСКУССТВЕННЫЙ  
КАМЕНЬ

ТРУДНОГОРЮЧИЕ

- Ортофталевые
- Изофталевые
- Полиэфиракрилатные
- Эпоксивинилэфирные



**Полимер**

Серия Полиэфирных Смол



**Полимергель**

Серия Гелькоутов



**Поливоск**

Серия  
Разделительных Восков



**Полипигмент**

Серия Пигментных Паст



**Полиактив**

Серия Ускорителей



**Полиадгезив**

Серия Склеивающих  
Составов



**Полигранул**

Серия Гранул  
для Искусственного Камня

## ДИСТРИБЬЮЦИЯ

- Magnum Venus Products (MVP)
- Chomarat
- Lantor BV
- Jiangsu Changhai Composite Materials Holding Co.
- Chem-Trend
- Mirka Ltd
- ES Manufacturing

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ

### И ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА / ОБУЧЕНИЕ

Изготовление полимерной оснастки и организация производств изделий из стеклопластика "под ключ".  
Обучение техпроцессам изготовления изделий из стеклопластика и искусственного камня.

603074. г. Н.Новгород, ул. Нефтегазовая 1А  
тел. 8 (831) 243-10-00  
E-mail: [polymerprom@polymerprom-nn.ru](mailto:polymerprom@polymerprom-nn.ru)

[instagram.com/polymerprom](https://www.instagram.com/polymerprom)

[vk.com/polymerpromnn](https://vk.com/polymerpromnn)



Ольга Глудунова

## Ученые из СПГУПТД научились окрашивать термостойкие волокна



На кафедре наноструктурных, волокнистых и композиционных материалов им. А. И. Меоса разработали технологию окрашивания полиоксадиазольных волокон Арселон (аналог мета-арамидных волокон) с использованием нано- и микро добавок, которые вводились в прядильный раствор непосредственно перед формованием волокон.

Важнейшие области применения термостойких волокон связаны с обеспечением безопасности деятельности человека, а именно: негорючая полетная одежда летчиков и космонавтов; обмундирование армии и внутренних войск; защитная одежда спасате-

лей, пожарных, энергетиков, сварщиков, металлургов, нефтяников и др.; огнезащитные мебельные и декоративные ткани для салонов авиалайнеров, морском и наземном транспорте, напольные покрытия и др. Для большинства из перечисленных областей применения волокна и нити из полиоксадиазольных волокон являются перспективными текстильными материалами, поскольку они обеспечивают постоянный уровень огнезащиты. Однако, исходное полиоксадиазольное волокно имеет насыщенный желто-оранжевый цвет, что существенно сужает области его применения. Поэтому вопрос окрашивания волокон в различные цвета является актуальной проблемой.

Традиционные способы поверхностного окрашивания волокон не приносят хороших результатов, краситель быстро вымывается (стирается) в процессе носки, стирки.

Группа ученых разработала способ окрашивания полиоксадиазольного волокна в массу, когда красители вводятся непосредственно в готовый раствор полимера и волокно формируются через фильеру по обычному методу. Стойкость окраски в данном случае намного выше, так как красящие частицы на них как бы «запечатаны» в полимерной матрице, что уменьшает воздействие внешних факторов.

Окрашивание в массу таких волокон имеет свои особенности. Краситель должен быть стоек к температурным нагрузкам, растворителям и другим агентам, присутствующим в прядильном растворе, не должен нарушать ход формования и не должен вымываться из формируемого волокна. Всем этим требованиям удовлетворяют нано- и микродисперсные фталоцианиновые пигменты.

Данная технология была апробирована в производственных условиях, была наработана партия волокон широкой коллористической гаммы окрасок и показано, что введение красителя в прядильные растворы до 5–7,5% не нарушает процесс формования и не влияет на физико-химические показатели формируемых нитей. **КМ**



По версии журнала Композитный мир

[www.carbonstudio.ru](http://www.carbonstudio.ru)

**Лучший интернет магазин**

**полимерных композиционных материалов**

Оборудование для полимеризации  
КОМПОЗИТОВ

[www.apgroup-tech.ru](http://www.apgroup-tech.ru)

Техническая информация  
[www.tech.carbonstudio.ru](http://www.tech.carbonstudio.ru)



Узнавайте о наших акциях первыми  
[vk.com/carbonstudio.original](https://vk.com/carbonstudio.original)

**Магазин в AliExpress**  
бесплатная доставка по России

Композиционные материалы и  
оборудование для производства  
композиционных изделий

Дозировочно-смешивающие машины  
для пенополиуретанов и композитов  
Mahr Unipre (Германия)

**Mahr**



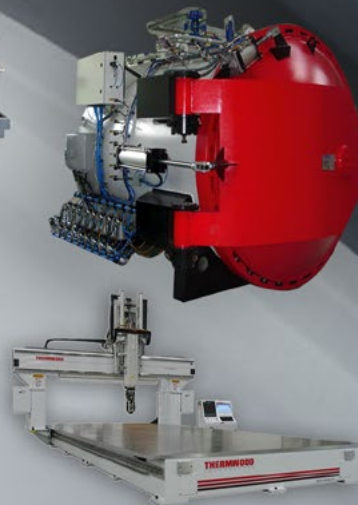
Лабораторные сушильные шкафы и  
промышленные печи France Etuves (Франция)

**FRANCE  
ETUVES**



Автоклавы для композитов и вулканизации резины  
Olymspan (Китай)

**OLYMSPAN®**



Оборудование для механической обработки  
пластиков Thermwood (США)

**THERMWOOD**  
First in CNC Routers

Гидравлические прессы для композитов  
Langzauner (Австрия)

**Langzauner**  
PERFECT

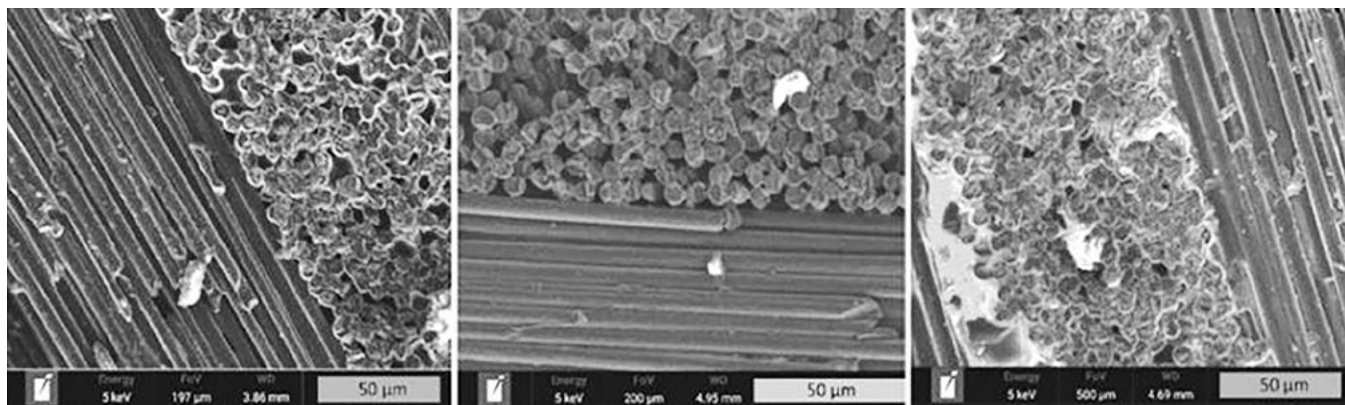
192236 Россия, Санкт-Петербург  
Софийская ул. д. 8  
Тел./факс +7 (812) 363-43-77

[www.apgroup-tech.ru](http://www.apgroup-tech.ru)  
E-mail: [info@apgroup.pro](mailto:info@apgroup.pro)

carbonStudio  
ВАШ ПАРТНЕР В ИННОВАЦИЯХ!



## МИСиС разработал перерабатываемый композит для авиастроения



Учёные МИСиС создали новый композитный материал на основе суперконструкционных термопластичных полимеров и углеродного волокна, который эффективно сохраняет свои эксплуатационные свойства под воздействием агрессивной среды, такой как авиатопливо, и при этом легко поддаётся вторичной переработке.

«Углеродное волокно — уникальный материал, состоящий практически полностью из атомов углерода. Большая механическая прочность при малом весе, устойчивость к высоким температурам и отличная коррозионная стойкость обеспечили ему широкое применение таких высокотехнологичных отраслях как ракетостроение, авиация, строительство, медицина. Композитные материалы, армированные углеродным волокном, особенно востребованы в авиастроении», — рассказали в пресс-службе МИСиС.

Композитные детали и конструкции позволяют снизить конечный вес самолёта, и в итоге уменьшить потребление топлива. Тем самым снижается стоимость эксплуатации воздушного судна и его воздействие на окружающую среду. Однако большинство существующих на сегодняшний день композитов с углеродным волокном создаются на основе эпоксидной смолы и других неплавких, нерастворимых материалов, не поддающихся утилизации.

«В качестве армирующего материала исследователи использовали углеродное волокно российского производства. Для изготовления матрицы, вместо обычной в таких случаях эпоксидной смолы, впервые был применён порошок полиэфирсульфона. Это аморфный термопластичный полимер, устойчивый к воздействию высоких температур, пара и различных химикатов, а также обладающий превосходными механическими свойствами. Также немаловажно, что полиэфирсульфон поддаётся переработке и утилизации, в отличие от эпоксидки», — пояснил

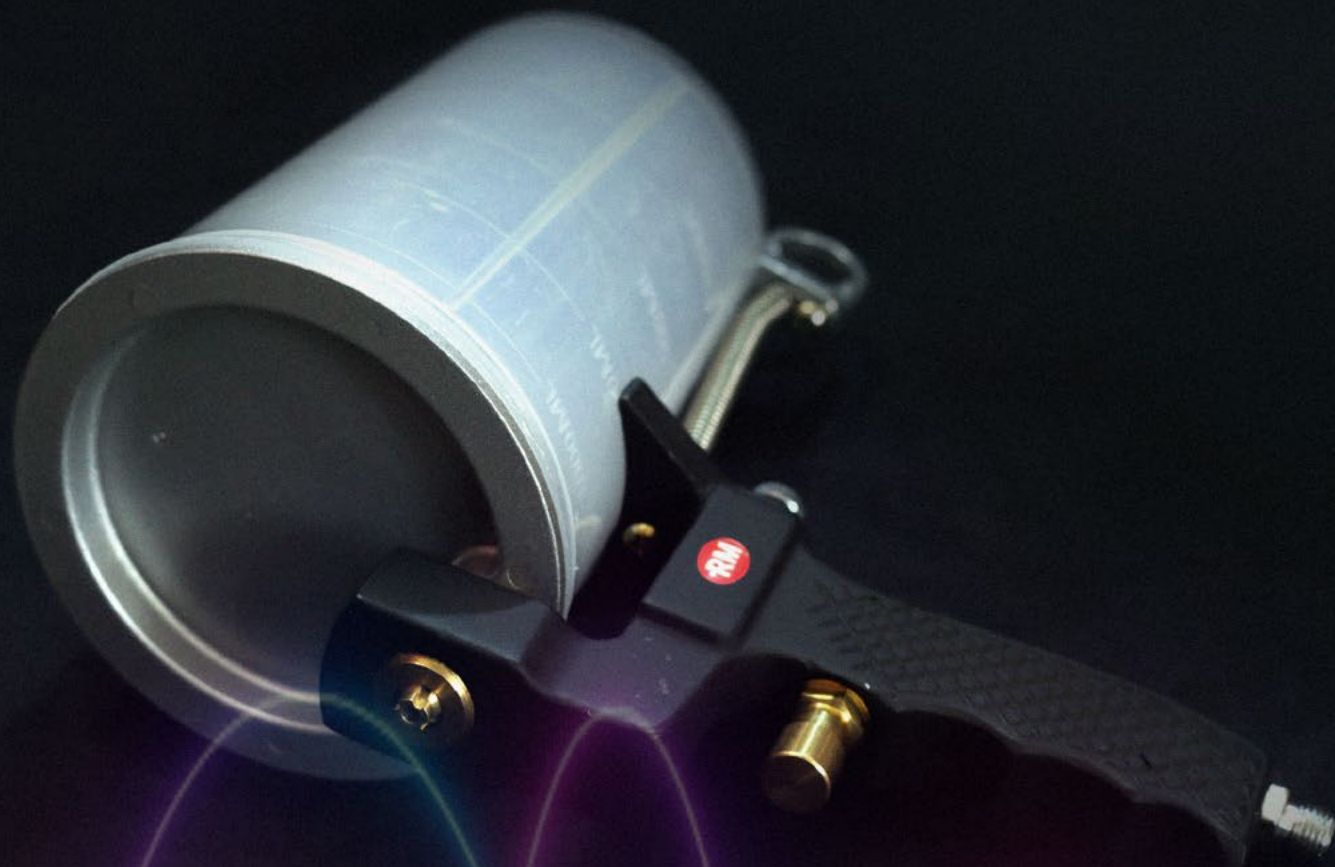
представитель университета.

Исследователи НИТУ «МИСиС» подобрали наилучшие условия получения композитного материала и определили, что оптимальное содержание углеродных волокон для авиакомпозитов на основе полиэфирсульфона составляет 60-70 процентов от общей массы конструкции.

Поверхность углеволокна была дополнительно модифицирована методом термического окисления, в результате чего на поверхности углеродных нитей образовался тонкий слой, содержащий большое количество кислородсодержащих функциональных групп, способствующий лучшему сцеплению углеволокна с полимерной матрицей.

Для пропитки углеродной преформы, вместо традиционной пропитки расплавом полимера под высоким давлением, была использована растворная технология — порошок полиэфирсульфона сначала растворяли с помощью органического растворителя при комнатной температуре, после чего модифицированное углеродное волокно пропитывали полученным раствором. Далее опытные образцы высушивались при температуре 100°C в течение четырёх часов, в дальнейшем преформа помещалась в пресс-форму, где под давлением при температуре 350°C в течение 30 минут окончательно формировались заготовки.

Использование модифицированного углеродного волокна позволило добиться стабильной структуры полученного композита и значительно улучшить его механические свойства и устойчивость к воздействию высоких температур. При этом, как отмечают авторы исследования, предложенная технология создания композитов на основе полиэфирсульфона и углеродных волокон позволяет регулировать свойства конечного материала в зависимости от степени наполнения полимерной матрицы волокнами. **КМ**



# КАЧЕСТВО ДЛЯ ПРОФЕССИОНАЛОВ

РАСПЫЛИТЕЛИ | ВАЛИКИ ДЛЯ ПРИКАТКИ | РАСХОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

[www.rus-manufacturing.ru](http://www.rus-manufacturing.ru)  
+7 (911) 957-60-81 | +7 (981) 964-21-44  
[rusmanufacturing@yandex.ru](mailto:rusmanufacturing@yandex.ru)



## Изобретение ученого Пермского Политеха повысит эффективность обработки титана и полимерных композитов



В настоящее время в авиа- и машиностроении из-за своей прочности и легкости особую популярность приобрели смешанные пакеты полимерных композиционных материалов с титановыми или алюминиевыми сплавами. Обработка таких многокомпонентных слоистых структур имеет ряд трудностей.

При механической обработке довольно вязких титановых сплавов сильно повышается температура и происходит защемление режущего инструмента. В то же время полимерные композиционные материалы чувствительны к нагреву, что вызывает необходимость охлаждения зоны резания. Так как титановые сплавы относятся к важнейшим стратегическим конструкционным материалам для летательных аппаратов, создание смазки, повышающей эффективность обработки материала, является актуальной задачей. Жидкие смазочно-охлаждающие средства неприемлемы для этих целей из-за влагопоглощения полимерных композиционных материалов. Для решения этой проблемы ученый Пермского Политеха разработал новый уникальный состав твердой смазки. Отечественная разработка обладает высокими смазывающими и антифрикционными свойствами, а также более эффективна при механической обработке отверстий в деталях из труднообрабатываемых материалов. Зарегистрирован патент на разработку. Исследование выполнено в рамках Программы академического стратегического лидерства «Приоритет — 2030».

Особенность состава пермского ученого состоит в том, что твердая смазка, содержащая стеариновую кислоту и дисульфид молибдена, дополнительно содержит серу. Введение ее в состав позволило получить отличные результаты по качеству обработки и предотвратило заедание режущего инструмента, снизив трение и исключив налипание. Смазку исполь-

зовали при сверлении отверстий и нарезании резьбы в заготовках из двух слоев титанового сплава и слоя полимерного композиционного материала, а именно, углепластика. Соотношения между компонентами твердой смазки были выбраны экспериментально после проведения многочисленных испытаний.

«При испытаниях смазку наносили втиранием смазочного брикета на режущие поверхности инструмента, а именно на сверло и на поверхность метчика для нарезания резьбы. Эффективность твердой смазки на операциях сверления и резания удалось оценить по количеству обработанных отверстий до момента критического снижения их качества. Также результаты испытаний показали, что использование предложенной твердой смазки позволяет увеличить стойкость инструмента до 1,8 раз. С применением разработанного состава, режущий инструмент не заедало в заготовке. Испытания показали удовлетворительное качество нарезания резьбовых отверстий в титане, без заусенцев и задиров», — рассказывает кандидат технических наук, доцент кафедры инновационных технологий машиностроения Александр Дударев.

По сравнению с другими смазочными средствами твердые технологические смазки имеют ряд преимуществ. Они позволяют вести обработку «всухую», не насыщая композиты жидкой фазой, увеличивают стойкость инструмента, повышают чистоту обрабатываемой поверхности, легко удаляются с деталей после обработки, не загрязняют рабочее место, не токсичны.

Разработка ученого Пермского Политеха будет интересна предприятиям авиа- и ракетостроения, а также кораблестроения. **КМ**







**CARBO CARBO**  
КОМПОЗИТНЫЙ СУПЕРМАРКЕТ

carbocarbo.ru  
+7(499)281-66-33

Препреги  
Смолы  
Углеродные ткани



Всегда  
в наличии



ГРУППА КОМПАНИЙ  
**КОМПОЗИТ**

193079, Санкт-Петербург  
Октябрьская наб., 104  
+7 (812) 322-91-70  
+7 (812) 322-91-69  
office@composite.ru

- Полиэфирные смолы
- Эпоксивинилэфирные смолы
- Гелькоуты
- Сэндвич-материалы
- Системы отверждения
- Оборудование для стеклопластика
- Стекломатериалы
- Вспомогательные материалы



[www.composite.ru](http://www.composite.ru)



[www.composite-shop.ru](http://www.composite-shop.ru)

Санкт-Петербург | Москва | Нижний Новгород | Самара | Екатеринбург  
Казань | Ростов-на-Дону | Новосибирск | Минск | Алматы



### Мария Влазнева

Единственный независимый эксперт России в области углеродного волокна, композитов и топливных элементов с реальным опытом запуска производств

Telegram @carbonamama  
www.carbonamama.com



источник фото [www.theengineer.co.uk](http://www.theengineer.co.uk)

# Композитные дирижабли

Воздушные путешествия на дирижаблях занимают нишу в коммерческой авиации с момента ее появления в XIX веке. Исторически, дирижабли были заняты в грузовых и коммерческих перевозках. В настоящее время сфера применения дирижаблей распространилась на оборонную промышленность, туризм и сферу доставки грузов в рамках городской мобильности.

Hybrid Air Vehicles ( Великобритания) одна из компаний, которая занялась этой нишей рынка и разработала свой гибридный летательный аппарат Airlander10.

Как сообщалось, основная технология изначально разрабатывалась ( в сотрудничестве с Northrop Grumman) в качестве разведывательной платформы для программы вооруженных сил США Long Endurance Multi Intelligence Vehicle (LEMV)

Когда финансирование было свернуто, компания Hybrid Air Vehicles выкупила прототип , вернув его в Великобританию и приступила к его переоборудованию для гражданского использования

хотя получившееся в результате воздушное судно внешне похоже на гигантский дирижабль из прошлого, его разработчики предпочитают термин « легче, чем воздушное транспортное средство» и подчеркивают, что на самом деле он заимствует технологии не только из конструкции дирижабля, но так же из конструкции самолетов и вертолетов.

В ноябре 2017 года после серии все более успешных испытательных полетов Airlander 10, гибридный летательный аппарат, разработанный в Великобритании, потерпел неудачу, которая удручающе знакома всем, кто хоть как-то связан или просто интересуется аэрокосмической отраслью. Выйдя из ангара на базе в Кардингтоне, гигантский 92-метровый дирижабль внезапно сдулся и рухнул на аэродром, вызвав бурную реакцию очевидцев и шквал газетных заголовков, которые ошибочно сравнивали Airlander 10 с печально известным детищем графа Цепелина.

Жесткие дирижабли построенные немецким генералом Фердинандом Фон Цепелином доминировали в отрасли с 1910 года до хорошо известной катастрофы Гинденбурга 6 мая 1937года, когда судно загорелось и разбилось, в результате чего погибли 35 из 47 человек. После чего дирижабли исчезли из широкого использования и их место очень быстро заменили самолеты.

В отличие от злополучного LZ125 Hindenburg в котором использовался водород, в современных версиях дирижаблей используется гелий, инертный газ, который не загорается и конструктивно распределен по нескольким камерам.

Airlander10, двухкорпусной летательный аппарат в составе конструкции которого широко используются композиционные материалы, состоит из нежесткой

оболочки/камеры — основной конструкции, которая удерживает гелий под давлением и придает транспортному средству эллиптическую форму; четырех двигателей, которые работают на дизельном топливе и модуль полезной нагрузки (кабина), прикрепленная к днищу гелиевой камеры.

Если взглянуть на дирижабль, то можно увидеть, что он не военно-спартанский и не сугубо утилитарный, как региональные самолеты. Белый Airlander10 эллиптической формы это своего рода сочетание экскурсионного автомобиля и роскошного плавучего отеля с восемью отдельными двухместными каютами с ванными комнатами, каждая с панорамными окнами, рестораном, гостиной и баром. В большой общей зоне есть панорамные окна и специальный смотровой зал со стеклом с обеих сторон и вместо пола.

Транспортное средство с коротким взлетом/посадкой использует комбинацию плавучей подъемной силы от гелия, аэродинамической подъемной силы (от воздушного потока) и векторной тяги от двигателей. Подъем обеспечивает заполненная гелием воздушная камера объемом 45300 м<sup>3</sup>, длина которой примерно равна футбольному полю.

4 пропеллера, приводимых в движение дизельными двигателями могут разгонять дирижабль до 130 км/час, а крейсерская скорость 93 км/в час.

Возможность вертикального взлета и посадки могут открыть доступ к таким труднодоступным местам, как Северный полюс или Макгадикгади-Пан в Ботсване где взлетно-посадочные полосы невозможны. Airlander10 может приземляться на любую плоскую поверхность, включая приводнение. Приземляется воздушный корабль на «велосипедной» скорости около 33 км в

час, в отличие от типичной скорости приземления самолета — 274 км в час. Airlander10 имеет дальность полета 7400 км, максимальную скорость 130 км/час и может оставаться в воздухе до 5 дней и способен перевозить до 100 пассажиров или до 10 тонн груза.

### Из чего же сделан Airlander10?

Слои камеры аэростата выполнены из сочетания высокоэффективной мультифиламентной пряжи Vectran, сотканной из жидкокристаллического полимера (ароматического полиэфира), полиэфирной пленки Mylar и поливинилфторидной пленки Tedlar, для прочности, удержания гелия и долговечности.

Жесткие конструкции Airlander10, включая компоненты хвостового оперения, выполнены из тканого препрега на основе стекловолокна и отверждены вне автоклава при низких температурах.

Модуль полезной нагрузки, каналы задних двигателей и передние пилоны изготовлены из препрега на основе углеродного волокна, отвержденного также вне автоклава.

Базовый модуль полезной нагрузки (кабина) имеет длину около 23 метров и ширину около 4 метров, поэтому разработчики отказались от автоклава.

Производство Airlander10 организовано по системе «Умное производство»: компания Hybrid Air Vehicles выступает интегратором и имеет гибкую сетку подрядных организаций — изготовителей компонентов воздушного судна.

Airlander 10 интересен не только использованием композитных материалов. В настоящее время компания работает над интеграцией технологии



источник фото [www.theengineer.co.uk](http://www.theengineer.co.uk)



топливных элементов для достижения сверхнизких и нулевых выбросов углерода. Благодаря плавучей подъемной силе и четырем дизельным двигателям транспортное средство в настоящее время генерирует на 75% выбросов меньше, чем стандартные самолеты и вертолеты.

Airlander 10 оснащен четырьмя дизельными двигателями. Следующая версия Airlander 10 будет иметь 2 передних дизельных двигателя и 2 электродвигателя сзади.

Для разработки двигателя был создан проект HAV1 в партнерстве с компанией Collins Aerospace и Ноттингемским Университетом. В рамках проекта был изготовлен прототип двигателя мощностью 500 кВт, который был представлен на международном авиасалоне в Фарнборо 2022. Компания Collins Aerospace продемонстрировала рабочий прототип двигателя, который прошел наземные испытания. Разработчики нацелены на удельный уровень мощности 9 кВт на кг и КПД 98% за счет использования новой топологии двигателя и композитной конструкции.

Полученные результаты привели к открытию еще одного проекта — разработке двигателя на водородных топливных элементах.

Используемые топливные элементы — с применением протонообменной мембраны. Водород в сжатом или криогенном виде пропускается через моноэлектродные блоки и в результате химической реакции на протонообменной мембране в присутствии катализатора вырабатывается электроэнергия.

В составе топливного элемента с протонообменной мембраной используется фторсодержащий сополимер (для самой мембраны) и углеродное волокно (в виде

носителя для катализатора и в составе биполярных пластин).

Однако, по мнению разработчиков, внедрение водородных топливных элементов сопряжено со следующими трудностями:

1. Проект не может найти производителя топливных элементов заявленной мощности с подтвержденным опытом и надежностью силовой установки. Самое близкое — проект ZeroAvia, у которой на настоящее время есть прототип силовой водородной установки для самолета на 16 пассажиров.
2. В большинстве случаев, водород, использующийся в качестве топлива — «голубой», то есть водород, полученный путем паровой конверсии метана, но при условии улавливания и хранения углерода, что дает примерно двукратное сокращение выбросов углерода.

А для проекта важно использование «зеленого» водорода, то есть полученного с помощью энергии ветра или солнечных батарей.

Команда проекта фокусируется на использовании водорода, сжиженного под давлением, но также рассматривает криогенный водород. К 2030 году команде Airlander10 потребуются резервуары для хранения водорода под давлением около 600 бар, которые имеют максимально легкий вес.

По данным Hybrid Air Vehicles новый дирижабль будет иметь гораздо более низкий расход топлива по сравнению с большинством самолетов, которые в настоящее время эксплуатируются. За счет применения гибридного двигателя выбросы углекислого газа в атмосферу снизятся на 90%, а к 2030му году полеты

источник фото [www.theengineer.co.uk](http://www.theengineer.co.uk)





источник фото [www.bnnbloomberg.ca](http://www.bnnbloomberg.ca)

на дирижаблях будут с нулевым выбросом углерода.

Зрелость проекта Airlander 10 оценивается как TRL7, летные испытания успешно пройдены и отмечается высокий уровень технологической готовности. Воздушный корабль близок к стадии серийного производства. Уже получено одобрение от проектной организации и производственной организации Управления Гражданской Авиации Великобритании.

Теперь Airlander 10 предстоит получить сертификат для глобальной эксплуатации.

Уже несколько компаний представили программы воздушных круизов. Например, шведская компания Ocean Sky анонсирует первый воздушный круиз на февраль 2024. До 16 пассажиров, а также 8 членов экипажа, включая 4 пилотов, шеф-повара и руководителя экспедиции отправятся из Лонгйира на норвежском архипелаге Шпицберген до Северного полюса в кабине площадью почти 200 м<sup>2</sup>, прикрепленной к массивной воздушной камере, наполненной гелием.

Эта кабина немного больше, чем 2 самолета Боинг 737 MAX, поставленные рядом параллельно друг другу. Дирижабль совершит полет длительностью 15 часов на высоте около 300 метров, чтобы путешественникам было удобно наблюдать проплывающие под ними пейзажи через специальное смотровое окно в полу кабины. Далее, воздушное судно сделает остановку на 6 часов для наземной экскурсии по Северному полюсу и ужина, а затем экспедиция отправится в обратный 15ти часовой путь.

Также в разработке находится 6-ти дневный маршрут по Южной Африке, который начинается в Виндхук, Намибия ( или Ливингстон, Замбия), затем приземляется на побережье Скелетов в Намибии, в дельте Окаванго в Ботсване и у водопада Виктория на границе Замбии и Зимбабве, а затее возвращается обратно.

Технологии изготовления компонентов и сборки воздушного судна разрабатывались на протяжении 10 лет.

Чуть более 3 лет спустя после первого неудачного полета, которые компания посвятила доработке и оптимизации конструкции, команда разработчиков воздушного корабля Airlander 10 снова заявляет о готовности к сертификации для допуска к коммерческим полетам.

«Мы строим самолет не для трансатлантических перелетов, а для региональной мобильности. Где пассажиры путешествуют на высоте 500-600 км между Ливерпулем и Белфастом» сказал технический директор компании.

AirNostrum крупнейший авиаперевозчик Испании заявил о намерении быть первым покупателем дирижабля AirLander10. Компании подписали соглашение о том, что Air Nostrum будет первым покупателем дирижабля, несмотря на то, что воздушное судно еще не прошло сертификацию. Первый Airlander10 будет доставлен в Испанию в 2026году и еще 10 дирижаблей в течение 5 лет. **КМ**



**Холодников Ю. В.**

Генеральный директор ООО СКБ «Мысль»

г. Екатеринбург

www.sdo-mysl.ru

# Не было бы счастья, да несчастье помогло

Санкционный терроризм, устроенный нашими бывшими «партнерами» по ситуации, которая, в общем, их не касается, привел к обрыву практически всех кооперационных связей в области научно-технического сотрудничества. Конечно, ситуация неприятная, но не безвыходная.

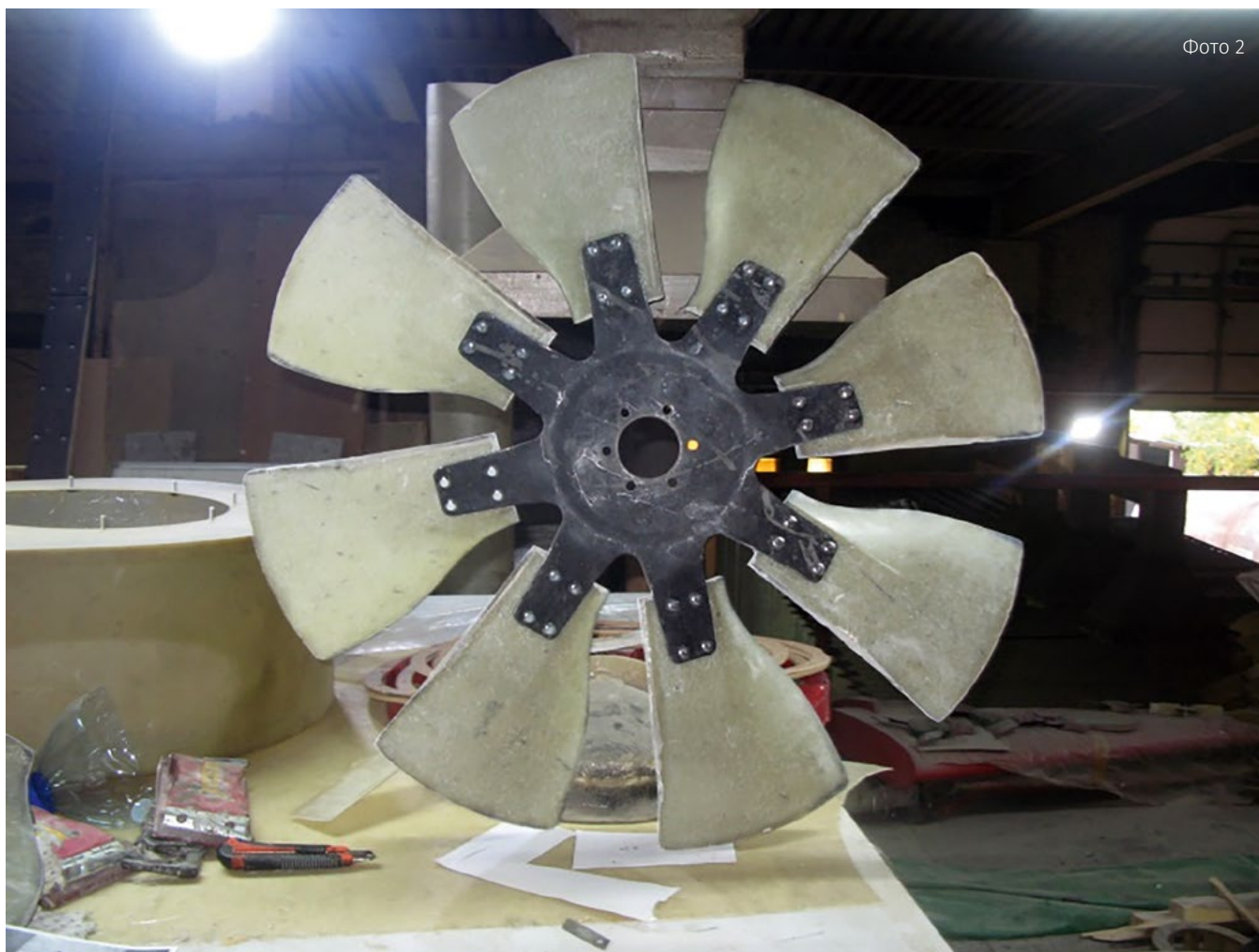
В сложившихся обстоятельствах, на мой взгляд, надо не поддаваясь панике, спокойно работать, искать варианты замещения утраченных связей и разработки своих технологий, а главное, не опускать

руки, на радость наших бывших «партнеров».

Относительно своей сферы производственных интересов, могу констатировать факт повышения заинтересованности промышленных предприятий в обеспечении работоспособности технологического оборудования импортного производства. Проблемой для многих стал отказ иностранных производителей в текущем, гарантийном и пост гарантийном обслуживании поставленного оборудования, путем поставки запасных деталей и узлов.



Фото 1



К нам обратилась компания, которая занималась поставками американской тяжелой техники для горнорудных предприятий нашей страны. Пустяк, вышел из строя вентилятор охлаждения двигателя внутреннего сгорания (ДВС), но без него огромный трактор работать не будет (см. фото 1). Естественно поставщик на запрос о поставке нового вентилятора ответил отказом.

Мы предложили вариант замены лопастей вентилятора на новые стеклопластиковые, с гарантией сохранения основных эксплуатационных параметров вентилятора — давление, подача, частота вращения.

Весь ремонт занял меньше недели с учетом необходимости изготовления формы для лопаток, отработки технологического регламента, балансировки колеса и пр. Результат представлен на фото 2.

С новыми лопатками колесо получилось на килограмм легче аналога, что благоприятно скажется на его работе. Кроме того, армированные стекловолоком стеклопластиковые лопатки колеса прочнее и износоустойчивее, чем полиамидные лопатки аналога. Испытания колеса подтвердили его паспортные параметры и высокую надежность работы.

Следует отметить, что заказов на изделия производственно-технического назначения по теме импортозамещения достаточно много, включая как новые аналоги, так и ремонт существующих конструкций. **КМ**

## О компании

ООО СКБ «Мысль» — динамично развивающаяся компания, организованная в 1991 году молодыми учеными и специалистами Уральского горного института.

В активе компании десятки авторских свидетельств и патентов, статьи, публикации в региональных и республиканских изданиях, участие в семинарах (и их проведение), разработка ряда крупных проектов и их успешная реализация.

Компания имеет производственную базу, необходимое технологическое оборудование, квалифицированные кадры.

В настоящее время СКБ предлагает:

- выполнение работ по антикоррозионной (химической) защите технологического оборудования в различных отраслях производственной и хозяйственной деятельности;
- производство изделий из композиционных материалов;
- производство и поставку широкого ассортимента РТИ;
- проектирование и изготовление детских игровых комплексов.



Степанова В. Ф., д.т.н., НИИ Бетона и Железобетона

Краюшкина Е. В., к.т.н., Химерик Т.Ю., к.т.н., Государственный НИИ Дорожного строительства

Негматуллаев С. Х., академик, НИИ Сейсмологии и сейсмостойкого строительства

Оснос С. П., д.т.н., Федотов А. А., Рожков И. А., «Basalt Fiber Materials Technology Development»

# Армирующие материалы на основе базальтовых непрерывных волокон. Характеристики и опыт применения в строительстве и дорожном строительстве





**Фото 1.** Базальтовое рубленое волокно (базальтовая фибра), диаметр элементарных волокон  $d = 15\text{--}17$  микрон, длина 21 мм



**Фото 2.** Введение рубленых волокон  $d = 18\text{--}21$  микрон, длиной 25 мм в бетонную смесь с фракцией щебня 5–20 мм



**Фото 3.** Введение базальтовой фибры в растворы сухих строительных смесей



**Фото 4.** Армирующие рубленые базальтовые волокна в составе раствора

Базальтовые непрерывные волокна (БНВ) производят из расплавов магматических пород, Поэтому БНВ обладают прочностными характеристиками в сочетании с высокой химической стойкостью и долговечностью эксплуатации в природной и агрессивных средах [1, 2]. На основе БНВ производят и применяют армирующие материалы для строительной отрасли и дорожного строительства: рубленые волокна, анкер элементы, дорожные геотекстильные сетки, арматуру, арматурные сетки, бандажные ленты, плоскую арматуру.

**Рубленые базальтовые волокна (базальтовая фибра) для объемного армирования бетонов и бетонных конструкций, бетонных и асфальтобетонных покрытий автодорог**

Рубленые базальтовые волокна (фото 1) при перемешивании равномерно распределяются и располагаются в разных направлениях по всему объему бетона (фото 2), асфальтобетона, штукатурного или шпаклевочного раствора (фото 3, 4).

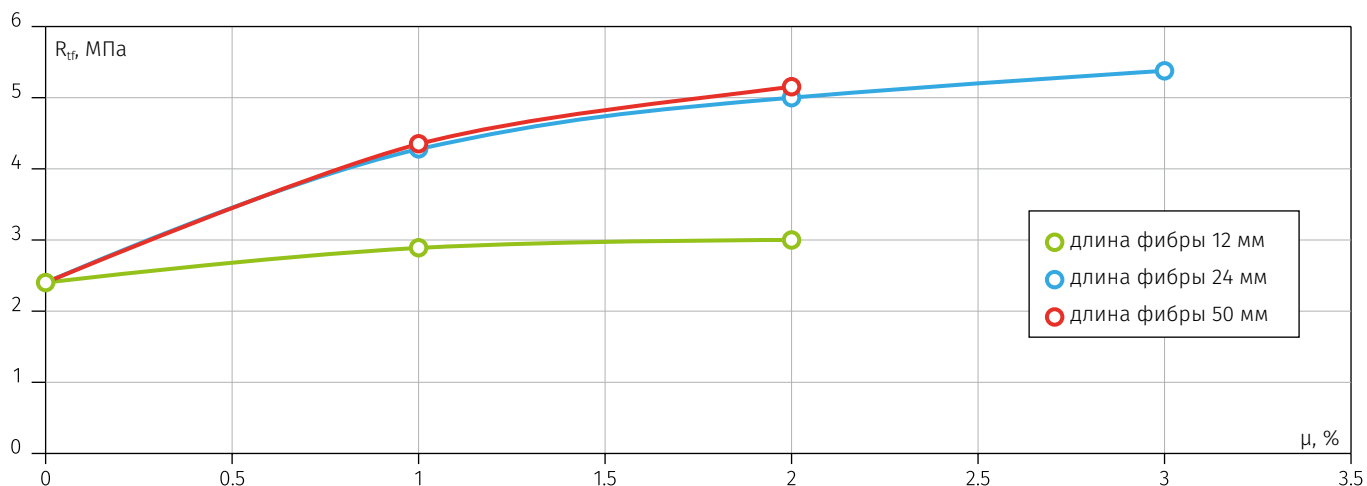
Повышение прочности бетонов и асфальтобетонов зависит от количества введенных рубленых волокон (дозировки) и длины волокон. Проведены исследования прочности бетонов, армированных базальтовой фиброй, в зависимости от дозировки и длины рубленых волокон [4]. Измерения прочности бетонов на растяжение при изгибе проводились по ГОСТ 10180-90.

Наиболее эффективно армировать бетоны и асфальтобетоны рубленой базальтовой фиброй длиной 24–25 мм, диаметрами от 15 до 21 микрона. Результаты испытаний на прочность армированных бетонов показывают, что содержание базальтовой фибры длиной 24 мм должно составлять 2.5–3%. Содержание базальтовой фибры дозируется в процентном соотношении от веса цемента. При таком армировании бетона класса В20 прочность на растяжение (осевое и при изгибе) повышается в 2.25 раза и сопровождается переходом к пластическому характеру разрушения [4].

При этом в каждом  $\text{см}^3$  бетона, асфальтобетона, шпаклевочного раствора распределяется от 15 — до 30 элементарных рубленых волокон (фото 4).

Применение рубленых волокон регламентируется





**Рис 1.** Графики зависимости повышения прочности бетонов, армированных базальтовой фиброй диаметром  $d = 15\text{--}16$  мкм, длиной 12, 24 и 50 мм [ 4 ].

в РФ и странах СНГ СП 297.1325800.2017 «Конструкции фибробетонные с неметаллической фиброй. Правила проектирования» [5].

Базальтовую фибру лучше всего предварительно перемешать с цементом, или сухой строительной смесью, а затем вводить в состав бетонов и строительных растворов. Целесообразно производить цементы и сухие строительные смеси с базальтовой фиброй, что позволит повысить их марку и качество. Заводы производители цемента и сухих строительных смесей станут крупными заказчиками базальтовой фибры.

Базальтовая фибра обеспечивает объемное дисперсное армирование бетонных и армированных арматурой бетонных изделий для дорожного строительства: дорожных плит, бордюров, пешеходных плиток, лотков, труб, колодцев, железобетонных шпал, конструкций мостов, тоннелей и ограждающих конструкций дорог. Это позволяет снизить толщину, вес и стоимость бетонных изделий и конструкций. Заводы ЖБИ станут заказчиками базальтовой фибры и композитной арматуры.

Базальтовая фибра применяется, и подтвердила свою эффективность при производстве фундаментов и полов зданий, складов, торговых центров, площадок, стоянок, рулежных дорожек и ВПП аэродромов.

### Армирование базальтовой фиброй асфальтобетонов

В Государственном НИИ Дорожного строительства им. П.М. Шульгина (ГосдорНИИ) проведены исследования и физико-механические испытания горячих и холодных асфальтобетонов, армированных базальтовой фиброй.

Основные выводы ГосдорНИИ по результатам испытания армированных базальтовой фиброй бетонных и асфальтобетонных дорожных покрытий [6].

1. Исследования применения базальтовой фибры для дисперсного (объемного) армирования цементобетонных и асфальтобетонных смесей показали, что фибра рубленого БНВ может быть применена как армирующая добавка для повышения физико-механических характеристик дорожных

покрытий, прочности на растяжение при изгибе и на сжатие. А также для повышения на 15–20% морозостойкости и водостойкости дорожных покрытий.

- Исследованиями установлено оптимальное количество введения базальтовой фибры (диаметрами 13–21 микрон, длиной 25 см) по весу: для цементобетона составляет 2,0%, а для горячего и холодного асфальтобетона — 1,0% от количества минерального порошка. Подобранные смеси полностью отвечают требованиям государственных стандартов ДСТУ Б В.2.7-89-99 и ДСТУ Б В.2.7-119-2003.
- При приготовлении горячего асфальтобетона базальтовую фибру лучше ввести в минеральный материал (минеральный порошок) с последующим смешиванием с битумом. Приготовление холодных асфальтобетонных смесей осуществляется также подачей армирующих волокон с минеральной частью смеси и перемешиванием в течение 4–5 минут. После этого подается битум, а время перемешивания составляет 6–8 минут.
- Введение базальтовой фибры в асфальтобетонные смеси обеспечивает трещиностойкость покрытия (снижается возможность образования и развития трещин) и формирование устойчивой структуры асфальтобетона к колебаниям температуры, способствует повышению сдвигустойчивости асфальтобетона. Благодаря дисперсному армированию рубленым базальтовым волокном, асфальтобетоны имеют более высокие показатели прочности на растяжение при изгибе и сдвигустойчивость, что обеспечивает увеличение сроков службы дорожных покрытий в 1,5–2 раза.
- Проведенные исследования физико-механических характеристик холодных асфальтобетонных смесей, армированных базальтовой фиброй показали, что они имеют повышенную прочность на сжатие на 70–80%.
- Повышение физико-механических свойств дорожных покрытий свидетельствует о положительном влиянии объемного армирования базальтовой фиброй на структуру асфальтобетона. При смешивании фибры с битумом образуются граничные

- слои, которые препятствуют отслоению битумного вяжущего с поверхности волокон и проникновению воды во время эксплуатации.
7. Важным фактором является возможность применения холодных асфальтобетонных смесей дисперсно-армированных базальтовой фиброй для аварийного ремонта дорог, который проводится в сложных погодных условиях - пониженной температуре и повышенной влажности, для обеспечения бесперебойного движения транспорта в течение года.
  8. Результаты исследований показали, что применение базальтовой фибры для армирования бетонных и асфальтобетонных дорожных покрытий позволяет увеличить их прочность на сжатие на 37–40% и на изгиб на 100–150%, повысить трещиностойкость дорожных покрытий. Это позволяет увеличить стойкость асфальтобетонов к разрушению, препятствует образованию трещин, образованию колеиности в дорожном полотне, продлить сроки эксплуатации дорожных покрытий в 2–2.5 раза.
  9. Экономический эффект дисперсного армирования базальтовой фиброй цементобетонов и асфальтобетонов возникает за счет увеличения срока службы дорожных покрытий, уменьшения толщины верхнего слоя, а также снижения затрат на ремонт и содержание дорог.
  10. Асфальтобетон с добавлением базальтовой фибры можно рекомендовать для применения в производственных условиях во всех дорожно-климатических зонах на автомобильных дорогах Украины.

Работы по применению рубленых базальтовых волокон были проведены также в РосдорНИИ, СоюздорНИИ [ 7 ]. Результаты исследований подтверждают выводы об эффективности применения дисперсного армирования дорожных покрытий. Выработаны рекомендации по применению базальтовой фибры для армирования дорожных покрытий при строительстве и ремонте автомобильных дорог.

Выводы. Применение базальтовой фибры в строительной отрасли, дорожном строительстве позволяет

существенно повысить прочностные характеристики, стойкость к образованию и развитию трещин, увеличить сроки и межремонтные ресурсы эксплуатации дорожных покрытий в 1.5 – 2 раза.

### Дорожные геотекстильные сетки БНВ

Дорожные геотекстильные сетки производят из ровингов БНВ (фото 5).

Назначение сеток БНВ: армирование асфальтобетонных покрытий при строительстве и ремонте автомобильных дорог; укрепление насыпей и откосов дорог, дамб и береговых укреплений (фото 8); армирование кладки зданий в строительстве.

При строительстве и ремонте дорог армирующие сетки укладывают между щебеночным и асфальтобетонным покрытием (фото 7), а при выполнении ремонтных работ укладываются между слоями асфальтобетонного покрытия (фото 6).

Впервые дорожные сетки БНВ были применены в 2001, 2002 годах при строительстве автодорог на участках наиболее подверженных разрушениям в процессе эксплуатации, в городах для армирования асфальтобетона на остановках автобусов и троллейбусов и местах образования колеиности асфальтобетонных покрытий. Данные работы проводились НИИ Дорожного строительства. Армирование асфальтобетонных дорог сетками БНВ показало хорошие результаты в процессе эксплуатации на протяжении последующих 10, 15 и 20 лет эксплуатации.

Дорожные сетки БНВ не вытягиваются под действием нагрузок, имеют высокую химическую стойкость и долговечность эксплуатации, не критичны к высоким и низким температурам.

Для армирования дорожных покрытий были разработаны дорожные сетки марки ПСБ-Д 240 (полотно сетчатое базальтовое для дорожного строительства, плотность 240 гр/м<sup>2</sup>, ТУ У 6 00209775.070) и полотно НПБ-550 (нитепрошивное полотно базальтовое плотностью 550 гр/м<sup>2</sup>) для строительства дорог в особо сложных геологических условиях (болотистые места, оползневые участки и др.). Основные технические

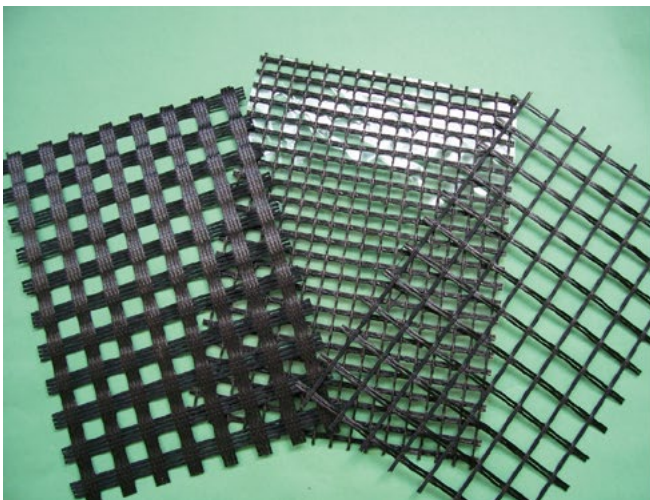


Фото 5. Образцы дорожных сеток БНВ

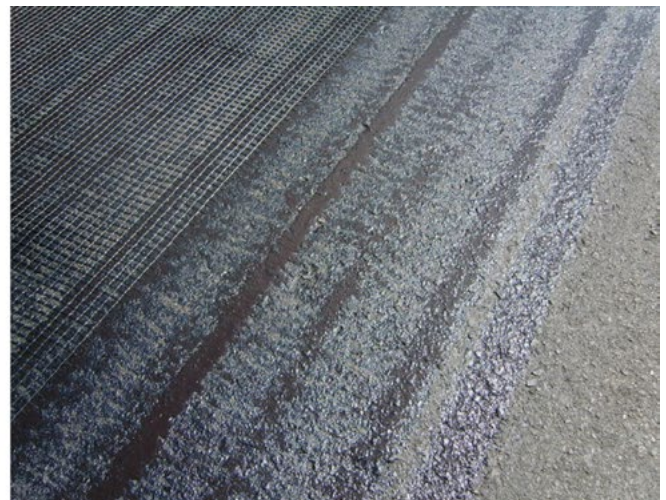


Фото 6. Укладка дорожной сетки между слоями асфальтобетонного покрытия





**Фото 7.** Применение дорожных сеток между щебнем и асфальтом при строительстве дорог



**Фото 8.** Укрепление насыпей и откосов дорожными сетками

характеристики дорожных сеток и полотен на основе ровингов БНВ представлены в таблице 1.

Сетки ПСБ-Д кладут между подсыпкой из щебня и асфальтобетонным покрытием и для армирования кирпичной кладки. Ткань НПБ-550К укладывают между песчаным и щебневым слоями дорожного полотна.

Комплексные испытания дорожных сеток ПСБ Д проведены ГосдорНИИ в практике дорожного строительства, начиная с 2000 года. Опыт эксплуатации свидетельствует, что армирование дорожных асфальтобетонных покрытий базальтовой фиброй и геотекстильными сетками препятствует образованию трещин, колейности, появлению ухабов и ям на автодорогах.

Базальтовые геотекстильные и армирующие материалы предназначены для широкого применения в автомобильном, железнодорожном и гидротехническом строительстве, при рекультивации и эрозионной защите земель, при выполнении противооползневых и других работ. Через уложенную и закрепленную на поверхности земли сетку БНВ прорастают трава, кустарники и деревья. Такой метод укрепления наиболее эффективный и отвечает требованиям экологии.

Актуально применение армирующих дорожных сеток для возведения и укрепления дамб для защиты от наводнений и насыпных плотин ГЭС.

Разработаны технологии укрепления (послойного армирования) геотекстильными сетками высоких откосов дорог и мостов, дамб, насыпных плотин.

Выводы. Применение армирующих материалов базальтовой фибры и дорожных сеток при строительстве и ремонте автодорог позволяет в 2–2.5 увеличить межремонтный период эксплуатации дорожных покрытий.

Заказчики геотекстильных материалов БНВ: предприятия дорожного и гидротехнического строительства; специализированные компании по рекультивации земель (карьеров, оврагов, терриконов, свалок), укреплению берегов, строительству дамб, противооползневых работ; строительные компании — заказчики армирующих сеток для армирования кирпичной кладки.

### Арматура композитная БНВ (АКБ)

Для производства композитной арматуры отработаны технологии, оптимальные пропорции ровингов и связующих в составе арматуры, образцы оборудования: пултрузионные линии, узлы навивки, камеры полимеризации, тянущие устройства. Изготовлены партии и проведены исследования нескольких типов арматуры на основе стеклянных и базальтовых

Таблица 1

ПСБ-Д 240		
Разрывная нагрузка не меньше, кг	по ширине	120
	по длине	120
Плотность, г/м <sup>2</sup>	—	230–250
Удлинение под действием предельной нагрузки	%	1–1.5
Сетки ПСБ-Д пропитаны специальным составом для повышения их прочности и жесткости		
НПБ-550 К		
Разрывная нагрузка, не меньше, кг	по ширине	600
	по длине	600
Плотность, г/м <sup>2</sup>	—	550 ±10

## Применение



**Фото 9.** Образцы композитной арматуры — прутки покрытые отсевом крупного песка



**Фото 10.** Образцы композитной арматуры БНВ с навивкой арматурного профиля



**Фото 11.** Образцы арматуры с вдавленным профилем в жгуты пропитанного ровинга



**Фото 12.** Образцы арматуры с вдавленным профилем и покрытием отсевом песка

ровингов: прутков с покрытием крупным песком и отсевом базальтов (фото 9); прутки с навивкой арматурного профиля жгутом ровинга (фото 10); арматура на основе жгутов ровинга с вдавленным профилем (фото 11 и 12).

Прочностные испытания образцов арматуры на растяжение (фото 9) и изгиб показали, что образцы арматуры на основе прутков с песчаным покрытием и прутков с навивкой арматурного профиля жгутом ровинга являются более прочными по сравнению с образцами арматуры из пропитанных жгутов ровинга с вдавленным профилем (фото 11 и 12). Сформованный плотный пруток является более прочным основанием (стержнем) для арматуры, чем неплотные жгуты ровингов с вдавленным профилем.

Испытания композитной арматуры на вытяжку из бетона (фото 14) показали, что арматура с навивкой арматурного профиля и арматура с покрытиями отсевом крупного песка, или базальтовой крошки удовлетворяют требованиям стандартов.

Арматура на основе жгутов ровинга с вдавленным профилем (фото 11) для получения удовлетворительных результатов испытаний потребовала

дополнительного покрытия ее поверхности крупным песком, или отсевом базальта (фото 12). Производить подобную арматуру не рационально с технической (в местах пережима она ослаблена) и экономической стороны (увеличен расход ровинга и связующего).

Рационально производить арматуру композитную с покрытием крупным песком, отсевом базальта и классическим арматурным профилем, который более привычна для проектировщиков и строительных компаний.

В НИИ Строительных конструкций (НИИ СК) были проведены комплексные испытания, разработаны технические условия и ГОСТ (ДСТУ-Н Б В.2.6 -185:2012) на применение композитной арматуры.

Прочностные испытания арматуры композитной показали:

- прочность на разрыв арматуры композитной на основе стекловолокна (АКС) составляет  $b_{акс} = 1000$  МПа, а на основе базальтового непрерывного волокна АКБ —  $b_{акб} = 1200-1300$  МПа;
- удельная прочность на разрыв арматуры композитной из базальтового непрерывного волокна (АКБ) на 2–30% выше, чем у арматуры из стекловолокна





**Фото 13.** Испытания образца АБП на растяжение



**Фото 14.** Проведение испытаний образцов АБП на вытязку из бетона

- (АКС) и в 2.5 раза выше стальной арматуры А3; модуль упругости стальной арматуры А3  $E_{ca} = 200$  ГПа, что в 2.5–3 раза превышает показатель композитной арматуры АКБ  $E_{ка} = 70–90$  ГПа.

Композитная арматура полностью соответствует требованиям климатических испытаний и циклических испытаний на замораживание и размораживание.

Испытания на химическую стойкость — кипячение в воде, растворах солей и кислоте показали исключительную химическую и коррозионную стойкость композитной арматуры.

Поскольку бетон является щелочной средой, поэтому особое внимание было уделено испытаниям композитной арматуры на химическую стойкость в щелочной среде.

Известно, что стекловолокно (Е-стекловолокно), в отличие от БНВ, в щелочной среде подвержено разрушению. В составе композитной арматуры стекловолокно может быть защищено эпоксидными связующими от воздействия щелочной бетонной среды. Испытания стеклопластиковой арматуры на химическую стойкость показали, что Е-стекловолокно в составе арматуры гигроскопично и подвержено разрушению щелочной бетонной средой.

Разрушение стеклопластиковой арматуры происходит следующим образом. На поверхности арматуры всегда имеются микротрещины. Через эти микротрещины проникает влажная щелочная бетонная среда. За счет капиллярности стекловолокна щелочная среда проникает вдоль волокон вглубь арматуры. При этом происходит разрушение стекловолокна и ослабление арматуры. По образовавшимся каналам внутрь стеклопластиковой арматуры увеличивается приток щелочной влаги. С течением времени стеклопластиковая арматура теряет прочность по нарастающей. Процесс разрушения Е-стекловолокна в составе композитной арматуры может занимать несколько – десятки лет в зависимости от влажности бетона. Во влажных средах – фундаментах зданий и опор, дорожных плитах, балках мостов, плотинах процесс потери прочности идет более интенсивно.

На основании результатов испытаний НИИ СК запретил применение композитной арматуры на основе Е-стекловолокна в ответственных строительных конструкциях. К аналогичным выводам по результатам испытаний АКС пришли зарубежные компании.

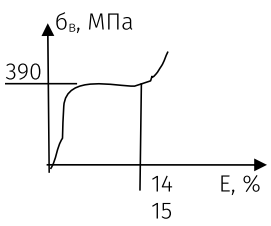
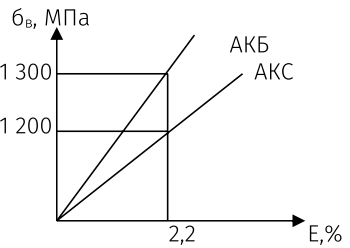
Испытания АКБ показали, что арматура на основе БНВ обладает высокой стойкостью под действием кислот, щелочей, агрессивных сред, солей и окружающей среды. Базальтовые волокна в 6–8 раз менее гигроскопичны по сравнению со стекловолокном, не подвержены разрушению в щелочной среде. АКБ обеспечивает гарантийные сроки эксплуатации арматуры не менее 50 лет без следов разрушения базальтовых волокон в щелочной бетонной среде, а также при воздействии растворов солей в дорожных бетонных покрытиях и плитах, циклов замораживания-размораживания.

Специалистами компании «BFM TD» были проведены работы по повышению прочностных характеристик композитной арматуры. Разработаны технологии и оборудование производства преднапряженной композитной арматуры с предварительным равным натяжением всех жгутов ровингов, формовку цельнотянутого стержня и навивку профиля. Патент 99794UA «Способ производства композитной арматуры и устройство для его осуществления». Оснос С.П.

Установлено, что прочностные характеристики арматуры зависят от нескольких факторов:

1. Прочности ровингов БНВ. Практика показывает, что наиболее высокими показателями по прочности обладает арматура из ровингов БНВ с диаметрами элементарных волокон 13–17 микрон и прочностью на разрыв не менее 2500 МПа.
2. Типа и структуры арматуры. Арматура, сформованная на основе плотных стержней, имеет более высокие прочностные характеристики, чем на основе неплотных жгутов ровинга.
3. Технологическое оборудование должно обеспечивать требуемые технологические параметры производства прочной АКБ: равные натяжения первичных жгутов ровингов БНВ в арматуре, удаления влаги из ровингов перед пропиткой, каче-

**Таблица 2.** Сравнительные характеристики стальной и композитной арматуры

Характеристики	Стальная арматура А3 ГОСТ 5781-82	Композитная арматура ТУ 5769-183-40886723-2004 ТУ 5769-248-35354501-2007
Временное сопротивление разрыву, МПа	$\sigma_b = 390$ ; $\sigma_{расч} = 360$	<b>АКС:</b> $\sigma_b = 1\ 000$ ; $\sigma_{расч} = 900$ ; <b>АКБ:</b> $\sigma_b = 1\ 100$ ; $\sigma_{расч} = 1\ 000$
		<b>АКС:</b> $\sigma_b = 1\ 200$ ; $\sigma_{расч} = 1\ 100$ ; <b>АКП:</b> $\sigma_b = 1\ 300$ ; $\sigma_{расч} = 1\ 200$
Модуль упругости, МПа	$E_p = 200\ 000$	<b>АКС:</b> $E_p = 41\ 000$ ; <b>АКБ:</b> $E_p = 47\ 000$
		<b>АКС:</b> $E_p = 55\ 000$ ; <b>АКБ:</b> $E_p = 71\ 000$
Характер поведения арматуры под нагрузкой (зависимость « $\sigma$ и $E$ »)		
	Площадка текучести под нагрузкой	Упруго-линейная зависимость до разрушения
Относительное удлинение, $E$ , %	14	2,2
Плотность, $\gamma$ , г/см <sup>3</sup>	7,8	1,9
Коррозионная стойкость	Корродирует с выделением ржавчины	Не корродирует
Теплопроводность	Теплопроводима	Нетеплопроводима
Электропроводность	Электропроводна	Неэлектропроводна
Теплостойкость	—	Испытана в среде горячего асфальтобетона (+200°С) и при пропаривании бетонных изделий (+100°С). Потери прочности не выявлено.
Морозостойкость	—	Испытана в климатической камере в режиме заморозания и оттаивания до температуры -55°С в течении 100 циклов. Потери прочности не выявлено.

ство пропитки ровингов связующим, плотность формирования стержня (прутка) арматуры.

НИИ Бетона и Железобетона, НИИ Дорожного строительства, НИИ Строительных конструкций, лабораторией в Канаде были проведены работы по испытаниям композитной арматуры [8, 9, 10, 11]. В таблице 2 представлены результаты сравнительных испытаний стальной арматуры А3 и композитной арматуры из стекловолокна (АКС) и БНВ (АКБ) [3].

Расчет и конструирование бетонных изделий производятся в соответствии СНиП 52-01-2003 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения», ГОСТ РФ 31938-2012, ДСТУ — Н Б В.2.6-185:2012 [7, 8]. Отработаны методы соединений композитной арматуры — вязка проволокой также как и стальной арматуры и полимерными фиксаторами.

### Арматурные сетки

Арматурные сетки изготавливают из стержней композитной арматуры диаметрами от 5 до 12 мм (фото 15, 16, 17). Крепления стержней сетки производится полимерными фиксаторами, или вязальной прово-

локой аналогично вязке сеток из стальной арматуры. Сетки композитной арматуры Ф 5–12 мм рассчитаны на нагрузки от 50 до 500кН/м (5–50 тонн/м).

Прочностные характеристики композитных арматурных сеток проведены в таблице 3 [4].

Разработаны и утверждены государственные стандарты ряда стран на производство и применение композитной арматуры. Государственные стандарты на композитную арматуру приняты КНР, Украиной, РФ и стран СНГ, Италии, Японии и др.

Государственный стандарт Украины ДСТУ-Н Б В.2.6-185:2012 «Руководство по проектированию и производству бетонных конструкций с неметаллической композитной арматурой на основе базальтового и стекловолокна» (принят 01.04.2013, объем 32 стр.) [12].

В стандарте представлены сферы применения, характеристики и расчетные данные композитной арматуры (КА), расчетные данные бетонных конструкций с КА, расчеты элементов с КА при действии продольных, поперечных сил, при кручении и продавливании, расчеты и ограничения образования и раскрытия трещин, прогибов. Конструктивные требования к КА, сеткам, способов их соединения.



**Таблица 3.** Прочностные характеристики композитных арматурных сеток проведены в таблице 3 [4]

Прочность сетки на растяжение, кН/м	Шаг ячейки сетки, мм						
	Ф5 мм АКС	6АКС	7АКС	8АКС	10АКС	12АКС	
50	200*200						
100	200*200						
200			150*150	200*200	300*300		
300				150*150	200*200	300*300	
400					150*150	200*200	
500							150*150

Правила конструирования бетонных элементов с КА: балок, сплошных и безбалковых плит, колонн, стен. Правила изготовления бетонных конструкций с КА, входной контроль качества, способы вязки продольных и поперечных каркасов арматуры.

ГОСТ 31938-2012 «Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций» (введен в действие в качестве национального стандарта РФ 01.01.2014, объем 33 стр.) [ 13 ]. В ГОСТе представлены: основные положения, методы и аппаратура контроля прочностных характеристик КА на растяжение, сжатие, срез, прочности сцепления КА с бетоном, предельную температуру эксплуатации.

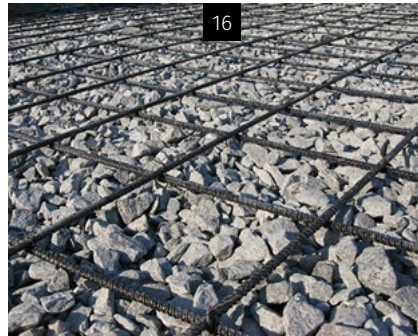
ГОСТ 31938-2012 также принят Межгосударственной

научно-технической комиссией по стандартизации, техническому нормированию и оценке соответствия в строительстве рядом стран: Азербайджаном, Арменией, Беларусью, Киргизией, Молдовой, Таджикистаном, Узбекистаном. Проводятся работы по подготовке и принятию стандартов стан ЕС и США [9].

**Применение композитной арматуры:** строительство, сейсмостойкое строительство (армирование фундаментов, свай, колонн, армирование бетонных изделий, сейсмических поясов), гидротехническое строительство (армирование плотин, дамб, русла каналов), дорожное строительство (армирование бетонных дорог, дорожных плит, лотков, опор и перекрытий мостов) [10].



**Фото 15, 16.**  
Применение АКБ при строительстве дорог с бетонным покрытием



**Фото 17.**  
Армирование пролетов моста АКБ

**Фото 18.**  
Применение АКБ — монолитное строительство зданий в сейсмоактивном районе



## Применение



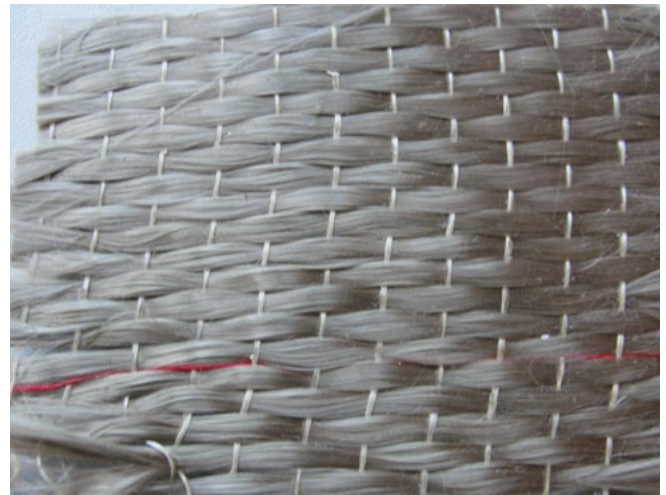
**Фото 19.** АКБ — полые анкеры для крепления тоннелей



**Фото 20.** Композитный трос на основе ровингов БНВ для вантовых мостов



**Фото 21.** Бандажные ленты БНВ



**Фото 22.** Армирующая однонаправленная ровинговая ткань БНВ

При строительстве жилых зданий композитная арматура, в отличие от стальной, не экранирует помещения здания от магнитного поля Земли, что положительно сказывается на самочувствии и здоровье жителей дома.

### Специальные виды композитной арматуры: полая, тросы, плоская, профили

Полая арматура, анкеры из полой арматуры (фото 19). Применение полой арматуры больших диаметров позволяет обеспечить требуемую прочность и жесткость арматуры при минимуме расхода материалов и снизить стоимость композитной арматуры.

Анкеры из полой арматуры. Применение — строительство тоннелей, горных выработок шахт.

Анкеры устанавливаются в пробуренные шурфы горных выработок, в отверстие анкера вводится цементно-песчаная смесь, которая затвердевает и анкеры вмуровываются в горную выработку туннеля, шахты. К анкерам крепятся композитная арматура и армирующие сетки.

Композитные тросы. Вантовые тросы на основе БНВ (фото 20) превосходят по своим характеристикам

стальные. Применение вантовых тросов в мостостроении позволяет повысить прочность и несущую способность мостов.

Плоская арматура на основе конструктивных лент и однонаправленных ровинговых тканей.

Плоская арматура обеспечивает повышение прочности и сейсмической стойкости зданий, сооружений, препятствует образованию и развитию трещин. Плоская композитная арматура применяется для обрамления и усиления зданий и сооружений (заменяет металлоконструкции), дополнительного армирования и усиления панелей перекрытий, пролетов мостов. Пропитанными связующим тканями лентами и однонаправленными конструктивными тканями БНВ (препрегами) в натяг бандажируют здания. Затем препреги полимеризуются и образуют плоскую арматуру — арматурный бандаж здания, сооружения.

### Классификация композитной арматуры

Производство композитной арматуры перспективное направление, для создания которого нужны незначительные финансовые вложения (от 100 – 200 тысяч USD) для приобретения нескольких пултру-



зионных линий, оборудования смешивания и подготовки связующего, лабораторное оборудование для контроля прочности ровингов и производимой арматуры. Производства композитной арматуры возни­кают десятками — сотнями во многих странах мира. Поскольку арматура — это ответственный элемент в строительных конструкциях, нужна классификация и нормативная документация на ее применение и производство с контролем характеристик и качества композитной арматуры в странах производителях.

Типы композитной арматуры, области и специфика их применения, нормы контроля характеристик и качества производимой арматуры и армирующих материалов должны подлежать сертификации, лучше международной, как это принято для производства и применения стальной арматуры.

Предлагается рабочий вариант классификации композитной арматуры (таблица 4).

Арматура композитная (АК). Composite Reinforcement (CR).

По волокнам арматуры: на основе базальтовых непрерывных волокон — АКБ; стекловолокна — АКС; углеродных волокон АКУ; химических волокон (арамидных и др.) АКХ.

По основе арматуры. На основе цельнотянутого прутка круглого сечения; на основе жгута ровингов, ленты, ткани.

По профилю арматуры и ее покрытию: выступающий арматурный профиль, вдавленный профиль, покрытие поверхности крупным песком, или отсевом

базальта, комбинированный профиль с песчаным покрытием.

Специальные виды композитной арматуры: полая арматура; плоская арматуры на основе однонаправленных ровинговых тканей, лент, армирующие профили.

По степени горючести: арматура на основе горючих связующих (эпоксидных и полиэфирных смол), трудногорючая арматура с добавлением в связующие антипиренов, негорючая композитная арматура на основе негорючих (неорганических) связующих.

После наименования арматуры указать на основе цельнотянутого прутка с рельефным арматурным профилем (а), с вдавленным профилем (в), с покрытием песчаным (п) или отсевом базальта (б). Указать степень горючести: горючая (г), трудногорючая (тг), негорючая (нг).

Примеры. 8АКБ а (тг) — диаметр прутка Ф 8 мм, арматура композитная на основе базальтовых непрерывных волокон, с рельефным арматурным профилем (а), трудногорючая.

АКБ Т1200 (тг) — арматура композитная, базальтовые волокна, плоская на основе ткани, шириной 1200 мм, трудногорючая.

АКБ Л 50 (нг) — арматура композитная, базальтовые волокна, плоская ленточная, ширина ленты 50 мм, негорючая.

Предложенный рабочий вариант классификацию нужно согласовать с профильными НИИ, производителями и потребителями композитной арматуры.

**Таблица 4.** Классификация композитной арматуры

По форме сечения арматуры	По основе Материал основы	Профиль и покрытие поверхности арматуры	По степени горючести и температуре применения
Арматура круглого сечения (классическая)			
Арматура круглого сечения, диаметр (мм).	На основе цельнотянутого прутка ровингов БНВ	С навивкой арматурного профиля ровингом — (а).	Трудногорючая с антипиренами до 400°С (тг).
Арматура круглого сечения, диаметр, (мм).	На основе жгутов ровинга БНВ	С вдавленным профилем (в).	Негорючая на основе негорючих связующих, до 600°С (нг).
Арматура круглая полая, диаметры Ф, ф (мм)	—	—	—
Арматура сложного сечения — профильная. Арматура плоская.			
Профили Т, П, двутавр, квадрат и др. сечений) с указанием размеров (мм).	Ровинг базальтовый (Б), стекловолокно (С), углеродное волокно (У), химволокна (Х).	С покрытием песком, или отсевом базальтов (п), (б).	Горючая на температуры применения до 280°С (г).
Арматура плоская с указанием ширины.	Ровинг базальтовый (Б), стекловолокно (С), углеволокно (У).	Без покрытия, или с покрытием песком (п), отсевом базальта (б).	Негорючая (нг), или трудногорючая (нг)
Арматура плоская тканевая АКБ Т 600	На основе базальтовых тканей,	Однонаправленных ровинговых тканей, ширина ткани (мм).	—
Арматура плоская ленточная АКБ Л 50	На основе базальтовых лент	С указанием ширины ленты (мм).	—

## Недостатки композитной арматуры

1. Основой композитной арматуры являются негорючие базальтовые и стеклянные волокна. Однако применение эпоксидных и полиэфирных органических связующих делает арматуру горючей. Такую арматуру можно применять в основаниях фундаментов, сваях, дорогах, дамбах и плотинах, под защитой слоя бетона и других местах, где нет воздействия открытого пламени.

Устраняют этот недостаток применением антипиренов — добавок в связующие, которые делают связующие и композитную арматуру трудногорючей.

Применением негорючих неорганических связующих делают арматуру полностью негорючей и огнестойкой. Неорганические связующие имеют щелочную реакцию. Поэтому производить негорючую и огнестойкую композитную арматуру возможно только на основе БНВ.

Работы по созданию негорючей и огнестойкой базальтовой арматуры проводились ранее и в настоящее время, разработаны несколько видов неорганических связующих. Применение неорганических связующих позволяет производить АКБ на температуры 600°С, что на 200°С выше предельных температур применения стальной арматуры.

2. Композитную арматуру нельзя гнуть по месту, как стальную арматуру. Этот недостаток устраняется: ее профилированием и гибкой при ее изготовлении; вязкой прутков арматуры, а также применением препрегов — пропитанных связующим жгутов ровинга, узких лент, шнуров, которые по месту применения укладываются, вяжутся и затем полимеризируются.

### Преимущества АКБ

АКБ имеет высокие прочностные характеристики, коррозионную и химическую стойкость, весовые показатели, долговечность эксплуатации и электроизоляционные свойства.

Заказчики композитной арматуры БНВ — заводы железобетонных конструкций, производители бетона, строительные компании, дорожностроительные компании, мостостроители, строители гидротехнических сооружений и плотин. **КМ**

## Выводы

Армирующие материалы востребованы на мировом рынке. Применение армирующих материалов БНВ достаточно эффективно для армирования бетонов и асфальтобетонов, бетонных и строительных конструкций. Спрос на экспорт армирующих материалов БНВ будет расти по мере принятия нормативной документации на их применение в странах мира, роста цен на энергоносители и стальную арматуру. Это потребует создания новых крупных заводов БНВ и армирующих материалов.

Информация для создания заводов БНВ, армирующих и композитных материалов представлена «Базальтовые непрерывные волокна (БНВ) характеристики и преимущества. Сырье, технологии и оборудование. Создание заводов БНВ и материалов БНВ», Композитный мир, №2, 2022 г., стр. 18 – 27.

## Список использованных источников

1. Сборник статей «Волокнистые материалы из базальтов Украины». Киев. «Техніка» 1971.
2. В.Н. Деревянко д.т.н., проф. и др. Стойкость базальтового волокна в различных средах.
3. Оснос С.П. «Основные характеристики базальтовых волокон и области их применения». Композитный мир, 2005 г.
4. Заключение по результатам испытаний прочности на растяжение при изгибе бетона армированного базальтовой фиброй производства ТОВ «Технобазальт». НПП «Будконструкція» Ю.А.Климов. Киев. 2009 г.
5. СП 297.1325800.2017 «Конструкции фибробетонные с неметаллической фиброй. Правила проектирования».
6. Экспертное заключение о возможности применения базальтовой фибры для дисперсного армирования цементобетона и асфальтобетона. ГосдорНИИ. 2009 г.
7. Методические рекомендации по технологии армирования асфальтобетонных покрытий добавками базальтовых волокон (фиброй) при строительстве и ремонте автомобильных дорог. Росавтодор. 2002 г.
8. Арматура неметаллическая композитная периодического профиля. ТУ 5769 – 248 – 35354501 – 2007. Разработано НИИ Бетона и Железобетона. Москва, РФ.
9. Технические рекомендации по применению неметаллической композитной арматуры периодического профиля в бетонных конструкциях. НИИ Бетона и Железобетона. Москва, 2004 г.
10. Экспертное заключение о возможности использования арматуры композитной базальтопластиковой АБП для армирования бетонных изделий. ГосдорНИИ Украины. 2009 г.
11. Physical, Mechanical, and Durability Characteristics of Basalt FRP (BFRP) Bars Preliminary Test Results, Canada, Universite De Sherbrooke, April, 2010.
12. ДСТУ – Н Б В.2.6-185:2012 Настанова з проектування та виготовлення бетонних конструкцій з неметалевою композитною арматурою на основі базальто- і склоровингу.
13. ГОСТ 31938 – 2012 Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций.
14. Негматуллаев С.Х., академик. НИИ Сейсмологии и сейсмостойкого строительства. Оснос С.П., д.т.н. «Basalt Fiber Materials TD». Применение материалов на основе базальтовых волокон в строительстве и сейсмостойком строительстве. Результаты исследований, заключения и опыт применения материалов БНВ в строительстве». СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ОБОРУДОВАНИЕ, ТЕХНОЛОГИИ XXI ВЕКА №5- 6, 2015.
15. Негматуллаев С.Х., академик. НИИ Сейсмологии и сейсмостойкого строительства, Оснос С.П., д.т.н., «Basalt Fiber Materials Technology Development», Степанова В.Ф., д.т.н., НИИ Бетона и Железобетона «Арматура базальтопластиковая характеристики, производство, применение» Технологии бетонов №3-4 2016 г. с. 50 – 57



# Ближайшие отраслевые мероприятия

15 ноября 2022	Конференция «Полиэфирные и эпоксидные смолы 2022»	<a href="http://creon-conferences.com">creon-conferences.com</a>
18 ноября 2022	VI Всероссийская научно-техническая конференция «Полимерные композиционные материалы и производственные технологии нового поколения» (ВИАМ)	<a href="http://conf.viam.ru/conf/367">conf.viam.ru/conf/367</a>
18 ноября 2022	Ключевые тренды в новых материалах: Наука и технологии. Международный композитный форум	<a href="http://forum.emtc.ru">forum.emtc.ru</a>
Март 2023	Форум Композиты без границ	<a href="http://compositesforum.ru">compositesforum.ru</a>
28–30 марта 2023	15 международная выставка «Композит-Экспо 2023»	<a href="http://www.composite-expo.ru">www.composite-expo.ru</a>
25–27 апреля 2023	JEC World 2023	<a href="http://www.jeccomposites.com">www.jeccomposites.com</a>

## V МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ

### КЛЮЧЕВЫЕ ТРЕНДЫ В КОМПОЗИТАХ: НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ

11.2022

МГТУ им. Баумана  
и онлайн







# КОМПОЗИТ-ЭКСПО

Пятнадцатая международная специализированная выставка

## 28 - 30 марта 2023

Россия, Москва,  
ЦВК «Экспоцентр», павильон 1



### Основные разделы выставки:

- Сырье для производства композитных материалов, компоненты: смолы, добавки, термопластики, углеродное волокно и т.д.
- Наполнители и модификаторы
- Стеклопластик, углепластик, графитопластик, базальтопластик, базальтовые волокна, древесно-полимерный композит (ДПК) и т.д.
- Полуфабрикаты (препреги)
- Промышленные (готовые) изделия из композитных материалов
- Технологии производства композитных материалов со специальными и заданными свойствами
- Оборудование и технологическая оснастка для производства композитных материалов
- Инструмент для обработки композитных материалов
- Измерительное и испытательное оборудование
- Сертификация, технический регламент
- Компьютерное моделирование
- Утилизация

Специальный раздел:  
**КЛЕИ И ГЕРМЕТИКИ**



выставка  
участник  
системы



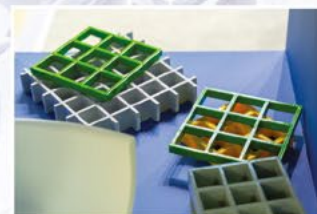
независимый  
выставочный  
аудит

Параллельно проводится выставка:



## ПОЛИУРЕТАНЭКС

Четырнадцатая международная специализированная выставка  
[www.polyurethanex.ru](http://www.polyurethanex.ru)



### Информационная поддержка:



### Дирекция:

Выставочная Компания «Мир-Экспо»  
115230, Россия, Москва, Хлебозаводский проезд,  
дом 7, строение 10, офис 507 | Тел.: 8 495 988-1620  
E-mail: [info@composite-expo.ru](mailto:info@composite-expo.ru) | Сайт: [www.composite-expo.ru](http://www.composite-expo.ru)



[youtube.com/user/compoexporussia](https://www.youtube.com/user/compoexporussia)



[@compoexporus](https://twitter.com/compoexporus)



[@compo](https://t.me/compo)

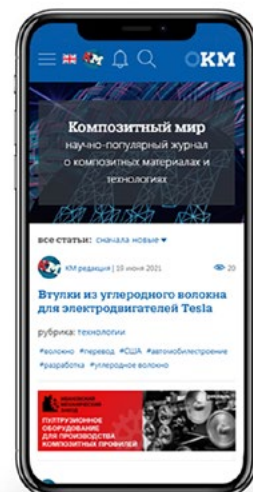
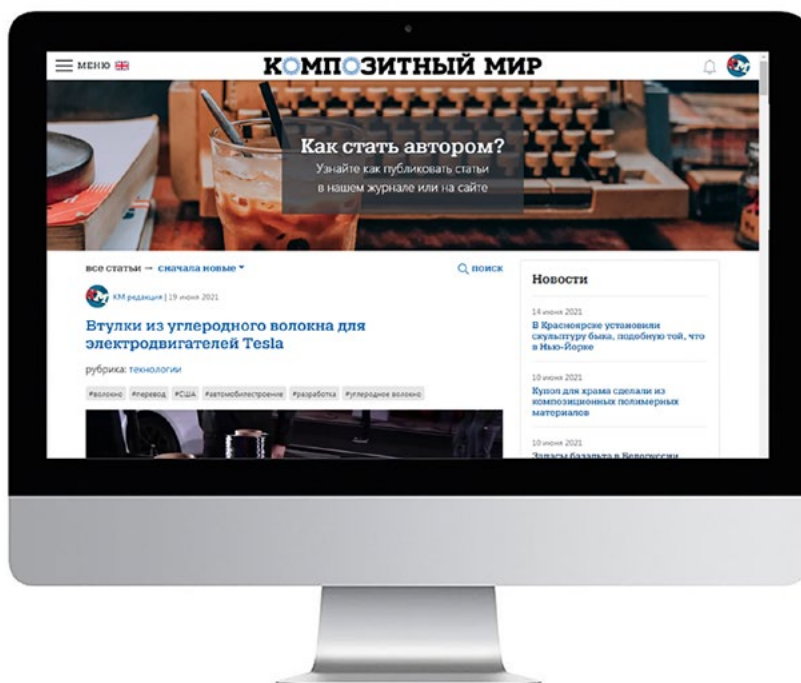
### Организатор:



Мир-Экспо  
Выставочная компания







**[www.compositeworld.ru](http://www.compositeworld.ru)**



Портал о композитных материалах, их проектировании, производстве и применении





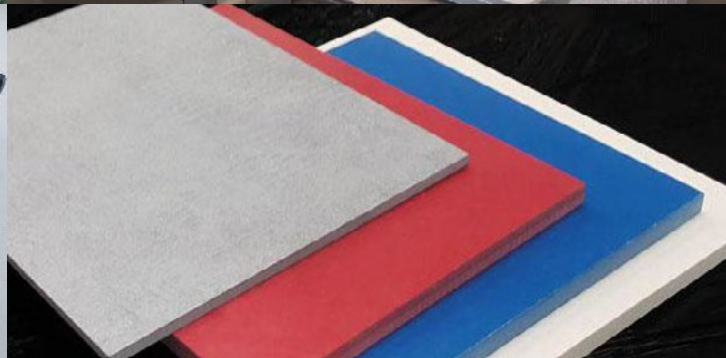
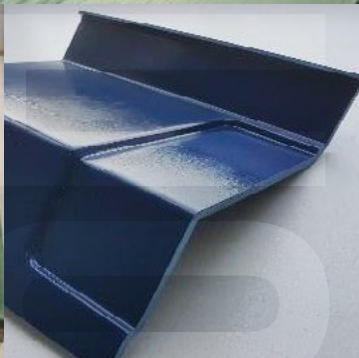
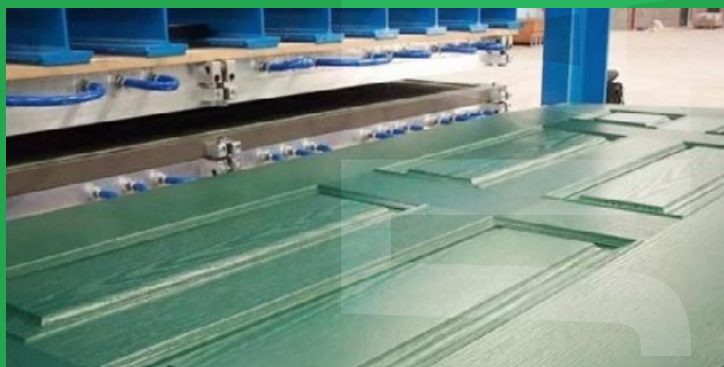
# ДЮРОПЛАСТИК™

**Дюропластик** — единственный российский стеклопластик, соответствующий стандартам GPO3, UPGM 203 и UPGC 203. Производится в Санкт-Петербурге по запатентованной технологии ТУ 22.21.42-010-96763961-2018

Заменит по свойствам зарубежные материалы: Durostone®, Durapol®, Delmat® и Haysaite®

Превосходит по характеристикам стеклопластики: СТЭФ, СТЭБ, Лавсановый гетинакс, Фибра, АЦЭИД

Дешевле импортных и многих российских аналогов



## Характеристики

- Высокая дугостойкость и трекинговая стойкость
- Диапазон рабочих температур от  $-65$  до  $155^{\circ}\text{C}$
- Устойчив к воздействию слабых щелочей и кислот, масел, растворителей
- Высокие электроизоляционные свойства
- Не содержит опасных веществ — галогенов или формальдегидов
- Обладает низким влагопоглощением
- Не склонен к обледенению
- Устойчив к плесени и грибку, не гниет, не подвержен коррозии
- Не требует покраски защитными лаками и эмалями

## Сферы применения

- Применяется для электроизоляции
- Как конструкционный и отделочный материал
- В электроаппаратуре

## Форм-фактор поставки

- Листы:  $1000 \times 1000$ ,  $1220 \times 2440$  и  $1500 \times 2500$  мм, толщина листов от 3 мм до 50 мм, стандартные цвета: белый, красный, возможны индивидуальный размер и окраска
- Формованные изделия: максимальные габариты  $5000 \times 2500 \times 1500$  мм, толщина стенки от 3 до 50 мм
- Комплектующие изготовленные механообработкой: Неограниченные возможности по изготовлению деталей



Тел: +7 (812) 327 90 27  
E-mail: [izolit@rosizolit.ru](mailto:izolit@rosizolit.ru)  
[rosizolit.ru/duroplastic.ru](http://rosizolit.ru/duroplastic.ru)





# ИТЕКМА

# КС22



## КЛЕЙ-СПРЕЙ ДЛЯ ВРЕМЕННОЙ ФИКСАЦИИ

-  Предназначен для временной фиксации армирующих наполнителей и вспомогательных материалов
-  Для изготовления изделий из ПКМ методами вакуумной инфузии, RTM
-  Не оставляет следов на поверхности изделий
-  Не ухудшает механические свойства армированного пластика
-  Совместим со всеми видами эпоксидных смол
-  Не снижает пропитывающую способность преформ

ТУ 20.52.10-001-59846689-2022



## Теперь полностью сделан для Вас в России.

ООО «ИТЕКМА» поставляет высококачественные российские композиционные материалы для самых требовательных отраслей. Мы делаем ставку на максимальное использование российских компонентов с целью удовлетворять самым высоким требованиям по надежности поставок.

