

# КОМПОЗИТНЫЙ МИР

ISSN 2222-5439

**#3** (104)  
2023



## ГК ЕТС – КРУПНЕЙШИЙ ПОСТАВЩИК ХИМИЧЕСКОГО СЫРЬЯ В РОССИИ И СТРАНАХ СНГ

Всегда в наличии матричные материалы.  
Сырье для бассейнов и пултрузионных изделий,  
включая внутренний разделитель

Техническая экспертиза, помощь в разработке  
рецептур и внедрении новых решений  
на производстве.

+7 (812) 389 55 55

**№ 20**  
в рейтинге ICIS  
для Европы

[www.utsrus.com](http://www.utsrus.com)



ТЕХНОЛОГИЯ  
ДЕЙСТВИЯ

# СОБСТВЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО

ПОЛИЭФИРНЫЕ СМОЛЫ

ГЕЛЬКОУТЫ

ПОЛУПОСТОЯННЫЕ  
РАЗДЕЛИТЕЛИ

ОБОРУДОВАНИЕ МВП



Поливоск П  
Серия полупостоянных  
разделительных составов

Поливоск П-РС-23  
Разделительный состав

Партия	000281
Дата производства	29.08.2023
Тара	банка
Нетто	2 кг
Гарантийный срок хранения	12 месяцев

### ВАЖНО

- Температура хранения не выше +25°C.
- Хранить в закрытом сухом помещении.
- Не допускать попадания солнечных лучей и влаги.



Полимер



Полимергель



Поливоск



Полипигмент



Полиактив



Полиадгезив



Оборудование МВП

ГЕЛЬКОУТЕРЫ  
ЧОППЕРЫ  
ИНЖЕКЦИОННЫЕ УСТАНОВКИ  
ЗАПАСНЫЕ ЧАСТИ

г. Нижний Новгород,  
ул. Нефтегазовская, 1А  
тел.: +7 (831) 243-10-00  
факс: +7 (831) 243-23-03

polymerprom-nn.ru  
polymerprom@polymerprom-nn.ru



### Дорогие друзья!

Мы рады приветствовать Вас на страницах нашего журнала!

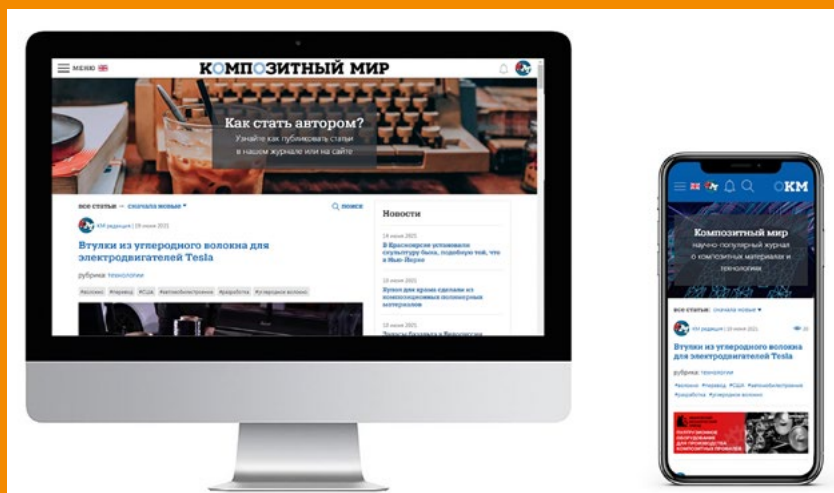
Одним из самых ярких и масштабных событий уходящей осени стал Форум АТМЕХРО. За три дня АТМЕХРО площадку посетило более 1000 участников. 140 спикеров выступили на различных сессиях, панельных дискуссиях, питч-сессиях и Техностендапе. Более 60 экспонентов продемонстрировали свои разработки в области новых материалов и технологий.

Открывая форум модератор пленарного заседания Анатолий Гайданский — первый заместитель генерального директора, ПАО «Яковлев» ОАК, генеральный директор «АэроКомпозит» отметил: «Создание новой высокотехнологичной продукции предполагает применение современных материалов с заданными свойствами, которые позволяют производить продукты с принципиально новыми характеристиками, и решать ранее недоступные для промышленности технические задачи. Таким образом, технологии новых материалов, по сути, становятся одним из главных компонентов конкурентоспособности традиционных и новых отраслей». Однако, создание новых материалов и разработка современных технологий невозможны без высокклассных специалистов, обладающих глубокими междисциплинарными знаниями и имеющих широкий научный кругозор.

2023 год объявлен годом педагога и наставника. Символично, что именно в этом году я официально стала преподавателем кафедры наноструктурных, волокнистых и композиционных материалов им. А.И. Меоса Санкт-Петербургского университета промышленных технологий и дизайна. Я закончила эту кафедру в 2002 году и спустя 20 лет вернулась, чтобы делиться своими знаниями и опытом с будущими специалистами композитной отрасли.

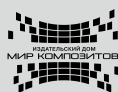
### Читайте с пользой!

С уважением, Ольга Gladunova



Не забудьте  
посетить наш сайт  
[compositeworld.ru](http://compositeworld.ru)





Научно-популярный журнал  
**Композитный мир**  
#3 (104) 2023

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  
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 сотрудничества:**  
info@kompomir.ru

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

Номер подписан в печать 20.11.2023

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

**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



## Событие

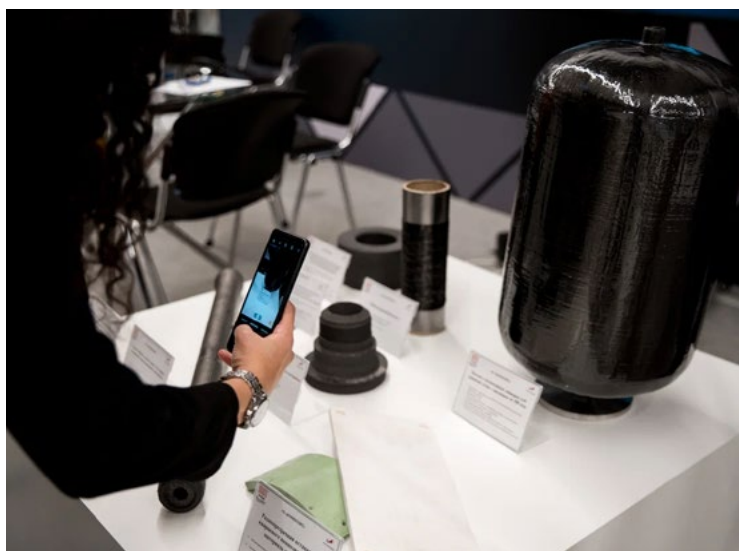
На волнах инноваций и передовых технологий «Композиты без границ».....	8
Твое полное погружение в океан науки.....	12
AMTEXPO 2023. Как повысить конкурентоспособность российской промышленности.....	14

## Интервью

С композитами стреляют точно в цель.....	18
--	----

## Материалы

Защитно-транспортная пленка для полимерных композиционных материалов.....	22
НИЦ «СПМ» — научно-технологический центр в области полимерного материаловедения.....	24





## Технологии

О температуре формования полимерных композитов..... 28

Полиэфирные смолы из ПЭТФ бутылок. Миф или реальность?..... 32

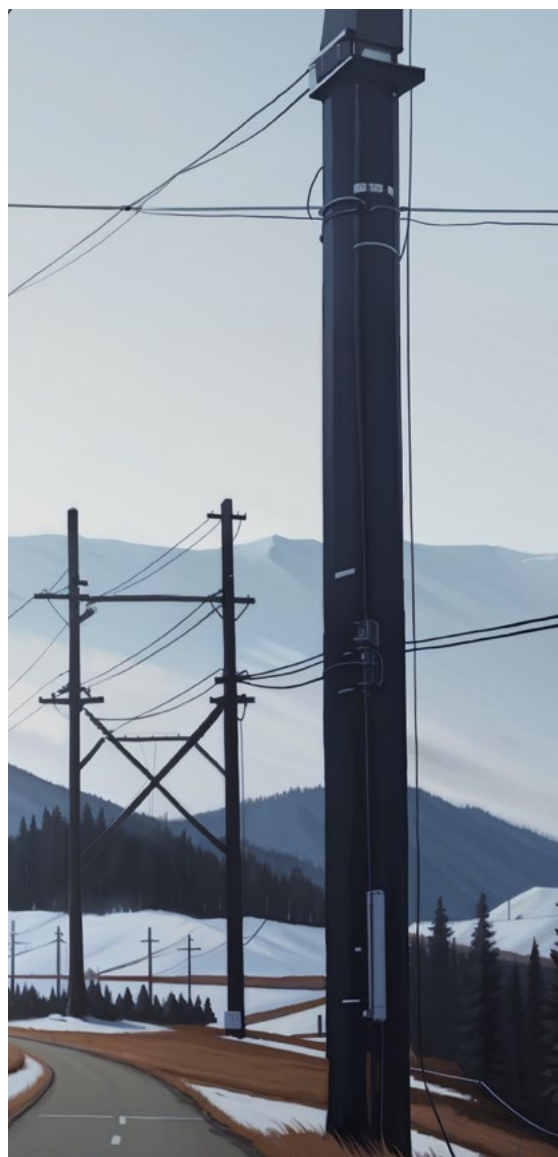
## Применение

Нано частицы и гипер эффект..... 34

Композитные фундаментные решения для опор ..... 40

Проектный анализ прогулочных судов из композиционных материалов коммерческого назначения..... 46

Отраслевые мероприятия 2024..... 54





Этого вы не найдете в журнале!  
Но вы можете прочитать эти материалы  
на сайте [compositeworld.ru](https://compositeworld.ru)



### **Инновации в системах теплоснабжения**

Татнефть-Пресскомполит заменила в Альметьевске трубопроводы горячей воды и отопления на современные — композитные. В рамках благоустройства проложено более 4,2 км композитных трубопроводов. В этом году предприятие Татнефть-Пресскомполит получило сертификат соответствия композитных труб требованиям ГОСТ Р 55068-2012 «Трубы и детали трубопроводов из композитных материалов на основе эпоксидных связующих, армированных стекло- и базальтоволокнами».



### **Серийное производство маломестных самолетов**

Кизлярский электромеханический завод планирует начать серийное производство многоцелевого четырехместного самолета МАИ-411 «Альфа-КМ» в 2024 году. При разработке и производстве самолета МАИ-411 «Альфа-КМ» полностью используются отечественные компоненты и технологии. В процессе производства применяются композитные материалы. С мая 2021 года на предприятии запущен цех по производству композитных материалов для использования в авиации.



### **В Ленобласти появится производство эпоксидной смолы**

Компания «Аттика» построит новый завод по выпуску эпоксидных смол в Тосненском районе Ленинградской области. Инвестиционное соглашение заключено на площадке Балтийского регионального инвестиционного форума BRIEF'23 между властями Ленинградской области и компанией «Аттика». Проектом предусмотрено строительство завода в два этапа: 1-ая очередь – производство жидких эпоксидных смол с запуском в ноябре 2024 года, 2-ая очередь – производство порошковых эпоксидных смол с запуском в октябре 2025 года. Мощность производства составит 18 тыс. тонн в год.



### **СНСЗ рассматривает варианты расширения в Крыму**

Средне-Невский судостроительный завод изучает возможность расширения своих площадок в Крыму. У компании там есть два дочерних предприятия: «Море» и «Судокомпозит». «Это хорошие площадки для того, чтобы в них вкладываться», — заявил Владимир Середохо.



### **Как предотвратить поломки стеклопластиковых труб**

Стеклопластиковые трубы прокладывают при устройстве канализации и водопровода, в пожаротушении, при перевозке воды. Каждый непредвиденный удар или вибрация, даже небольшой интенсивности и продолжительности, сокращает время эксплуатации композитов. Ученые ПНИПУ описали процессы накопления повреждений и разрушения стеклопластиковых труб при многоосных статических и циклических нагрузках.



## Робот для выкладки сухой углеродной ленты

Ульяновский «АэроКомпозит» и Южно-Российский государственный политехнический университет им. Н.И. Платова готовы к заключению соглашения о поставке автоматизированного портала для выкладки сухой углеродной ленты для изготовления панелей крыла самолёта МС-21. Анатолий Гайданский отметил, что основные характеристики, скорость и качество выкладки полностью устраивает предприятие.



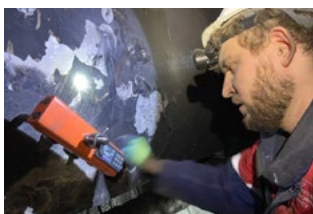
## Научная рота

В соответствии с решением Президента РФ в Вооруженных силах Российской Федерации создаются научные роты, которые комплектуются военнослужащими, проходящими военную службу по призыву и имеющими высшее образование по профилю научной роты. Возможность прохождения будущей срочной военной службы без отрыва от научно-исследовательской деятельности.



## Слой за слоем

С каждым годом аддитивные технологии становятся все популярнее. В 2023 году 3D-печать востребована не только в промышленности, но и в строительстве, медицине и даже искусстве. Игорь Безукладников, доцент кафедры автоматизации и телемеханики ПНИПУ, технический директор компании F2 innovations, рассказал про главные тренды отрасли, самый большой гранульный 3D-принтер России, строительство домов за несколько дней и печать съедобного десерта.



## От масштабных испытаний к инновациям

Представьте — землетрясение, изнуряющий зной и лютый холод — и все это в одном месте. Нет, это не съемочная площадка фильма про апокалипсис, это Научно-исследовательский институт экспериментальной механики или НИИ ЭМ НИУ МГСУ. Ученые НИИ ЭМ исследуют свойства материалов в различных условиях — для этого проводят статические и динамические испытания конструкций и их элементов, в том числе и крупноразмерных. Инновации в системах теплоснабжения.

ЗАКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «МАШТЕСТ»



# ЗАО НПП «МАШТЕСТ»

✦ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ✦ ИЗГОТОВЛЕНИЕ ✦ ИСПЫТАНИЯ  
✦ РАСЧЕТЫ ✦ ОСВИДЕТЕЛЬСТВОВАНИЕ

**30 лет**  
**на рынке!**  
**с 1992 года**

## БАЛЛОНЫ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

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

и стальные штампованные емкостью до 180 литров на рабочее давление 65 кгс/см<sup>2</sup>

**ДЛЯ МОДУЛЕЙ ГАЗОВОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ**  
Емкость от 20 до 180 л  
Рабочее давление 65 кгс/см<sup>2</sup>



**ДЛЯ САМОСПАСАТЕЛЕЙ**

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



**ДЛЯ ДЫХАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ПОЖАРНЫХ И ВОДОЛАЗОВ**

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



**ДЛЯ ВОЗДУХОХРАНИТЕЛЕЙ, РЕСИВЕРОВ АЗОТА, ВОДОРОДА**

Емкость до 100 л  
Рабочее давление до 700 кгс/см<sup>2</sup>



**Всего изготовлено и реализовано свыше 300 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) 511-84-11, (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).



**Наталья Сергеевна Лукичева**  
**Ольга Игоревна Гладунова**  
 СПбГУПТД, кафедра НВКМ им. А.И. Меоса

# На волнах инноваций и передовых технологий



В Образовательном центре «Сириус» 24 июля 2023 года завершилась 8-ая проектная сессия «Большие вызовы». В рамках которой преподавали кафедры наноструктурных, волокнистых и композиционных материалов (НВКМ) им. А. И. Меоса Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна (СПбГУПТД) совместно с Объединённой судостроительной корпорацией (ОСК) и при поддержке компании «ХимСнаб Композит» реализовали проект, посвященный разработке трехслойных конструкций из полимерных композитов для замены металлических в судовых элементах и деталях.



Одной из часто встречающихся в судостроении проблем является коррозия металлических конструкций, вследствие которой снижается их долговечность. Страдают даже те элементы, которые непосредственно не контактируют с водной средой, например обычные двери и люки судов. А тренд на повышение энергоэффективности, снижение расхода топлива обуславливает замену металлов не только на коррозионностойкие, но и более легкие материалы. На помощь в решении данной проблемы приходят полимерные композиты, которые помимо хороших прочностных характеристик и лёгкости, обладают высокой коррозионной стойкостью и гидрофобностью. Полимерные композиционные материалы (ПКМ) — многокомпонентные материалы, состоящие из полимерной основы (матрицы), армированной дисперсными (порошки, гранулы и т.д.) или непрерывными наполнителями (ровинги, ткани, нетканые материалы и т.д.). Путем подбора состава и свойств наполнителя и матрицы, их соотношения, ориентации наполнителя можно получить материалы с требуемым сочетанием эксплуатационных и технологических характеристик. В настоящее время в судостроении уже применяются так называемые сэндвич-композиты, то есть материалы, имеющие снаружи упрочненные облицовочные слои из стекло- и углепластиков, а внутри пористый или ячеистый наполнитель. В частности, плиты из вспененного поливинилхлорида (ПВХ), причем зачастую импортного производства. А учитывая политику импортозамещения, актуальна работа по формированию внутреннего вспененного слоя из имеющегося отечественного сырья.

В течение 24 дней команда из пяти школьниц из Москвы, Рыбинска, Смоленска, и Череповца под руководством наставников из Санкт-Петербурга трудилась над решением задачи.

В рамках работы была проанализирована возможность применения в качестве наполнителя материала, наполненного полыми стеклянными микросферами (ПСМ), — синтактного композита. Синтактные композиты на основе ПСМ и эпоксидной матрицы не только легкие, но и прочные (прочность на сжатие у пенопластов на основе ПВХ 0,2–12 МПа, у синтактных на основе ПСМ — 25–95 МПа). Синтактные композиты изготавливались с помощью технологии литья. Были изготовлены образцы с различным массовым содержанием наполнителя: от 10 до 30 %. Установлено, что с увеличением количества наполнителя снижается плотность образцов (например, плотность образца с 10 % (масс.) составляет 0,918 г/см<sup>3</sup>, а у образца с 30 % (масс.) ПСМ — 0,601 г/см<sup>3</sup>). Образцы с 15% (масс.) ПСМ и более обладают выраженной плавучестью. Все разработанные синтактные композиты гидрофобны, массовая доля поглощенной влаги составляет менее 1% (после одного дня нахождения образца в воде) и не изменяется с течением времени. Наполнитель из ПСМ и эпоксидной смолы изготавливали в двух формах: сплошной — для последующего формования прямых элементов из композитов и дискретный (в виде отдельных блоков) — для выкладки на поверхность, обладающую кривизной.

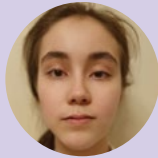


Было апробировано использование разработанных образцов при создании трехслойных сэндвич-композитов с внешними силовыми слоями из стекло- и углепластика с помощью технологий ручного формования и вакуумной инфузии, и получены образцы данных материалов с плотностью 0,83–0,99 г/см<sup>3</sup>, что обуславливало их плавучесть и легкость. Стоит также отметить, что коэффициент теплопроводности полученных сэндвичей (0,185–0,200 Вт/м·К) значительно ниже, чем у используемых традиционных металлических материалов (17,0–200,0 Вт/м·К). Что также положительно сказывается на энергоэффективности судовых конструкций, позволяя экономней расходовать энергоресурсы.

В конце проектной смены участницы команды представили и технико-экономическое обоснование выбора материала для реализации проекта. Так, себестоимость изготовления 1 м<sup>2</sup> сэндвич-материала с синтактным наполнителем и несущими слоями из стеклопластика составила чуть больше 6 000 рублей, что дешевле, чем лист судовой стали.



### Участницы проекта по композитам на «Больших вызовах 2023»



**Гаязова Алина**  
Школа № 1505, Москва

«Самое главное, что дал мне проект — опыт. Для меня, как и для многих других подростков, выбор направления, с которым будет связана будущая профессиональная деятельность, довольно трудный. Такие проекты, как тот, который мы делали в «Сириусе», помогают разобраться в том, чего ты хочешь».



**Фомичева Валентина**  
Средняя общеобразовательная школа № 17,  
Череповец, Вологодская обл.

«До проекта в «Сириусе» о композитных материалах я знала совсем немного и не задумывалась об актуальности их использования и производства. Поэтому в течение работы над проектом стало интересно погружаться в такую обширную тему, узнавать об экономических проблемах, связанных с полимерными композитами в целом, и о том, как они значительно могут изменить привычное судостроение в частности. Было интересно сравнивать использование металла и полимерных композитов в судостроении, а участие в создании образцов помогло почувствовать тонкости производства. Мне понравился проект тем, что я узнала предметную область, в которую в других условиях не погрузилась бы».



**Вачина Дарина**  
МОУ СОШ №29, Рыбинск, Ярославская обл.

«Очень понравилось участвовать в проекте. Давно мечтала узнать побольше о полимерах и поработать с ними. Работая над этим проектом, я поняла, что мне интересна тема композитных материалов, и я хотела бы продолжить её изучение».



**Скородина Майя**  
Школа № 1532, Москва

«В процессе работы мы с командой не просто создали свой материал, но и углубились в теоретическую часть, что помогло понять взаимосвязь строения композитов и свойств компонентов его образующих, а также разобраться в причинах появления заданных характеристик в материале. Для меня удивительно, но полученные знания уже находят свое применение в моей учебной жизни».



**Бобарыкина Варвара**  
Печерская средняя школа,  
Печерск, Смоленская обл.

«Мне очень понравилось работать над проектом, каждый день был разным, а опыты интересными (я никогда не забуду вакуумную инфузию). Наша команда действительно сдружилась за время работы над проектом, а наши научные руководители — это отдельная любовь. Я очень благодарна Наталье Сергеевне и Ольге Игоревне не только за сделанный вместе с нами проект, но и за поддержку, за любовь к своему делу и за крылатые фразы, которыми теперь пользуется вся наша команда. Это был незабываемый опыт, спасибо «Большим вызовам», ОЦ «Сириус» и, конечно же, нашим научным руководителям».

### Руководители проекта по композитам на «Больших вызовах 2023»



**Наталья Лукичева**



**Ольга Гладунова**

Санкт-Петербургский государственный  
университет промышленных технологий  
и дизайна, Санкт-Петербург



23 июля состоялась успешная защита проекта, а 24 июля девочки приняли участие со стендом в «Параде проектов», представив свои результаты всем участникам «Больших вызовов 2023».

Хочется отметить, что это был наш первый опыт проектной работы со школьниками. И, судя по отзывам и участниц, и экспертов, и организаторов мы с достоинством с ней справились. Мы знаем, что талантливые, увлеченные своим делом, проявляющие живой интерес к разработке новых материалов ребята собираются не только в Сириусе, они есть по всей стране. Очень надеемся, что многие из них свяжут свою будущую деятельность с полимерами и композитам, совершат много открытий и реализуют множество полезных и нужных проектов. За ними будущее отрасли!

Мы благодарим участниц проекта: Алину, Валентину, Варвару, Дарину и Майю за любознательность и целеустремленность, успехов вам в выборе профессии, новых побед и свершений!

Отдельное спасибо Объединённой судостроительной корпорации за постановку задачи и поддержку проекта; компании «ХимСнаб Композит» и лично Оксане Григораш — за безвозмездно предоставленные сырьевые материалы; сотрудникам лаборатории «Технологии композитов» Президентского лицея «Сириус» и особенно Евгению — за возможность работы на оборудовании лаборатории и механическую доработку изделий, методисту и куратору направления «Новые материалы» Анастасии Тереховой и Анне Заякиной — за организацию и координацию всех этапов работы проекта! Без вас у нас ничего не получилось бы!



*А мы начинаем прием заявок на тематику проекта в 2024 году. Если у Вашей компании есть проблемы или, наоборот, идеи, связанные с технологией композитов, над которыми было бы интересно поработать вместе со школьниками, — пишите главному редактору журнала «Композитный мир» Ольге Gladunova по email: [o.gladunova@kompomir.ru](mailto:o.gladunova@kompomir.ru)*

*Также мы приглашаем партнеров и спонсоров для реализации будущих проектов! Давайте растие специалистов композитной отрасли вместе! **КМ***



# Твое полное погружение в океан науки

Событие



Под таким слоганом в этом году прошел Всероссийский фестиваль НАУКА 0+ в Санкт-Петербургском университете промышленных технологий и дизайна.

В год, официально объявленный годом педагога и наставника, кафедра Наноструктурных, волоконистых и композиционных материалов (НВКМ) им. А.И. Меоса Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна (СПбГУПТД) возобновила традицию работы со школьниками.

Так, в октябре 2023 года сотрудники кафедры НВКМ в рамках фестиваля «Наука 0+» приняли маленьких гостей.

27 и 28 октября преподаватели и студенты кафедры НВКМ провели с детьми младшего школьного возраста интерактив с химическими опытами, а ребята старше 12 лет смогли погрузиться в науку о композитах. В рамках программы дети смогли изучить свойства воды, проверить её электропроводность, узнать какая вода проводит электричество, а какая — нет; получить медь путём электролиза. Ребята проверили сколько кислорода в воздухе, а также смогли путём реакций сделать настоящую химическую радуго. В конце интерактива все дружно подожгли железо и растворили алюминий.

По-соседству, старшеклассники узнали, что такое полимерные композиты, где они используются и из чего состоят, и своими руками изготовили изделия методом ручной выкладки, заливки в форму и вакуумной инфузии.

Работа кафедры со старшеклассниками продолжится в течение всего учебного года. В рамках нее будет проведен не только целый ряд мастер-классов «Знакомство с композитами» для учеников из разных школ, но и особенно заинтересовавшиеся ребята смогут в лабораториях кафедры поработать над своим проектом.

Приглашаем учащихся старших классов школ, а также средне-специальных учебных заведений к участию в мероприятиях кафедры и совместной работе над научными проектами! **KM**



Узнать о жизни кафедры, а также оставить заявку на посещение лаборатории кафедры НВКМ можно на страничке «ВКонтакте»



# Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

## Институт прикладной химии и экологии

Кафедра наноструктурных, волокнистых  
и композиционных материалов (НВКМ)  
имени А. И. Меоса



Кафедра НВКМ приглашает выпускников средних школ, гимназий, лицеев, профессионально-технических училищ, колледжей на обучение с профилированием студентов в следующих областях знаний:

### Направление «Химическая технология»

**Бакалавры:** профиль подготовки «Наноинженерия, композиты и биоматериалы»

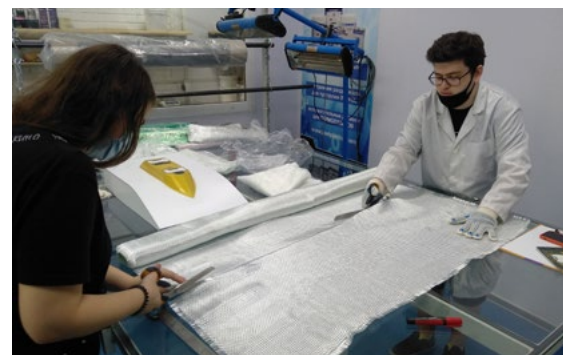
**Магистры:** профиль подготовки «Технологии получения полимерных композиционных и нанокomпозиционных материалов»

Студенты кафедры изучают:

- нанотехнологии и полимерные нанокomпозиты;
- химические волокна, в том числе углеродные, и материалы на их основе;
- полимерные композиционные материалы и технологии их получения;
- полимеры и биоматериалы в медицине;
- полимерные материалы в экологии;
- современные инструментальные методы исследования полимеров, волокон и композиционных материалов

На кафедре НВКМ осуществляется также подготовка в аспирантуре кадров высшей квалификации по направлению «Химическая технология», профиль подготовки: «Технология и переработка полимеров и композитов»

Студенты и аспиранты кафедры ежегодно участвуют в различных международных и всероссийских конференциях, проходят стажировки и практику на предприятиях отрасли.



**Получи востребованную  
профессию химика-технолога!**

191186, Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 18, ауд. 212  
тел./факс: +7 (812) 315-06-92  
тел.: +7 (812) 315-02-56  
e-mail: thvikm@yandex.ru

# АМТЕХРО 2023

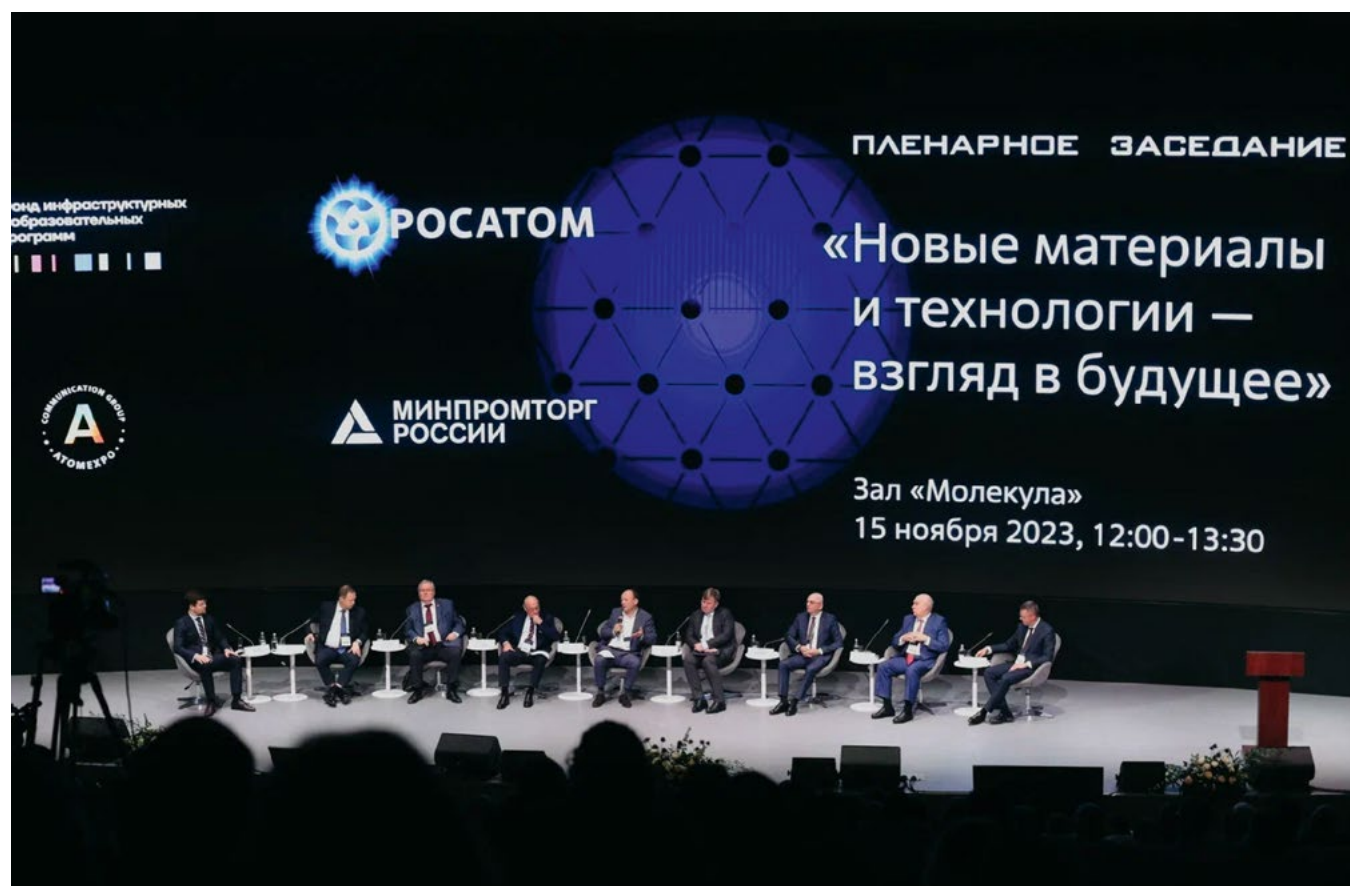
## Как повысить конкурентоспособность российской промышленности

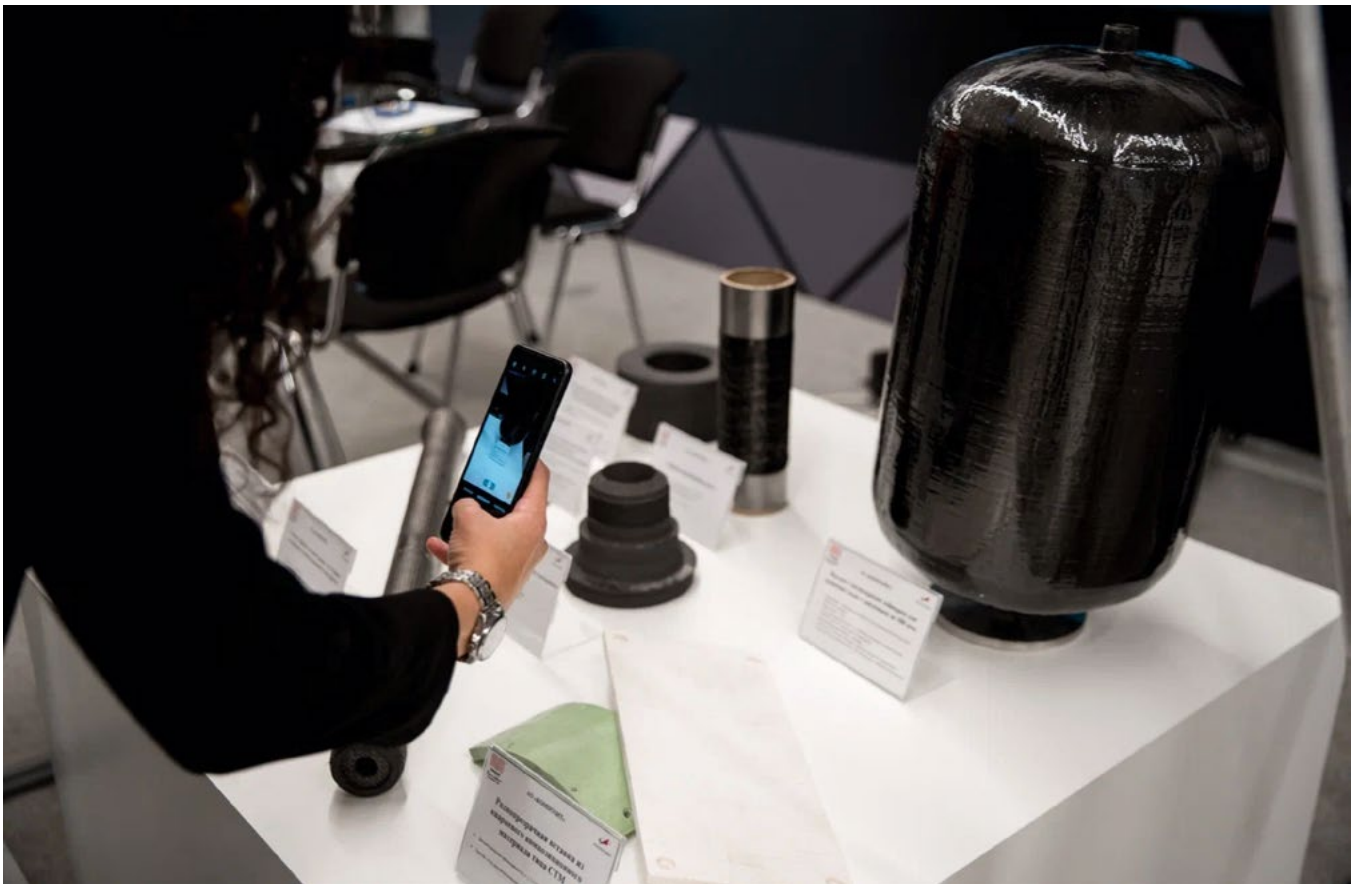
АМТЕХРО (Advanced Materials And Technologies — новые материалы и технологии) — первый форум-выставка новых материалов и технологий состоялся 15-17 ноября 2023 г в Москве в Кластере «Ломоносов».

Открывая пленарное заседание «Новые материалы и технологии — взгляд в будущее» модератор Анатолий Гайданский, первый заместитель генерального директора, ПАО «Яковлев» ОАК, генеральный директор «АэроКомпозит» заявил о важности развития направления новых материалов и технологий для повышения конкурентоспособности традиционных и новых отраслей промышленности. Так, применение прочных и легких композитных материалов позволило создать крыло пассажирского самолета МС-21 с уникальными аэродинамическими характеристиками, недостижимыми для металлического крыла.

Владислав Демидов, заместитель директора департамента металлургии и материалов Минпромторга России Федерации отметил, что определение вектора развития наиболее высокотехнологичных отраслей промышленности, где применяются новые материалы и технологии, имеет огромное значение для формирования технологического суверенитета страны.

Андрей Шевченко, директор по технологическому развитию Росатома считает, что стремительное развитие новых технологий «невозможно эффективно и быстро реализовать без создания и внедрения





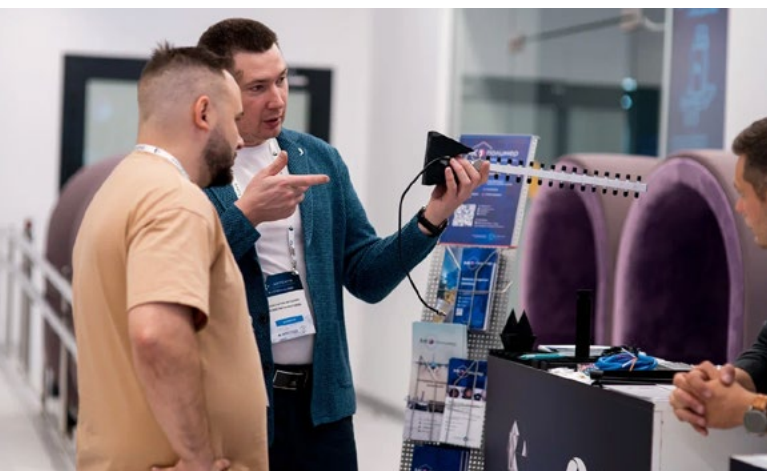
«сверх»-материалов, сверхлегких, сверхтвердых и тому подобных, материалов с «эффектом памяти» и программируемыми свойствами, а также развития компонентной базы на их основе».

Лучшие проекты в области новых материалов и технологий были отмечены на церемонии вручения наград премии AMTEXPO AWARDS. Фирменные кубки победителя получили: ООО «Научно-Производственное Предприятие «Инжент» в номинации «Научные разработки в области новых материалов и технологий» за лазерные технологии обработки материалов излучением мощного полупроводникового лазера, ООО «ИТЕКМА» в номинация «Импортозамещение в области новых материалов и технологий» за конструкционный авиационный клей АТ-44К, ООО ПКБ «Антей» в номинации «Уникальные проекты в области новых материалов и технологий» за электрическую маневровую тяговую машину. Всего на конкурс поступило 27 заявок от 20 российских компаний.

В рамках деловой программы форума состоялось 16 панельных дискуссий, где обсуждались основные материалы и направления дорожной карты «Технологии новых материалов и веществ»: композиты, полимеры, аддитивные технологии, редкие и редкоземельные материалы, цифровое материаловедение, а также внедрение новых материалов в промышленность: авиастроение, транспорт, строительство, медицину, энергетику.

На выставке в рамках стенда Минпромторга России была представлена уникальная экспозиция натуральных образцов, изготовленных с применением новых материалов и технологий в разных отраслях про-





мышленности: элементы механизации композитного крыла лайнера МС-21, компоненты двигателя, изготовленные посредством аддитивного производства, велосипед с карбоновой рамой, композитные ткани с 3D плетением, карбоновые компоненты автомобиля, полимерные трубы для ЖКХ и нефтедобычи, легкие полимерные бетоны, элементы отделки вагона, дрон SkyStream Wing для работы в условиях Арктики, мотоцикл «Аурус» с облегченным корпусом из композитов, образец ветролопасты из композитов и многие другие экспонаты и образцы инновационного оборудования, разработанного в России.

На стенде генерального партнера «АМТЕХРО 2023» Госкорпорации «Росатом» были презентованы натурные образцы, в создании которых использовались цифровые разработки. В их числе импланты, образцы лазерной наплавки композит-металлов, негорючие композитные материалы, лопасть для беспилотников из композитов, инсталляция с многостенными углеродными нанотрубками и композитными материалами с их добавлением, инсталляция с реинжиниргом плитки горячего тракта ГТУ, образец углеродного волокна, полученного с помощью машинного обучения, а также сами цифровые продукты: цифровая платформа «Технологии, материалы и конструкции» для подбора аналогов импортонезависимого оборудования и материала по требуемым характеристикам, программный модуль предсказания свойств полимеров, компьютерное материаловедение многокомпонентных наноструктурных эластомерных материалов для экстремальных условий эксплуатации.





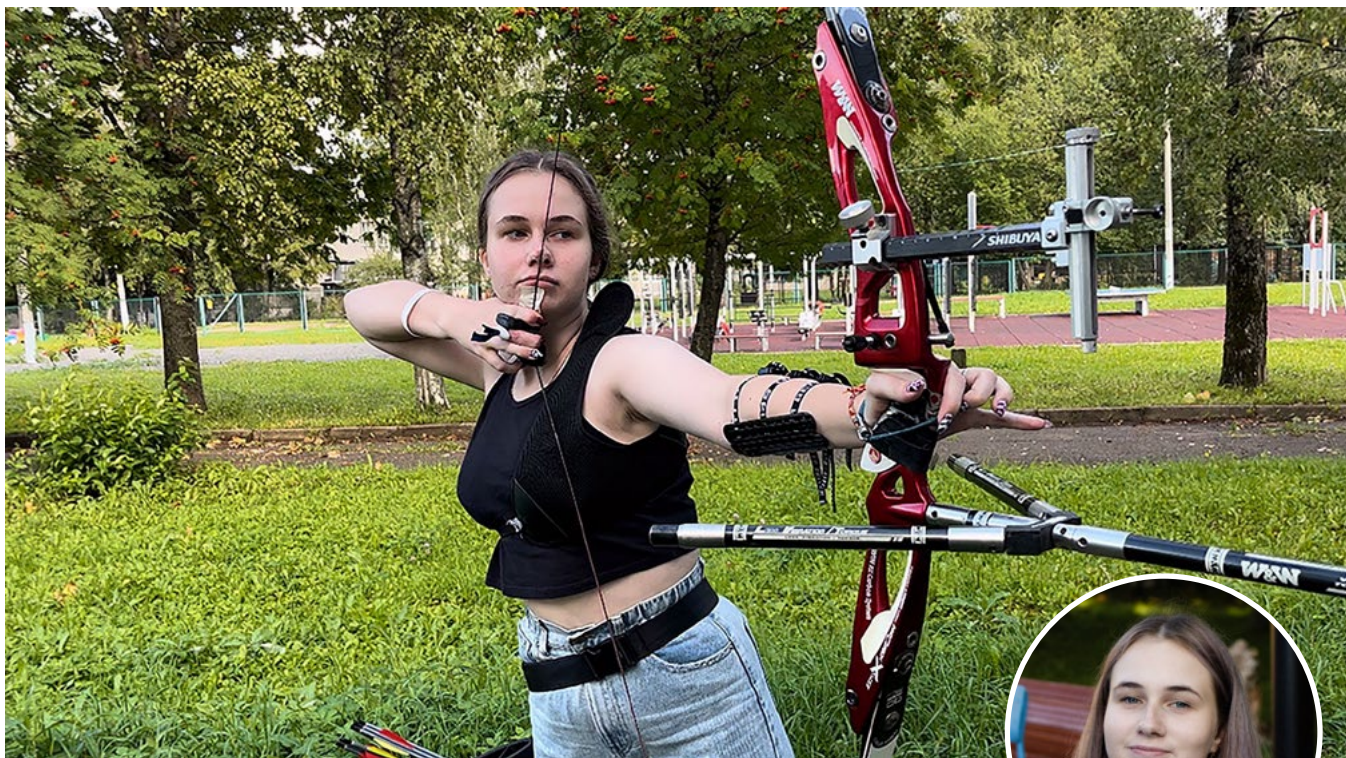
Повышенное внимание посетителей привлек мастер-класс по формированию крышки багажника из композитов методом вакуумной инфузии, который длился по просьбе участников вместо отведенных 1,5 — целых 4 часа.

Выставку и мероприятия деловой программы посетили более 1000 человек. По отзывам участников «AMTEXPO 2023» стало перспективной площадкой для информационного обмена между представителями органов федеральной исполнительной власти, отраслевых ассоциаций, научно-образовательных организаций и российских высокотехнологичных промышленных предприятий, выпускающих современные материалы, готовую продукцию и оборудование. Интерес к AMTEXPO проявили также потенциальные потребители из различных отраслей промышленности: авиастроения, строительной индустрии, транспортного машиностроения, энергетики, нефтегазового комплекса, радиоэлектроники и т.д.

Участники отметили высокий уровень дискуссий, проведенных в рамках деловой программы, и то, что организаторам форума удалось собрать в одном месте целевую аудиторию, состоящую из экспертов, специалистов и ученых в области новых материалов и технологий.

Заказчик «AMTEXPO 2023» — Министерство промышленности и торговли Российской Федерации. Оператор — компания «АТОМЭКСПО», генеральным партнером выступила Госкорпорация «Росатом». Партнер деловой программы Фонд инфраструктурных и образовательных программ (ФИОП). **КМ**





## С композитами стреляют точно в цель

Образовательный центр «Сириус» вот уже восемь лет собирает на программе «Большие вызовы» самых талантливых школьников со всей страны. А талантливый человек талантлив во всём. Они не только призёры и победители предметных олимпиад, многие профессионально увлечены спортом или творчеством.

Знакомьтесь — Варвара Бобарыкина — ученица Печерской средней школы (Смоленская область), отличница, увлекается математикой и физикой, окончила музыкальную школу, а ещё она кандидат в мастера спорта по стрельбе из лука. Именно о последнем её увлечении сотрудники редакции журнала «Композитный мир» побеседовали с ней в перерывах между работой над проектом по разработке трехслойных конструкций из полимерных композитов.

*Варя, расскажи, как ты стала заниматься стрельбой из лука?*

История не самая интересная, на самом деле: моя старшая сестра выбрала этот вид спорта для себя, стала успешной спортсменкой, а потом и я пошла по ее стопам. Сначала я хотела походить месяца, попробовать, но затянуло так, что я уже 5 лет профессионально стреляю и являюсь капитаном женской сборной команды Смоленской области.

*Придя на проект по композитам, ты совсем не знала что это за материалы? Или имела о них представление, ведь лук у тебя углепластиковый?*

Я знала только название, наверное. Что лук на самом деле углепластиковый я даже не догадывалась, называла его «карбоновым» и не задумывалась о том, что подразумевается под этим самым карбоном.

*Из каких еще материалов изготавливают луки?*

Луки, а, точнее, рукоятки, изготавливают из огромного количества разных материалов, здесь выбор огромен: от дерева до композитов. Существуют деревянные рукоятки, но они уже давно не используются из-за их тяжести и недолговечности. Пластиковые луки также не пользуются особой популярностью у спортсменов. Также используются различные металлы: сверхлегкий алюминий, облегченная сталь и подобное. Сейчас существует достаточно популярная американская марка луков Hoyt, их как раз и изготавливают из облегченного алюминия. Я, как спортсмен, отдаю свой голос за использование композитов. Мой лук корейского производства компании Win&Win до сих пор считается одним из самых лучших в мире. Он легкий и прочный, способен выдерживать колоссальные нагрузки, а из-за особого переплетения волокон сама рукоятка считается практически

## Интервью

неразрушаемой. Также я хочу отметить, что и плечи моего лука выполнены из углепластика. Это так же важно, так как свойства углепластика позволяют сделать определенные части лука более гибкими.

*А ты знала, в каких видах спорта еще используются композиты? И почему спортсмены выбирают полимерные композиты?*

Вообще на этой смене полимерные композитные материалы меня так увлекли, что я решила это выяснить. Оказалось практически везде. Да, и я познакомилась на проектной смене с ребятами из юношеской хоккейной команды России, и также задала им вопросы про материалы для их спортивного инвентаря.

В хоккее, как и в стрельбе из лука, многое подбирается индивидуально для спортсмена: масса клюшки, ее длина, даже длина крюка. Материалы для производства клюшек также различны: дерево, пластмасса, алюминий, композиционные материалы, например, углепластик. Именно его чаще всего и выбирают. Он легкий и прочный, достаточно гибкий (хоть в клюшках параметр гибкости зависит еще и от ее длины). Профессиональные спортсмены, как, например, опрошенный мной капитан юниорской сборной России по хоккею Даниил Скворцов, вообще выбирают заказные клюшки с нужными для них характеристиками.

Я думаю, что спортсмены выбирают композиты, порой даже не осознавая этого, потому что нет других альтернатив. На данный момент лучший спортивный инвентарь сделан в большинстве своем именно из углепластика.

*Я знаю, что и тетива в луках не простая. И у тебя даже проект был, связанный с анализом и выбором волокон для тетивы. Расскажи из чего её делают, и что ты в своём проекте исследовала?*

Традиционные материалы для тетивы включают лён, пеньку, другие растительные волокна, сухожилия, шёлк и сыромятную кожу. В непредвиденных ситуациях может использоваться почти любое волокно. Природные волокна необычны для современного лука, но всё ещё эффективно применяются в традиционных луках из древесины.

Современные тетивы выполняются из стального троса или же из высокопрочных синтетических нитей («Дакрон», «Кевлар», «Лавсан», «Фастфлайт»)\*, ко-

\* «Дакрон» — торговое название синтетического полиэфирного волокна, выпускаемого компанией DuPont.

«Кевлар» — параарамидное волокно (из полипарафенилентерефталата), выпускаемое компанией DuPont.

«Лавсан» — синтетическое полиэфирное волокно (из полиэтилентерефталата), разработанное в лаборатории ацетатных волокон Сибирского отделения Академии наук.

«Фастфлайт» — тетива из смесей полиамидных и полиуретановых нитей. Более дорогие аналоги изготавливаются из сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ)





Стрельба из лука является олимпийским видом спорта.

Олимпийский дебют этого вида спорта состоялся в 1900 году в Париже

торые усиливаются специальной обмоткой в местах повышенного износа. Каждый из этих материалов обладает своими уникальными свойствами. К примеру, тетива из синтетических нити имеет более легкий вес, а тетива из металлического троса может немного растягиваться.

Моя тетива изготовлена на заказ, из смеси нитей: «Лавсана», «Фастфлайта» и «Кевлара», которого в ней совсем немного. Именно эти материалы в своей совокупности обеспечивают максимально комфортные условия для стрельбы.

В своем проекте я исследовала физические свойства тетивы: вычисляла зависимости силы упругости от натяжения тетивы, жесткость тетивы, скорость отрыва стрелы от тетивы, а также максимально возможную дальность полета стрелы.

*Интересно, и к кому выводу ты пришла?*

Что нет универсального «рецепта» тетивы. Всё зависит от стрелка, его предпочтений и техники.

*А стрелы у лучников тоже композитные?*

Да, углепластик в олимпийской стрельбе из лука используется не только в рукоятках и плечах, но и при производстве стрел. Вообще стелы могут быть из платины или алюминия, последние намного дешевле. Но углекомпозитные распространены больше всего.

*Почему же многие спортсмены выбирают именно углепластиковые стрелы вместо платиновых или алюминиевых?*

Пусть и другие виды стрел популярны, абсолютным фаворитом для стрельбы на длинные дистанции являются композитные. Во время выстрела на стрелу действует огромное количество разных сил, главная из которых — сила воздействия тетивы на хвостовик стрелы. Если совершить выстрел с помощью обычной платиновой стрелы, то ее хвостовик начнет движение по окружности, из-за чего итоговая точка выстрела может сбиться. Это не критично для коротких дистанций: 18 и 30 метров, но для 50, 70, 90 метров это будет крахом, так как радиус выброса может составить более 70 сантиметров на мишени. С углепластиковыми стрелами подобного не происходит.



Мы с моими коллегами проводили исследование на скорость выравнивания траектории «карбоновой» стрелой. Благодаря ее гибкости, не более чем через 40 метров полета стрела возвращается на изначальную траекторию.

Также я хочу отметить, что сама выбрала именно углекомпозитные рукоятку и плечи, благодаря их легкости. Мне намного удобнее стрелять с помощью легкого оружия. Конкретно для моей стрельбы углепластик помогает показывать лучший результат, а стрелы имеют лучшие аэродинамические свойства. **КМ**

**Варвара, огромное спасибо за твой рассказ.**

**Желаем тебе успехов и в учебе и в спорте. Новых побед и открытий!**

*Беседу вела Наталья Лукичева*

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)



Автоклавы для композитов и РТИ Sinomac



Оборудование для механической обработки  
пластиков Thermwood (США)



Гидравлические прессы для композитов  
Langzauner (Австрия)



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!

# Защитно-транспортировочная пленка для полимерных композиционных материалов

cp-vm.ru



При изготовлении сложных изделий из полимерных композиционных материалов, существует большое количество технологических операций и процессов, проводимых с отформованными деталями, среди которых механическая обработка, сборка, нанесение системы лакокрасочных покрытий. Проведение данных операций осуществляется на различных

участках, а иногда и на различных производственных площадках, поэтому существует задача защиты поверхностей деталей как в процессе транспортировки и хранения, так и при проведении различных технологических операций. Для ее решения применяются специальные защитные и маскировочные пленки, обеспечивающие надежную защиту поверхностей и отсутствие загрязнения поверхности адгезивом. Различия в условиях проведения технологических процессов, типах и характеристиках защищаемых поверхностей и требованиях к функциональным особенностям защитных пленок требуют тщательного выбора материала.

В связи с уходом с Российского рынка зарубежных поставщиков защитных и маскирующих материалов, возникла потребность замене данных материалов, особенно применяющихся при производстве изделий в аэрокосмической отрасли.

Компания «Композит-Изделия» получила запрос от одного из предприятий авиационной отрасли на изготовление защитного материала — функционального аналога импортного материала Colad Stick&Go Арт.6710025, применяющегося в качестве маскировочного в процессах нанесения системы лакокрасочных покрытий. В ходе совместных работ, компанией ООО «Композит-Изделия» были изготовлены экспериментальные образцы материалов, после нескольких серий испытаний, проведенных заказчиком, был выбран материал с оптимальными характеристиками. Данный материал – ЛипЛент-ПРО ТУ 22.21.42-028-30189225-2022, одобрен к использованию и применяется в технологическом процессе в качестве замены импортного материала, кроме того, налажено его серийное про-

Технические характеристики пленки ЛипЛент-ПРО ТУ 22.21.42-028-30189225-2022

Наименование показателя	Значение
Внешний вид	Полимерная пленка с нанесенным на нее адгезионным слоем, смотанная в рулоны без использования антиадгезионной пленки или бумаги
Тип клея	Каучуковый
Толщина пленки основы, мкм	80
Общая толщина, мкм	95
Ширина, мм	1000
Длина намотки в рулоне, п.м.	50

## Материалы



адгезионным слоем обеспечивающим надежную фиксацию защитной пленки на маскируемой или защищаемой поверхности, пленка легко удаляется с поверхности после использования без загрязнения поверхности детали адгезивом. Данный материал может применяться в качестве маскирующей пленки в процессах нанесения системы лакокрасочных покрытий, в качестве защитно-транспортной пленки на поверхностях деталей при механической обработке, склейке, сборке деталей, при транспортировке и хранении деталей в том числе с нанесенным лакокрасочным покрытием. **КМ**

изводство на территории Российской Федерации. Благодаря проведенной работе, были получены данные и опыт в изготовлении подобных материалов, позволяющий при необходимости разрабатывать материал для решения аналогичных задач в области маскирования и защиты различных поверхностей в различных технологических процессах.

ЛипЛент-ПРО ТУ 22.21.42-028-30189225-2022 представляет из себя полимерную пленку, со специальным



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.

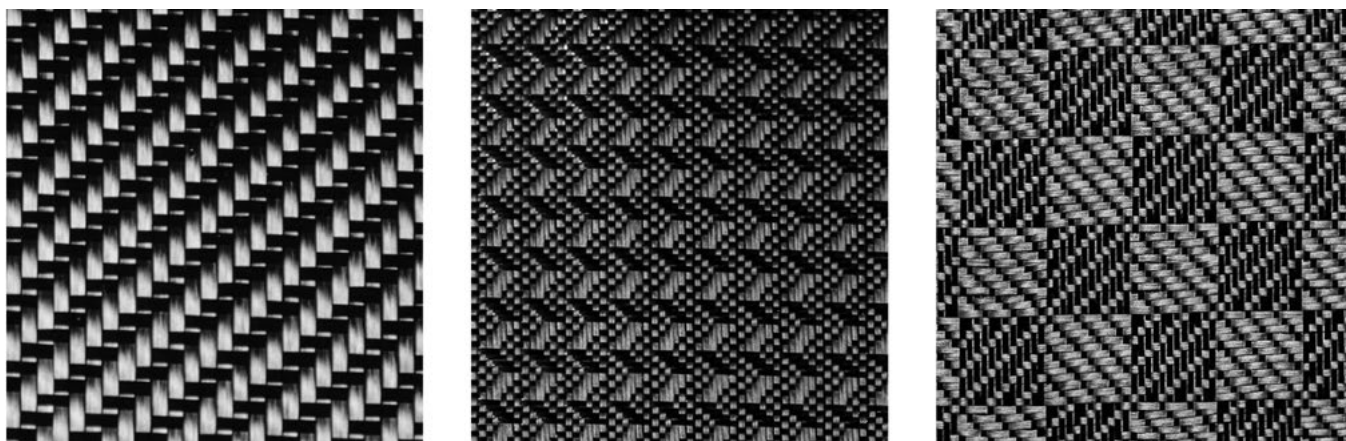
**Мы предлагаем клиентам:**

- 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

Компания ООО «Композит-Изделия» располагается по адресу:  
119435, г. Москва, пер. Б. Саввинский, д. 12, стр. 8  
тел.: +7 (499) 281-66-37, [www.cp-vm.ru](http://www.cp-vm.ru)



# НИЦ «СПМ» — научно-технологический центр в области полимерного материаловедения

ниц-спм.рф

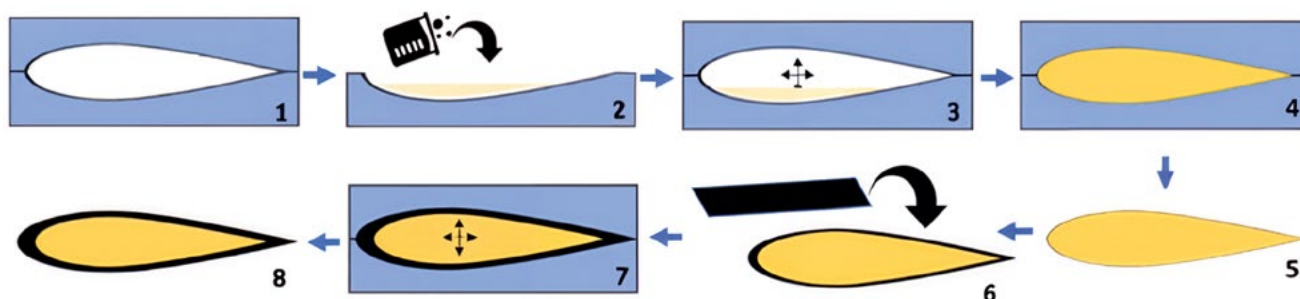
Общество с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский центр «Современные полимерные материалы» (ООО «НИЦ «СПМ») это современное научно-техническое предприятие, ориентированное на разработку инновационной продукции в области полимерных композиционных материалов и материалов со специальными свойствами.

Предприятие основано в 2018 году и располагается на территории АО «Институт пластмасс им Г. С. Петрова». Коллектив компании «НИЦ «СПМ» – это высококвалифицированные специалисты, способные решать сложные химические, материаловедческие и технологические задачи в области полимерного материаловедения.

Основными видами деятельности предприятия являются:

- научные-исследования и разработки в области химии и технологии полимерных материалов, композитов и материалов со специальными свойствами;
- малотоннажное производство полимерных материалов со специальными свойствами;
- научно-технический консалтинг действующих предприятий и производств.

У компании есть опыт решения материаловедческих задач от лабораторных экспериментов до организации промышленного производства. В настоящее время ООО «НИЦ «СПМ» выпускает ряд продуктов.



**Рисунок 1.** Схема и описание технологического применения материала «Синтерм-1732ПН» при получении композитных изделий. В обработанную разделительной смазкой оснастку (1) помещают навеску «Синтерм-1732ПН» исходя из выбранной плотности и объема будущей заготовки (2) (например, для заготовки объемом 1 литр можно использовать от 150 до 300 граммов материала, что соответствует диапазону плотностей от 150 до 300 кг/м<sup>3</sup>). Затем смыкают оснастку и производят нагрев до температур 140–150°С (3), в результате порошковая композиция расширяется и спекается (4), оснастку охлаждают до температуры менее 60°С, и извлекают заготовку (сердцевину) синтактического пеноматериала (5). На заготовку выкладывают препрег (6). Заготовку помещают в оснастку и отверждают в соответствии с рекомендациями на препрег. Заготовка синтактического заполнителя расширяется и дает давление от 1–3 атм. (7) (в зависимости от плотности — чем ниже плотность, тем меньше давление), формируя монолитные стенки изделия из ПКМ. Оснастку размыкают и извлекают готовое изделие (8).





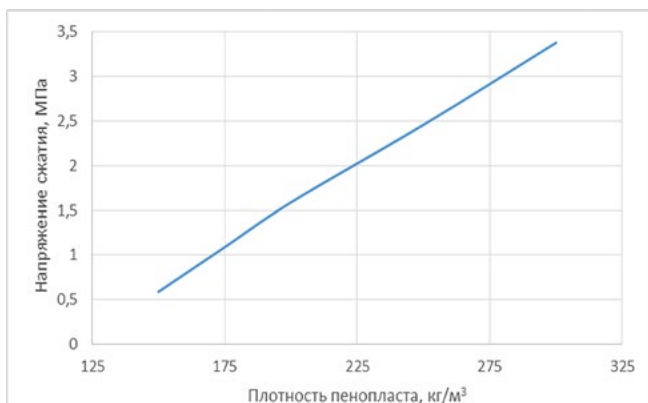
### Синтактный пенопласт «Синтерм»

«Синтерм» предназначен для получения термокомпрессионного синтактического пенопласта, который может быть использован в качестве легкой сердцевины при формовании многослойных композитных изделий из ПКМ (полимерных композиционных материалов) по препреговой технологии без автоклава.

«Синтерм-1732ПН» позволяет получать синтактические пенопласты с плотностью 150–300 кг/м<sup>3</sup>, обладающие термокомпрессионными свойствами: при температурах более 80°С пенопласт начинает расширяться и организует давление в замкнутом объеме.

В основе композиции «Синтерм 1732ПН» экологически безопасный термопластичный полимер, обладающий упругой деформацией, великолепными демпфирующими свойствами, стойкостью к ударным воздействиям, способностью к термосварке и переформовке. Композиция обеспечивает прекрасную адгезию пенопласта к эпоксидным, полиэфирным и фенолформальдегидным связующим благодаря образованию ковалентной химической связи на границе раздела пенопласт-пластик. Порошковый форполимер обладает высокой подвижностью и позволяет изготавливать сердцевины с толщиной стенок более 2 мм.

Сопротивление сжатию пенопласта, полученного из «Синтерм 1732ПН», при 5% деформации в зависимости от плотности:



### Термопластичный баллистический препрег

Препрег на основе арамидной ткани и термопластичного связующего, предназначенный для изготовления композиционной брони для индивидуальных средств защиты (бронежилеты, каски и т.д.), а также панелей бронезащиты наземного и воздушного транспорта.

Основные преимущества материала:

- высокая стойкость к баллистическим воздействиям за счет лучшей способности термопласта к диссипации энергии и крайне малой степени пропитки арамидного волокна;
- возможность переформовки готового изделия или ремонта;
- неограниченный срок годности препрега;
- связующее не требует отверждения (сшивки, полимеризации), таким образом, цикл формования изделия может быть осуществлен за несколько минут;
- возможность термической сварки элементов конструкции.

Выпускается по ТУ 13.96.16-004-28151798-2019.

### Форполимеры для закрытопористых пенополиимидов низкой плотности

Форполимеры марок «СПМ-ФППИ-1» и «СПМ-ФППИ-2» применяются в качестве основного компонента в составе композиций для получения эластичных пенополиимидных теплоизоляционных блоков для изделий криогенной, аэрокосмической и авиационной техники. Форполимер «СПМ-ФППИ-1» позволяет получать пенополиимиды с плотностями 6–15 кг/м<sup>3</sup>, форполимер «СПМ-ФППИ-2» предназначен для изготовления пенопластов с плотностями 20–30 кг/м<sup>3</sup>.

Выпускаются по ТУ 20.59.59-003-28151798-2019.

### Карбоскин

Carboskin (Карбоскин) представляет собой углеродную ткань, пропитанную безопасным полиуретаном (всем известная «искусственная кожа»). Такая



обработка позволяет защитить поверхность хрупкого углеродного волокна от механических повреждений, при этом сохраняется характерная фактура углеродной ткани. Carboskin может использоваться для пошива одежды, рюкзаков, сумок, портмоне, ремней и других аксессуаров.

Сферы применения материала Carboskin чрезвычайно разнообразны — от изготовления декоративных вставок в двери шкафов-купе до обивки автомобильных кресел.

Компания обладает производственными возможностями, позволяющими выпускать более 25 тыс. м<sup>2</sup> материала Carboskin в год.

Максимальная ширина материала зависит от используемой углеродной ткани (обычно 900 или 1000 мм).

Помимо уже выпускаемой продукции, компания работает над разработкой таких актуальных проектов как: высокопрочные эпоксидные клеи холодного отверждения для соединения металлических и неметаллических материалов в конструкциях, модельные плиты (модельный пластик, модельные доски) для создания визуальных макетов, мастер-моделей и оснастки, водорастворимые (вымываемые) оправки, преимуществом которых является возможность получения изделий чрезвычайно сложной формы строго заданных размеров.

ООО «НИЦ «СПМ» реализует проекты как из собственных средств, так и в сотрудничестве с другими компаниями, в различных областях. Если вы хотите опробовать материалы, над которыми работает компания, или требуется сделать материал под ваши требования, обращайтесь! **КМ**





# КОМПОЗИТ-ЭКСПО

Шестнадцатая международная специализированная выставка

## 26 - 28 марта 2024

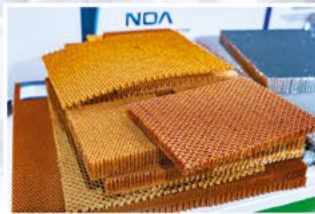
Россия, Москва,  
ЦВК «Экспоцентр», павильоны 1 и 5



### 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



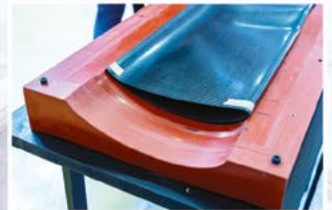
независимый  
выставочный  
аудит

Параллельно проводится выставка:



## ПОЛИУРЕТАНЭКС

Пятнадцатая 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)

### Организатор:

YouTube [youtube.com/user/compoexporussia](https://youtube.com/user/compoexporussia) @compoexporus @ocompo



**Зайцев Дмитрий Викторович**, д. ф.-м.н.  
заведующий каф. Физики ФГБОУ ВО «УГГУ»

**Холодников Юрий Васильевич**, к.т.н.  
директор ООО СКБ «Мысль»



## О температуре формования полимерных композитов

В справочной и нормативно-технической литературе, включая действующие ГОСТы, СНИПы, ТУ и пр., указывается «комфортная» температура формования изделий из полимерных композиционных материалов в пределах 18–23°С [1,2]. Для такой температуры подбирается состав и дозировка систем отверждения и определяется время желатинизации и отверждения полимера «холодного» отверждения. В конечном

ед. Шора

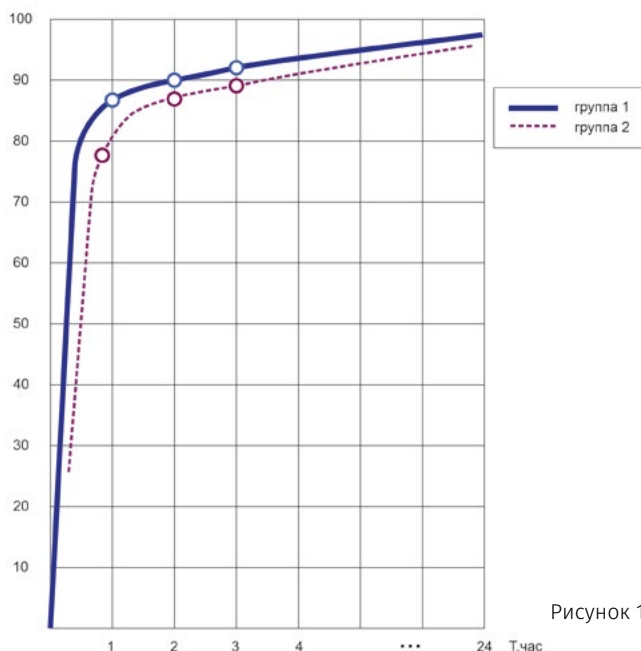


Рисунок 1

итоге, соблюдение регламента подготовки ламината и проведения работ по изготовлению композита определяет эксплуатационные свойства готового изделия.

Сказанное выше — безусловная истина и не подлежит сомнению, но, как всегда, в практической работе есть определенные нюансы, которые приходится учитывать в реальных условиях проведения работ. Если работа по изготовлению композита проводится в цеховых условиях, когда возможно долговременно обеспечить указанный температурный режим, безопасный режим проветривания, требуемую освещенность рабочего места и другие санитарно-гигиенические условия проведения работ, то вопросов не возникает и работа проходит в штатном режиме. Часто при проведении работ на открытой площадке, обеспечить долговременный оптимальный рабочий режим невозможно. Температура окружающего воздуха существенно меняется в течение дня и в зависимости от сезона, возможно безветрие, повышенная влажность и др., что может служить формальным предлогом для приостановки работ по формованию композита. Подобная ситуация часто возникает при проведении футеровочных работ способом «мокрого» ламинирования на технологическом оборудовании и строительных конструкциях промышленных предприятий.

Для оценки влияния пониженной температуры окружающего воздуха на эксплуатационные свойства футеровочного покрытия в ООО СКБ «Мысль» были проведены исследования образцов по следующим параметрам:



Рисунок 2

- твердость ламината (ГОСТ 24621-2015), изготовленного из предускоренной (тиксотропной) полиэфирной смолы на основе дициклопентадиена — «ДЕПОЛ С-180 ПТ» и эмульсионного стекломата плотностью 450 г/м<sup>2</sup> при температуре окружающего воздуха + 22°С (далее — образцы группы №1) и +8°С (далее — образцы группы №2) [3];
- водопоглощение (ГОСТ 4650-2014) образцов ламината №1 и №2 [4];
- испытания на статический изгиб (ГОСТ 4648-2014), указанных выше образцов ламината [5];
- испытание на растяжение (ГОСТ 11262-2014), образцов ламината, изготовленных при разной температуре [6].

Результаты исследований приведены ниже.

Твердость образцов по шкале Шора проверялась с помощью дюрометра АТН 200 с интервалом 1, 2, 3 и 24 часа с момента их изготовления. График набора твердости представлен на рисунке 1.

Как видно из графика образцы, изготовленные при температуре +8°С, в первые три часа после изготовления отверждались медленнее, чем образцы, изготовленные при оптимальной рабочей температуре, однако через 24 часа эта разница (в твердости) практически нивелировалась. В доказательство этого факта приводим фото эксперимента — рисунок 2.

Методика испытаний на изгибную прочность — по ГОСТ 4648-2014. Испытательная машина: Shimadzu AG-X 50kN. Образец: две группы по три прямоугольных образца: толщина ~5мм, ширина ~13,5мм, расстояние между неподвижными призмами - 60мм., скорость

нагружения —  $V = 1\text{ мм/мин}$ . При испытании определяли: упругий модуль, как коэффициент пропорциональности между деформацией и напряжением на упругом/линейном участке деформационной кривой; предел прочности (максимальная нагрузка при испытании) и деформацию образца при достижении предела прочности. Обработка результатов экспериментов осуществляли при помощи программного обеспечения Trapezium-X, которое было предоставлено фирмой Shimadzu.

По достижению предела прочности образцов, они теряли способность к сопротивлению прикладываемой нагрузки, что соответствовало появлению разрушений в месте нагружения подвижной призмой и резкому падению напряжения на деформационной кривой. Деформационные кривые, наиболее близкие к средним, приведены на рисунке 3. Видно, что характер деформационного поведения у этих групп одинаковый. Результаты испытаний представлены в таблице 1. Установлено, что с учётом погрешности разницы в механических свойствах при трехточечном изгибе между образцами, изготовленными при разной температуре — нет.

Методика испытаний по ГОСТ 11262-2014 — одноосное растяжение. Испытательная машина: Shimadzu AG-X 50kN. Образец: две группы по три образца в виде двухсторонней лопатки. Толщина ~5 мм, ширина ~12 мм, длина рабочей части 80 мм. Скорость нагружения -  $V=10\text{ мм/мин}$ . Обработку результатов осуществляли, как и в случае при испытании на изгиб при помощи программного обеспечения Trapezium-X.

Результаты испытаний на одноосное растяжение представлены в таблице 1 и на рисунке 4. Разруше-

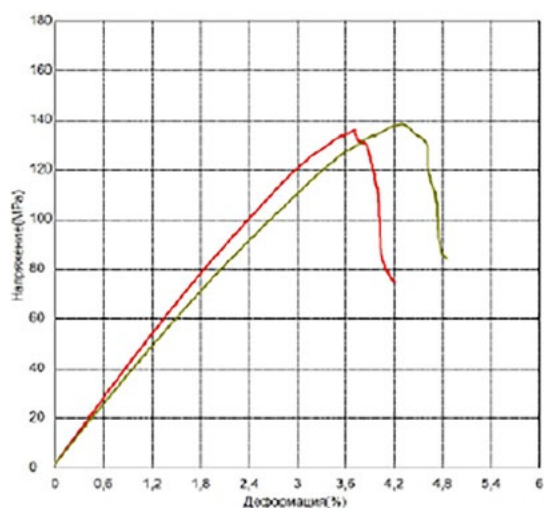


Рисунок 3

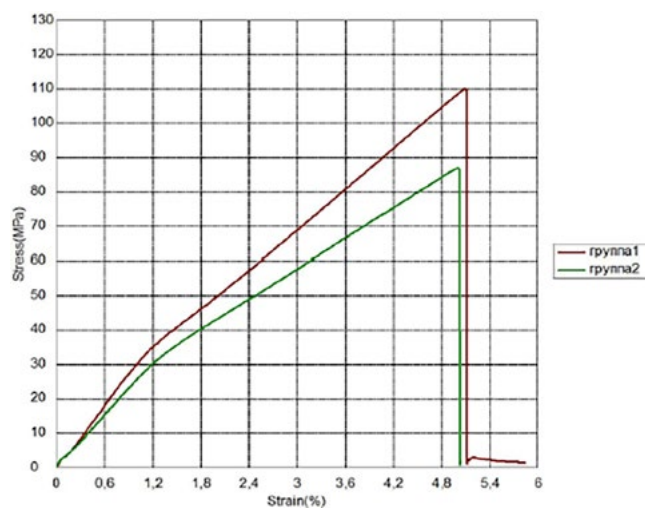


Рисунок 4

Таблица 1. Результаты механических испытаний при одноосном растяжении и трехточечном изгибе

Тип испытания	Материал	Упругий модуль, ГПа	Предел прочности, МПа	Полная деформация, %
Изгиб	Группа 1	3,47 ±0,74	130 ±18	4,1 ±0,4
	Группа 2	2,98 ±0,53	118 ±18	4,1 ±0,2
Растяжение	Группа 1	1,84 ±0,11	110 ±7	5,7 ±0,8
	Группа 2	1,47 ±0,13	87 ±4	5,4 ±0,7

ние образцов по достижении предела прочности происходило в его рабочей области. Деформационное поведение образцов группы 1 не отличалось от группы 2, тогда как при одинаковой полной деформации, упругий модуль и предел прочности у группы 2 был ниже.

Разница в упругом модуле и пределе прочности на растяжение между образцами составила около 20% в пользу образца из группы 1, изготовленного при нормальной рабочей температуре (+20°С).

И наконец, испытания на водопоглощение образцов, выполнены в соответствии с ГОСТ 4650-2014. Два образца были взвешены и помещены в емкость с водой на 10 суток. Через указанный срок их достали и снова взвесили на лабораторных весах. Масса образцов в пределах погрешности прибора практически не изменилась, что говорит о нулевом водопоглощении.

Практическая значимость проделанной исследовательской работы заключается в следующем: изготовление изделий из полимерных композитов на открытом воздухе, к которым не предъявляются требования высокой механической прочности (например — футеровка «мокрым» ламинированием, либо локальные ремонтные работы), допустимо при

температурах ниже прописанных в нормативных документах, в частности, до +8°С, при этом процесс полимеризации связующего желательнее осуществлять под укрытием с принудительной вентиляцией теплым воздухом. **КМ**

## Список литературы

1. Справочник по композиционным материалам. В 2-х кн./ Под ред. Дж.Любина.- М.: Машиностроение, 1988. – 584 с.
2. Холодников Ю.В. и др. «Промышленные композиты. Возможности и перспективы»./ Изд. LAP LAMBERT Academic Publishing. GmbH & Co. KG (Германия). 2016. – 455 с.
3. ГОСТ 24621-2015. ПЛАСТМАССЫ И ЭБОНИТ. Определение твердости при вдавливании с помощью дюрометра (твердость по Шору).
4. ГОСТ 4650 – 2014. ПЛАСТМАССЫ. Методы определения водопоглощения.
5. ГОСТ 4648-2014. ПЛАСТМАССЫ. Метод испытания на статический изгиб.
6. ГОСТ 11262-2014. ПЛАСТМАССЫ. Метод испытания на растяжение



# Сертифицированные препреги класса А+ для различного назначения от немецкой компании C-M-P 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 C-M-P 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)



**CARBO CARBO**  
КОМПОЗИТНЫЙ СУПЕРМАРКЕТ

[carbocarbo.ru](http://carbocarbo.ru)  
+7(499)281-66-33

Препреги  
Смолы  
Углеродные ткани



всегда  
в наличии

Зайцев Николай Петрович

тел.: +7 (926) 041-69-98 | email: info.himrec@bk.ru

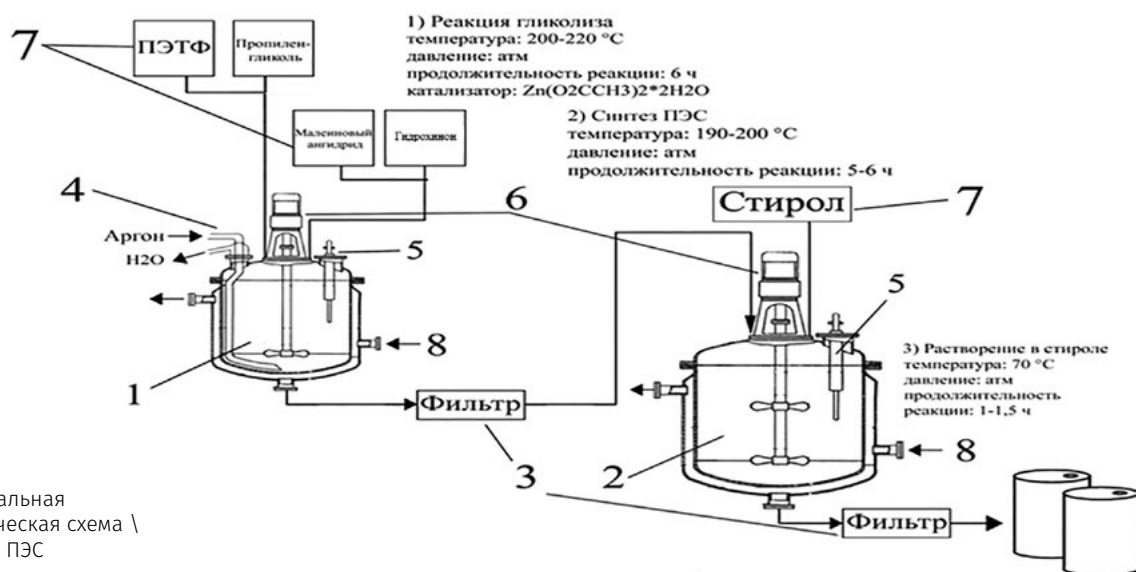


# Полиэфирные смолы из ПЭТФ бутылок. Миф или реальность?

Город с населением 100 000 человек каждый месяц выбрасывает примерно 20 тонн пластиковых ПЭТФ\* бутылок. Из-за попадания частичек пластика в организм, гибнет гораздо больше животных, чем мы можем себе представить. В ЮНЕСКО подсчитали, что это около миллиона птиц и 100 тысяч черепах и млекопитающих каждый год. В 2021 году в России было произведено 619 256,4 тонн полиэтилентерефталата в первичных формах, что на 1,1% больше

объема производства предыдущего года. С каждым годом объемы производства только увеличиваются. Проблему может решить технология замкнутого цикла.

Такая технология существует. Компания ООО «Хим-Рециклинг» разработала технические условия, получила патент и готова к производству терефталевых ненасыщенных полиэфирных смол из отходов ПЭТФ. Мощность производства на сегодняшний день составляет 3,5 тонны в месяц.



**Рисунок 1.**  
Принципиальная технологическая схема \ получения ПЭС

1- реактор синтеза ПЭС; 2- реактор растворения ПЭС; 3- механический фильтр; 4- продувка аргоном, и отгонка воды; 5- термометр; 6- электро-мешалка; 7- мерники для реактивов; 8- теплоноситель

\* — полиэтилентерефталат





ПЭТ-флекса (ПЭТФ) — это вторичное сырье, результат переработки пластика (в основном пластиковых бутылок) в особые хлопья, которое находит множество применений: выпускается в коммерческих масштабах и используется при производстве упаковки, тканей, пленок, формованных изделий для автомобилестроения, электроники и во многих других сферах

На рисунке 1 изображена принципиальная технологическая схема получения полиэфирных смол (ПЭС).

В реактор синтеза ПЭС номер 1 изначально загружают согласно рецептуре компоненты гликолиза, а именно флекса (ПЭТФ), пропиленгликоль, и в качестве катализатора ацетат цинка. Все реактивы поступают из мерников, расположенных над реактором. Процесс начинается с расплавления флексы в смеси гликолей, нагревание продолжается до достижения температуры 210–220°С, и поддерживается на протяжении всей реакции гликолиза. Общая продолжительность реакции гликолиза после расплавления флексы составляет 6 часов. С течением реакции измеряется гидроксильное число, для оценки протекания реакции. С момента начала нагревания ведется продувка инертным газом, с целью предотвращения протекания побочных реакций, за счет участия кислорода.

После достижения определенного гидроксильного числа нагревание прекращается, и полученный про-

дукт гликолиза охлаждается до температуры 100°С. При достижении этой температуры из мерников начинают поступать малеиновый ангидрид. Температура понижалась с целью уменьшения летучести ангидридов и постепенного их перехода в расплав продуктов гликолиза. После этого начинается постепенный нагрев до 150°С и при достижении этой отметки включаются вакуумные насосы, для откачки реакционной воды, после реакции поликонденсации. И продолжают нагревать до 200°С, наблюдая за ходом реакции определяя кислотное число, за промежутки времени.

После полученный продукт охлаждается и поступает на механический фильтр с целью удаления флексы которая не расплавилась и не вступила в реакцию. Такое бывает, когда флекса в ходе перемешивания попадает на стенки реактора и остается там, обычно это происходит при высоких оборотах мешалки, и с целью предотвращения такого, изменяют скорость перемешивания на стадии гликолиза, а также ставят механические фильтры с целью удаления.

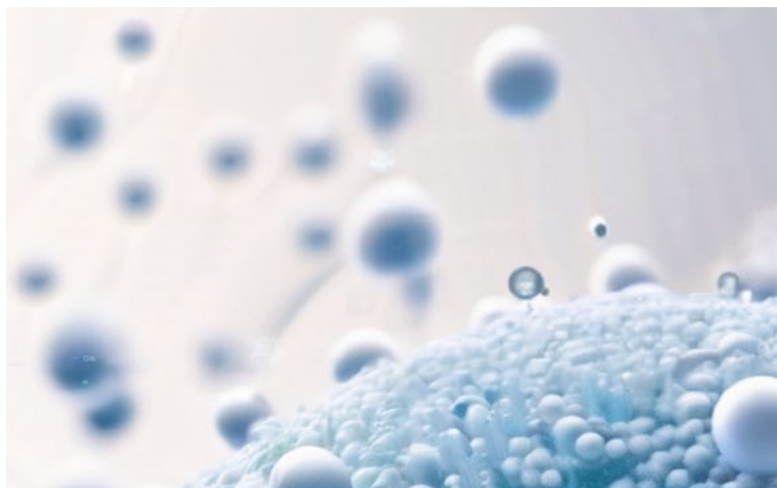
После этого полученный продукт ПЭС поступает в реактор 2, процесса растворения, где предварительно находился стирол, нагретый до 70°С. Из-за одинаковой температуры двух компонентов происходит равномерное смешивание. Процесс продолжается в течение 1–1,5 часа, и проходит еще один этап механической очистки, после чего поступает на процесс разлива по контейнерам и фасируется.

Основная разница между разработанной технологией получения ненасыщенной полиэфирной смолы и традиционными способами получения ненасыщенных полиэфирных смол — это полная замена фталевого или терефталевого, или изофталевого ангидридов, а также диэтиленгликоля вторичным ПЭТФ пластиком. Тем самым удешевляется себестоимость конечной продукции и решается проблема со складированием непригодного для переработки механическими методами вторичного ПЭТФ пластика. Фталатная группа в полиэфирных смолах отвечает за стойкость к атмосферным, химическим и другим воздействиям на отвержденный продукт. Диэтиленгликоль отвечает за вязкотекучее состояние готовой смолы. Таким образом данная технология открывает возможность к более глубокой переработке ПЭТФ пластика с получением сложного продукта обладающего высоким спросом на рынке полимеров.

Проект перешел в стадию первых продаж и испытаний на производствах листового стеклопластика, искусственного камня, профилей, труб круглого, квадратного, прямоугольного, рифленого сечения.

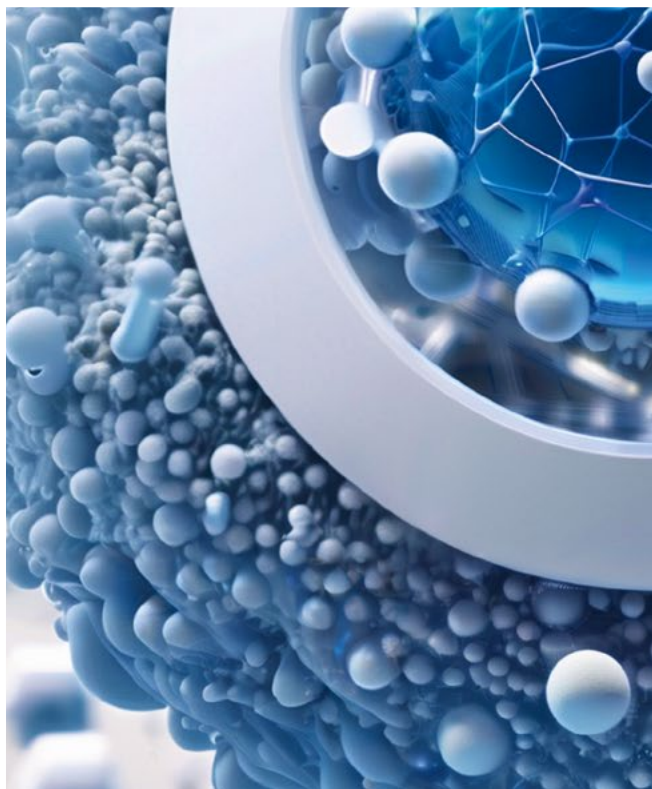
Области применения смолы из ПЭТФ пластика не отличаются от полиэфирной смолы, сделанной из первичных материалов. Технология компании ХимРециклинг запатентована и получила финансирование от Фонда содействия инновациям в программе «Новые материалы и химические технологии». В планах компании разработка новых технологий химической переработки ПЭТФ пластика с целью получения различных видов смол. **КМ**





Ольга Gladunova

## Нано частицы и гипер эффект



### По материалам:

plus-one.ru  
zoom.cnews.ru  
www.aviaport.ru  
mgsu.ru  
stud-baza.ru  
electricalschool.info

Патентная активность — один индикаторов инновационного развития национальных экономик. Изобретательская деятельность в сфере нанотехнологий набирает темпы с конца 1990-х гг. Мировой среднегодовой темп прироста патентов в 1996–2020 гг. составил примерно 15%.

В России с 1998 по 2010 годы наблюдался рост числа патентных документов более чем на 10% ежегодно. Пик патентной активности пришелся на 2006–2008 годы, когда число выданных патентов вплотную подошло к отметке 50 тыс. в год.

Начиная с 2009 года, наблюдается спад патентной активности, как минимум на 15% ежегодно, что можно объяснить последствиями финансово-экономического кризиса и сокращением доли иностранных заявителей. С 2015 года патентная активность в России показывает положительный рост в среднем на 5% в год.

Однако, далеко не все научные разработки проходят путь от научных лабораторий до промышленного производства. И причин здесь много. Нужны места, где будет осуществляться переход от науки к производству. Это технопарки, индустриальные парки и так далее. А дальше, чтобы запустить разработки в серию, нужно либо прямое участие государства, некие госзаказы, либо подключение частного бизнеса, заинтересованного в выходе на рынок нового продукта. Это уже сфера деятельности не науки, а других структур.

В данной статье мы рассмотрим некоторые примеры нанотехнологий, которые уже доведены до промышленного внедрения в различных отраслях.

## Нано в автомобилестроении

Нанотехнологии в автомобилестроении используются для усовершенствования практически каждого блока и даже каждой детали — от двигателя до самореза. А что касается автомобилей будущего, тех, на которых мы будем ездить всего-то через пару десятков лет, то здесь фантазия автопроизводителей, пожалуй, нуждается разве что в том, чтобы ее кто-нибудь утихомирил.

Буквально в каждом выпущенном в США автомобиле используются какие-либо из нанокompозитных материалов, чаще всего это углеродные нанотрубки в сочетании с полиамидом, используемые в топливной системе для защиты от статического электричества. Компаунд фторполимера с нанотрубками применяется при изготовлении уплотнительных колец для топливной системы автомобилей.

Более двадцати лет назад компания Toyota впервые применила при производстве автомобилей коммерческие нанокompозиты. Материал, разработанный Toyota, представлял собой полиамидное связующее, наполненное слоями нано глины толщиной примерно в пять атомов между слоями матричного материала из полиамидного полимера (рисунок 1). В патенте Toyota утверждалось, что механические свойства полимера можно значительно улучшить, укладывая наноразмерные листы силиката между молекулами первичного полимера.

Интересно, что этот нанотехнологический «бутерброд» также наблюдается в природных материалах, таких как кость и перламутр, при этом незначительное количество, но относительно большая площадь поверхности армирующего наноматериала оказывает существенное влияние на свойства готового композита.

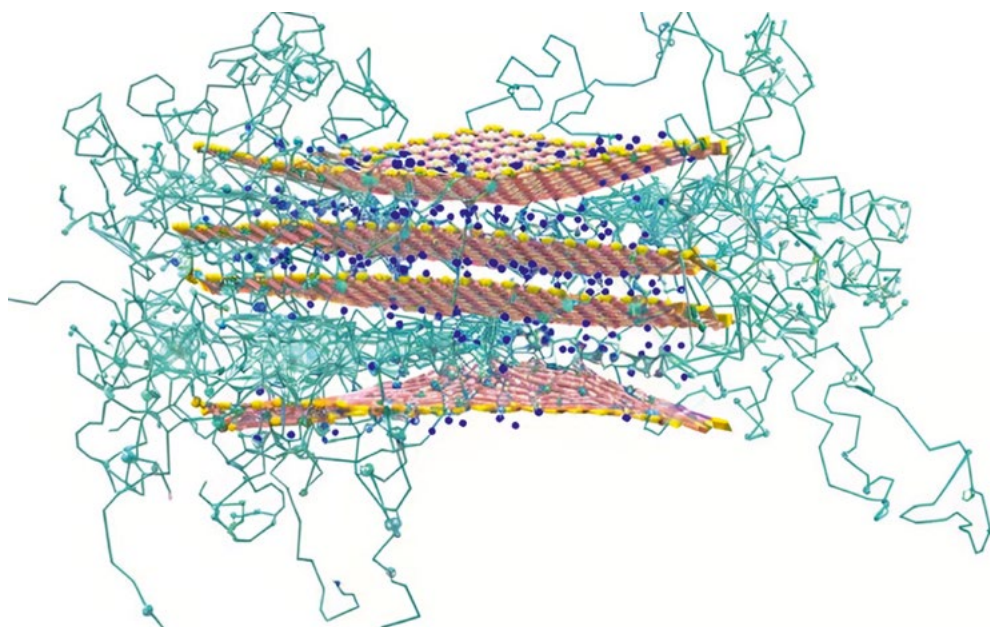
По сравнению с чистым полиамидом Toyota обнаружила, что ее нанокompозит, состоящий из 95 процентов полиамида и 5 процентов глины, обладает значительно более высокой прочностью на растяже-

ние и устойчивостью к деформации при нагревании.

Начиная с 2002 года, компания General Motors успешно применяет первые промышленные композиты с наноглинами и нанотальком при изготовлении накладок порогов для минивенов Safari и Astro; сейчас компания использует почти 250 тыс. кг нанокompозитных материалов в год для изготовления различных наружных автомобильных частей и накладок, включая некоторые части автомобиля Hummer H2 SUT. Кроме композитов термопластичных эластомеров с наноглиной, компания исследует возможность применения углеродных нанотрубок для замены существующих термореактивных конструкционных композитов. Компания Dow Automotive развивает процесс реактивной экструзии для производства нанокompозитов на основе наноглин и циклического бутилентерефталата (ЦБТ), производимого компанией Cylics Corporation.

Компании Further, Sud-Chemie AG и Putsch Kunststoffe GmbH разрабатывают семейство нанокompозитов ELAN XR для внутренней отделки автомобилей на основе смесей полипропилена (ПП) и полистирола (ПС). ПП и ПС в обычных условиях несовместимы, однако минеральный наполнитель Nanofil компании Sud-Chemie образует с ними устойчивые к царапинам компаунды с приятной на ощупь однородной матовой поверхностью. Специалисты компании Ford's Research and Innovation Center также изучают ряд нанокompозитных материалов, разрабатывая улучшенные покрытия и прочные материалы с повышенной износостойкостью. Компания образовала совместное предприятие с компанией Boeing и Северо-западным университетом США (Northwestern University) для исследования промышленного применения нанотехнологий.

Потребность в новых материалах есть не только у непосредственных производителей, но и у тех, кто отвечает за дизайн и внешний вид изделий. Специально для них компания Nissan разработала самоочищающуюся автомобильную краску. Она создана по технологии Ultra-Ever Dry — между ней



**Рисунок 1.**  
Изображение из статьи BBC News: нанокompозиты, смоделированные в «виртуальной лаборатории»



Рисунок 2. самоочищающаяся краска Ultra-Ever Dry с воздушным нанослоем

и окружающей средой и краской возникает тонкий воздушный нанослой, отталкивающий от себя пыль, грязь, машинное масло, органические растворители и другие типы загрязнителей, оседающие на поверхности автомобилей. Ожидается, что использование Ultra-Ever Dry в десятки раз увеличит время между мойками автомобиля и защитит корпус от деформации, сохраняя таким образом безупречный вид автомобиля длительное время.

### Нано в ветроэнергетике

Лопастей являются важной частью ветряной турбины. Его стоимость составляет более 20% производства ветрогенератора. В последние годы, с устойчивым ростом развития ветроэнергетики во всем мире, лопасти ветряных турбин большого и сверхбольшого размера (длиной более 70 метров) стали основным направлением развития ветроэнергетики.

Лопастей ветряных турбин подвергаются комбинированному действию нескольких внешних нагрузок в процессе эксплуатации (включая изгиб, сжатие, растяжение и т. д.), поэтому предъявляются очень высокие требования к жесткости материала, прочности, сопротивлению усталости и механическим характеристикам. При выборе материала лопасти ветряной турбины следует также учитывать такие факторы материала, как обрабатываемость, плотность, устойчивость к окружающей среде. Материал лопастей очень важен для улучшения общей производительности ветряной турбины.

Добавление 0,5 мас. % углеродных нанотрубок в эпоксидную смолу для лопаток турбин увеличивает теплопроводность материала более чем на 80 %, улучшают механические свойства композитов на 25-

30%, такие как модуль, прочность, ударная вязкость и сопротивление усталости.

Ученые из Case Western Reserve University разработали лопасть для ветровых турбин, которая значительно легче и в восемь раз прочнее и долговечнее, чем используемые сегодня лопасти ветряков.

Новая лопасть из полиуретана, армированного углеродными нанотрубками, существенно жестче и легче любых современных материалов, применяемых в ветряках. При этом новый наноуполненный композит позволяет изготавливать лопасти любой формы и служит примерно в восемь раз дольше, чем лопасти из стандартной эпоксидной смолы. Результаты механических испытаний полиуретана с углеродными нанотрубками показывают его превосходство над всеми смолами, которые в настоящее время используются для лопастей ветровых турбин. При этом углеродные нанотрубки на единицу объема легче, чем углеродное волокно и алюминий и к тому же более чем в 5 раз прочнее углеволокна и в 60 раз алюминия.

Турбина с лопастями, выполненными из нового материала, продемонстрировала хорошие результаты: при диаметре ротора около 70 см она выдает мощность в 400 Вт и показывает большую производительность, чем у ветряков из «традиционных» материалов.

### Нам нано строить и жить помогает

Цементосодержащие наноматериалы, на которых не задерживаются пыль и грязь, были впервые применены в 1996 году при строительстве церкви Dives in Misericordia («Щедрый в милосердии») в Риме. Застройщику удалось возвести уникальную конструкцию в виде трех белых лепестков из железобетона и



**Рисунок 3.** В конструкции церкви «Щедрый в милосердии» в Риме использованы наноматериалы, отталкивающие пыль и грязь

стекла. Используемый материал не только отличается высокой прочностью, но и отталкивает загрязнения. Такой эффект был достигнут путем добавления в цемент наночастиц диоксида титана.

Когда солнечные лучи падают на стены церкви, диоксид титана запускает химическую реакцию, в ходе которой бактерии и грибки разлагаются на воду и соли. Поверхность наноцемента является гидрофильной: вода равномерно растекается по ней и смывает частицы грязи, а не собирается в виде капель.

Наноразмерный порошок силикатной глины, включенный в состав пластмасс, повышает их огнестойкость. Он замедляет процесс горения вплоть до самозатухания пламени, препятствует выделению сажи, монооксида углерода и других вредных веществ. В отличие от остальных наполнителей, повышающих огнестойкость, нанодобавки практически не снижают прочность и не ухудшают другие физические характеристики полимеров.



**Рисунок 4.** Аэрогель, который почти весь состоит из воздуха

А в Китае было создано нанопористое покрытие для стен, сохраняющее тепло зимой и охлаждающее помещение летом. Такой пленкой с «эффектом термоса» покрыты стены Шанхайского музея науки и технологий. Специалисты прогнозируют, что в будущем этот материал начнут применять и при строительстве жилых районов, с целью сбережения ресурсов и уменьшения загрязнения природы.

Ученый Сэмюэл Кистлер из штата Калифорния разработал прозрачный наногель (аэрогель) — самое легкое твердое вещество в мире, его прозвали «застывший дым». Брусочек аэрогеля на 99,8% состоит из воздуха, поэтому его вес практически не ощутим. Одним граммом аэрогеля можно покрыть футбольное поле.

Аэрогель чаще всего применяется для теплоизоляции зданий, так как воздух, которым он насыщен, плохо проводит тепло. Например, аэрогелем покрыты трубы газопровода в Европе. Сейчас ученые совершенствуют этот материал, ищут способы удешевления его производства.

Как вам такая история — асфальт, который сам себя «лечит»? И это не выдумки фантастов, а разработка сотрудников научно-образовательного центра «Наноматериалы и нанотехнологии» НИУ МГСУ. Одна из инновационных разработок сотрудников Центра — самовосстанавливающийся асфальтобетон с капсулированным полимерным модификатором. Это яркий пример использования «умного» материала, который за счет специальных капсул, содержащих модификатор, может самостоятельно «залечивать» трещины в дорожном покрытии. Применение разработанного капсулированного модификатора позволяет добиться восстановления показателя прочности асфальтобетона от 20 до 40%, благодаря чему сроки эксплуатации



Рисунок 5. От наночастицы к созданию умного асфальта

дорожных покрытий увеличиваются более чем в 2 раза — и все это при полной импортнезависимости. Кстати, разработка не имеет аналогов в дорожном материаловедении.

Также в Центре был разработан экологически чистый модификатор из отходов резинотехнической промышленности для битумных вяжущих и асфальтобетонов. Его использование в составе асфальтобетона позволит решить существующие проблемы и до 12 лет увеличить жизненный цикл эксплуатации покрытия автомобильных дорог, что обеспечит до 30% экономии.

Этим список уникальных разработок не ограничивается. В активе ученых Центра — высокопрочные легкие бетоны, долговечный серный бетон, комплексный серный модификатор асфальтобетонов, комплексный наномодификатор для асфальтобетона, нано- и микро-размерные гидросиликаты бария, энергоэффективный керамический материал, металломинеральный биоцидный наномодификатор, полифункциональное наномодифицированное эпоксидное покрытие. Все эти разработки позволяют повысить эффективность и экологичность строительства, а также увеличить срок эксплуатации различных объектов.

### Нано корпорации

Одной из весьма успешно работающих в сфере нанотехнологий является компания Bayer Material Science, которая активно предлагает на рынке целый ряд материалов нового поколения. Речь идет, например, об огнестойком композиционном материале поликарбонат-АБС торговой марки Bayblend FR (FR — flame retardant — антипирен).

Повышенная огнестойкость этого материала основана на наличии специальных наночастиц в составе антипирена, которые в случае воспламенения способны образуют углеродных отложений на поверхности полимера, препятствующих распространению огня. Такой материал имеет большой потенциал применения в производстве корпусов бытовых приборов и вычислительной техники. В числе наноматериалов компании Bayer Material Science, имеющих в продаже, есть силиконовые дисперсии торговой марки Disprtcoll®S. Они входят в состав однокомпонентных водных полихлорпропеновых дисперсионных связующих.

Материал является безопасной для окружающей среды альтернативой клеевым системам, содержит легколетучие органические растворители, и применяется, в частности, при настиле напольных покрытий, приклеивании подошв обуви и пенопластов. Благодаря продукту Disprtcoll®S полихлорпропеновые связующие вещества обладают повышенной исходной влагостойкостью, дают возможность обрабатывать свежесклеенные детали, что повышает производительность производственного процесса. Кроме того, повышается термическая устойчивость клеевого соединения.

Компания Bayer Material Science взаимодействует примерно с десятью российскими институтами и вузами. И это дало определенные результаты. Например, в сотрудничестве с Российской академией наук достигнуты первые успехи в области фотохромных покрытий, приведшие к первым патентным заявкам. Остекление с фотохромным покрытием под воздействием света меняет прозрачное состояние на затемненное, поэтому помещения меньше нагреваются. Если удастся использовать разработанный процесс для крупноформатного поликарбонатного остекления автомобилей или окон и выполнения различных стеклянных фасадов зданий, то это откроет громадный рыночный потенциал.

Одним из направлений специальной рабочей группы Working Group Nanotechnology, созданной компанией Bayer, являются исследования «Наночастицы, аддитивы и композиты». Центральное направление нанотехнологических разработок компании Bayer Material Science — новый способ синтеза углеродных нанотрубок (Carbon Nanotubes, CNT) Baytubes®, для которых компания Bayer Material Science разработала совместно с Bayer Technology Service экономичный процесс производства, открывающий путь для промышленного применения.

Путем модификации производственного процесса можно синтезировать нанотрубки Baytubes® для различных областей применения в соответствии с поставленной заказчиком задачей. Потенциал использования нанотрубок Baytubes® очень велик. Так, например, они делают пластмассы электропроводящими. Крыло автомобиля из полимера с использованием Baytubes® не требует предварительной электростатической обработки перед нанесением



**Рисунок 6.**

Штекерные соединения  
из Ultradur HighSpeed BASF

экологически благоприятного порошкового лака.

Нанотрубки Baytubes® повышают жесткость и прочность пластмасс и изделий из них, что используется, например, при производстве некоторых спортивных товаров. Как раз благодаря нанотрубкам современные хоккейные клюшки обладают повышенной жесткостью при ударе. Таким же образом улучшаются ударные качества полимерных бейсбольных бит.

Компания BASF нашла первое коммерческое применение для своего нанонаполненного полимера Ultradur HighSpeed. Линейка продуктов Ultradur — формовочные компаунды на основе полибутилентерефталата, нанонаполнителя и рубленного стекловолокна. Они используются в качестве материалов для высококачественных технических компонентов во многих отраслях промышленности, например, для штекерных соединений или корпусов реле. Ежегодно планируется производство нескольких миллионов таких изделий. Как разъясняют специалисты отдела технического маркетинга компании, нанополимеры исполняют роль внутреннего смазочного материала, улучшая тем самым растекание полимера в форме, в то время как механические свойства остаются неизменными. Это позволило с легкостью и надежностью формовать изделия с очень тонкими стенками из нанополимера HighSpeed, усиленного стекловолокном, содержание которого не превышает 10%. Такой успешный технологический опыт компания BASF планирует перенести и на другие полимеры, такие как АБС и полиамид.

Английская компания JR Nanotech разрабатывает упаковочный материал с добавлением наночастиц серебра для лучшего хранения скоропортящихся пищевых продуктов. Сейчас разработка находится в заключительной стадии создания опытных образцов. Наносеребро однородным слоем распыляется на различные виды полимерных материалов. Его можно наносить на поверхность, соприкасающуюся с пищей, например, на стенки пищевой упаковки или разделочные доски. Эксперты Nanotech заверяют,

что цена материалов с использованием наночастиц серебра лишь незначительно выше, чем цена обычной продукции, а «мигрировать» при соприкосновении с пищей такое серебро не будет.

Исследователи Сколтеха разработали и запатентовали сенсор на базе наночастиц, которые позволяют следить за процессом изготовления композитных материалов из терморезактивных полимеров. Его применение ускорит и удешевит производство подобных материалов.

Метод особенно актуален для крупных деталей, которые подолгу запекают в огромных печах и автоклавах. Яркий пример — составные части кораблей и особенно самолетов, в которых доля деталей из терморезактивных полимеров достигает 30–50%.

Композитные материалы представляют собой сложные структуры из нескольких субстанций с отличающимися свойствами. Комбинация разных материалов придает композитам уникальные свойства. Они широко применяются во всех областях промышленности как более прочная и долговечная замена металлическим конструкциям.

Метод помогает отслеживать степень отверждения терморезактивных полимеров путем добавления в полимер проводящих электрический ток частиц. Ввиду ряда сложных процессов по мере запекания меняются расстояния между проводящими частицами и туннельные потенциалы. Эти изменения отражаются на общей электропроводности нанокompозита. По словам исследователей, проведенные ими опыты, показывают, что встраиваемые в полимер наночастицы не ухудшают его свойства, а даже несколько улучшают их. Как надеются ученые, преимущества созданной ими технологии поспособствуют ее скорейшему внедрению в производство.

Это лишь некоторые примеры применения нанотехнологий в различных отраслях. В следующем номере журнала расскажем о применении нанокompозитов в медицине, спорте и для изготовления умного текстиля. **КМ**

Зубков Александр Сергеевич  
Унжаков Андрей Сергеевич

# Композитные фундаментные решения для опор



## 1. Введение

В 2021 году между ЗАО «ФЕНИКС-88» и Якутскэнерго был заключен Договор подряда №ФН-07.2021-001 на выполнение научно-исследовательской опытно-конструкторской работы по теме «Разработка фундаментных решений (ФР), основанных на использовании композитных материалов, для проведения ремонтно-восстановительных работ и нового строительства линий электропередачи 6–35 кВ, выполненных на деревянных и железобетонных опорах».

Одной из основных проблем, характерных для энергосистемы республики Саха (Якутия), является высокий процент (более 60%) износа ЛЭП. Более 70% линий эксплуатируются свыше 25 лет, имеет место массовое гнивание опор и их разрушение [1], а периодические промерзания и протаивания на верхней границе многолетней мерзлоты приводят к выталкиванию свай опор, как следствие к их падению и возникновению высокой аварийности в сетях.

Основной целью НИОКР ставилась разработка конструкции ФР из композитных материалов для одно- и двухцепных, промежуточных и анкерных опор с деревянными и бетонными стойками, исключающими выпучивание опор ВЛ 6, 10, 35 кВ.

Основные критерии ФР:

- ФР должны обеспечивать допустимую несущую способность;
- сборка и монтаж ФР и опоры должны проводиться без применения спец техники, ручным способом с использованием стандартных такелажных ручных инструментов и приспособлений;
- элементы конструкций должны быть максимально унифицированы и обеспечивать возможность сборки опор для применения в классах напряжения 6, 10 и 35 кВ;
- конструкции ФР должны обеспечивать минимальные сроки выполнения монтажа.

Для достижения поставленных в работе целей были сформулированы и решены следующие задачи:

1. Проведен обзор проблематики фундаментов в пучинистых грунтах;
2. Сформированы технические требования к ФР;
3. Проведены механические расчеты конструкций ФР из полимерных композитных материалов;
4. Разработаны и испытаны макеты конструкций ФР;
5. Разработаны, изготовлены и смонтированы ФР на ряде объектов Якутскэнерго.

## 2. Морозное пучение свайных фундаментов, варианты конструкций

Как известно, все виды свай подвержены действию касательных сил морозного пучения. Как показывает опыт эксплуатации, через 5–6 лет после установки сваи в пучинистых грунтах начинается выход сваи — до 5 см за сезон. В последствии скорость выхода растет за счет сил, приложенных к торцу сваи и возникающих

при расширении замерзающей жидкости, которая заполняет пространство между торцом сваи и дном скважины. Величина этих сил во много раз превышает вертикальную составляющую касательных сил морозного пучения и может превышать 50 тс на сваю. В результате ежегодный выход свай увеличивается до 20–25 см и более, фундамент теряет несущую способность, что может привести к падению опор под воздействием ветровых нагрузок.

Варианты фундаментных решений

Для решения проблемы морозного пучения фундаментов опор применяются опробованные методы и технологии:

1. Обваловка грунтом фундаментов опор. Метод позволяет исключить оттаивание зоны сезонного промерзания грунта;
2. Установка термостабилизаторов — сезонно-охлаждающих устройств (СОУ) вблизи свай фундамента;
3. Усиление фундаментов крестовыми сваями;
4. Сооружение поверхностных (лежневых) фундаментов и перестановка опор;
5. Применение винтовых свай.

Так же для уменьшения воздействия сил пучения на фундаменты применяются следующие мероприятия:

- Распределение нагрузки между фундаментами таким образом, чтобы действующая на него сила пучения не превышала нагрузочную способность сваи на вырывание.
- Уменьшение количества свай и увеличение глубины заглубления каждой из них.
- Конструктивной особенностью фундамента опор может быть уменьшение сечения его в зоне пучения и увеличение сечения в зоне анкирования — в слое многолетнемерзлого грунта.
- Понижение влажности и теплопроводности грунтов с помощью:
  - обсыпки пространства между фундаментом и грунтом песком;
  - засыпки внутренней полости сваи цементно-песчаной смесью в пропорции 1:8.
- Покрытие поверхности сваи битумно-резиновой мастикой, для предотвращения смерзания поверхности сваи с грунтом.

## 3. Сваи из композитных материалов

К сожалению, информацию об опыте применения композитных свайных фундаментов в России найти не удалось. Поэтому разработка ФР велась с «чистого листа».

### 3.1. Выбор типа композитного материала и способа армирования

На данный момент существует много видов пластиков и способов производства изделий из них. Наиболее распространенными композиционными материалами являются стеклопластики. Это объясняется их относительно невысокой стоимостью

и такими основными достоинствами по сравнению с изделиями из стали как: прочность, масса, диэлектрические свойства, упругость, долговечность, минимальные затраты на обслуживание, не подверженность гниению и коррозии, воздействию птиц (дятлов) и насекомых, низкой теплопроводностью, экологичность.

Сваи из композитных материалов могут подвергаться воздействию замерзающей жидкости или стенки сваи могут испытывать высокое давление. Поэтому был выбран метод формования, получивший название косослойная продольно-поперечная намотка (КППН), который позволяет получать конусные изделия, выдерживающие высокое давление (20-100 МПа). Сочетание продольного (под некоторым малым углом к оси изделия) армирования и поперечного кольцевого армирования приближает этот способ намотки к способу ППН. Данный способ развивался в СССР в течение более 25 лет.

### 3.2. Конструкция ФР опор Пб-10, ПМ-1, П-35, УА-35, АКб-10

Рассматривались различные варианты форм свай и способов крепления к ним элементов опор. Такие как:

- свая с ложементом для вкладывания стойки или бревна опоры;
- свая, в которую бы вставлялась стойка опоры;
- свая параллелепипедной формы и свая в форме цилиндра.

Вариант сваи с ложементом был отброшен, т.к. для его осуществления потребуется применить сложную в изготовлении и в обслуживании оправку. При этом результат не может быть гарантирован.

ФР со свайей, в которую бы вставлялась стойка опоры из-за возможных колебаний размеров стоек потребовал бы применять промежуточные между свайей и опорой элементы. Такие как клинья, це-

ментные смеси. Применение клиньев сопряжено с не контролируемым техпроцессом. При этом клинья могут со временем разболтаться и перестать фиксировать стойку опоры. Применение цементных смесей сопряжено с использованием воды при их подготовке, что не реально при отрицательной температуре.

При намотке сваи параллелепипедной формы нет возможности обеспечить равномерное натяжение нитей, поэтому нет стабильности характеристик стенок сваи. В цилиндрических или конусных стойках усилия натяжения псевдоленты при намотке постоянны во всех точках сечения, поэтому прочность стенки конечного изделия будет одинаковой.

Существенными преимуществами конусной сваи над цилиндрической являются меньшие касательные силы морозного пучения и высокая заполняемость единицы объема, что актуально при перевозке свай.

Таким образом, простота изготовления оправки и сваи, стабильность и прогнозируемость характеристик материала сваи, высокое заполнение единицы объёма, более низкие выталкивающие силы грунта, простота крепления стойки опоры на свае позволили сделать выбор в пользу конструкции сваи конусной формы.

Важным преимуществом стеклопластика над сталью, древесиной и бетоном является то, что при контакте с водой, кислородом и при перепаде температур он не подвержен разрушению. Нет необходимости защищать стенки ФР от контакта с водой и кислородом, т.е. нет необходимости в использовании цементных заполнителей, применяемых в ФР, выполненных из стальных труб.

Композитные сваи по сравнению с бетонными, да, и с деревянными сваями, имеют существенно меньший вес. Поэтому, условия доставки, сборки и монтажа подобных свай будут отличаться в лучшую сторону от условий для иных свай. Так, при весе сваи 90–100 кг её можно перевозить на легковой машине типа УАЗ.

Состав (количество) бригад (персонала) для доставки

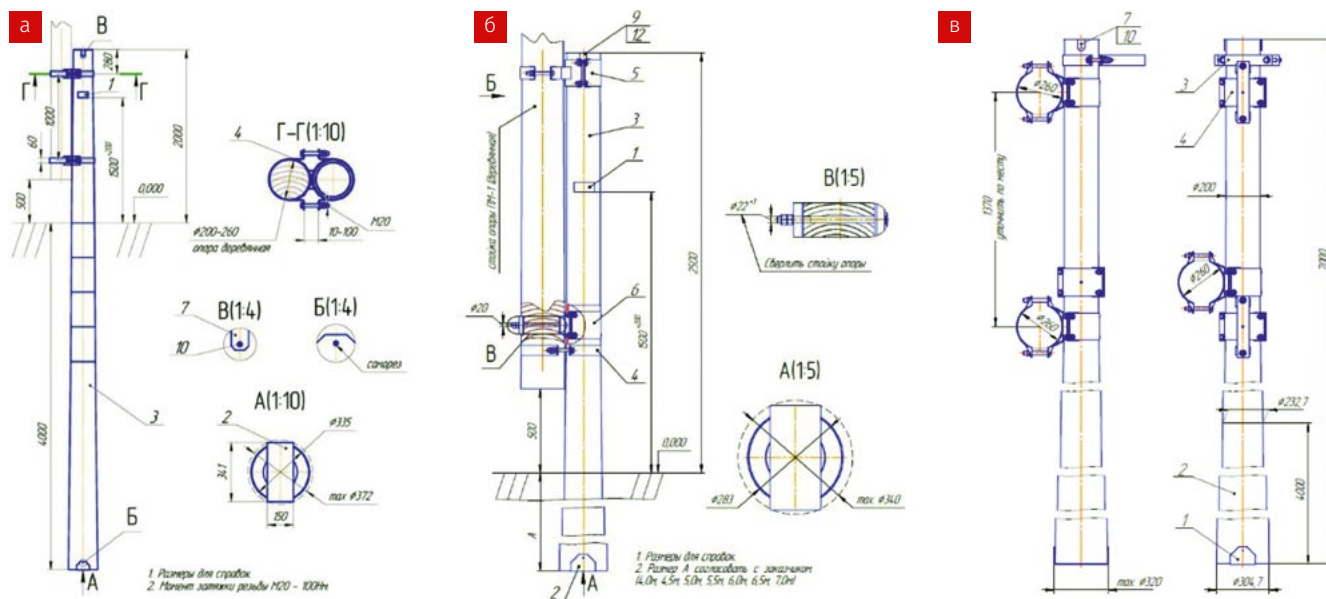


Рисунок 1. ФР промежуточных опор: а. свая П-60-003; б. свая П-60-006; в. свая П-70-005

и монтажа может быть либо аналогичным для свай из иных материалов, либо даже может быть уменьшен.

### 3.2.1. Конструкции ФР

Вариант 1 (свая композитная конусная — П-60-003). Область применения — опоры Пб-10, П-35, УА-35, АКб-10. Масса сваи с хомутами 91,13 кг.

Вариант 2 (свая композитная конусно-цилиндрическая — П-60-006). Область применения — опоры ПМ-1. Свая конусная в области грунта и цилиндрическая в области крепления элементов опор. Масса сваи с хомутами 78,09 кг.

Вариант 3 (свая композитная П-70-005). Область применения — опоры УМ-1. В основе ФР положена конусная в области грунта и цилиндрическая в области крепления элементов опор стеклопластиковая труба. Масса сваи 98,6 кг, навесных деталей 36,24 кг.

Сваи всех вариантов имеют торцевые крышки. Крепление столбов к сваям осуществляется посредством стальных хомутов.

Инструменты и приспособления для монтажа композитных свай не отличаются от инструментов, необходимых для монтажа бетонных и деревянных свай.

## 4. Расчет ФР

### 4.1. Воздействие на фундамент касательных удерживающих сил

Расчеты воздействия на фундамент касательных сил морозного пучения и сил, удерживающих фундамент от выпучивания, выполняются по методике, приведенной в СП 25.13330.2012 «Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах» (с изменениями 1, 2, 3).

Согласно п. 7.4 СП 25.13330.2012 устойчивость фундаментов на действие касательных сил морозного пучения грунтов надлежит проверять по условию:

$$\tau_{fh} \gamma_{af} A_{fh} - F + N \leq \gamma_c \gamma_n F_r \quad (1)$$

где:  $\tau_{fh}$  — расчетная удельная касательная сила пучения, кПа (тс/м<sup>2</sup>), принимается по табл.1 [2];  
 $\gamma_{af}$  — коэффициент равный для металлических свай без физико-химической обработки 0,7;  
 $A_{fh}$  — площадь боковой поверхности смерзания фундамента в пределах расчетной глубины промерзания-оттаивания (м<sup>2</sup>);  
 $F$  — расчетная нагрузка на фундамент, (тс) принимаемая с коэффициентом 0,9 по наиболее невыгодному сочетанию нагрузок и воздействий;

$N$  — выдергивающая нагрузка на фундамент (тс);  
 $\gamma_c$  — коэффициент условий работы, принимаемый равным 1,0;  
 $\gamma_n$  — коэффициент надежности по назначению сооружения, принимаемый равным 1,1  
 $F_r$  — расчетное значение силы, удерживающей фундамент от выпучивания, (тс) вычисляется по формуле:

$$F_r = u * \sum_n^{i=1} R_{af,i} * h_i$$

где:  $u$  — периметр сечения поверхности сдвига, (м);  
 $R_{af,i}$  — расчетное сопротивление  $i$ -го слоя многолетнемерзлого грунта сдвигу по поверхности смерзания, кПа (тс/м<sup>2</sup>), принимается по приложению В СП 25.13330.2012;  
 $h_i$  — толщина  $i$ -го слоя мерзлого грунта, расположенного ниже подошвы слоя сезонного промерзания-оттаивания, (м).

### 4.2. Расчет сваи П-60-003 опоры ПБ-10

#### 4.2.1. Расчет сил морозного пучения грунтов

Грунт представлен суглинком мягкопластичной консистенции, показатель текучести  $I_L = 0,6$ . Расчетная глубина сезонного оттаивания —  $d_{th} = 1,8$  м.

Расчетная температура многолетнемерзлого грунта  $T_0 = -1,5^\circ\text{C}$ .

Коэффициент теплопроводности мерзлого грунта  $\lambda_f = 1,4 \text{ Вт}/(\text{м} \times ^\circ\text{C})$ .

Объемная теплоемкость  $C_f = 522 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \times ^\circ\text{C})$ .

$\tau_{fh} = 114 \text{ КПа}$  или  $11,6 \text{ тс}/\text{м}^2$ .

#### 4.2.1.1. Расчетная нагрузка на фундамент.

Давящая сила  $F$

Суммарная нагрузка на фундамент ( $F_s$ ) будет состоять из трех  $F_{вс}$  и нагрузки от веса опоры  $W_s$  равной 1960 Н.

В режиме максимального ветра  $F_s$  будет равна 4969 Н или 0,5 тс.

В режиме гололеда  $F_s = 23692 \text{ Н}$  или 2,42 тс.

#### 4.2.1.2. Расчетная нагрузка на фундамент.

Выдергивающая сила  $N$

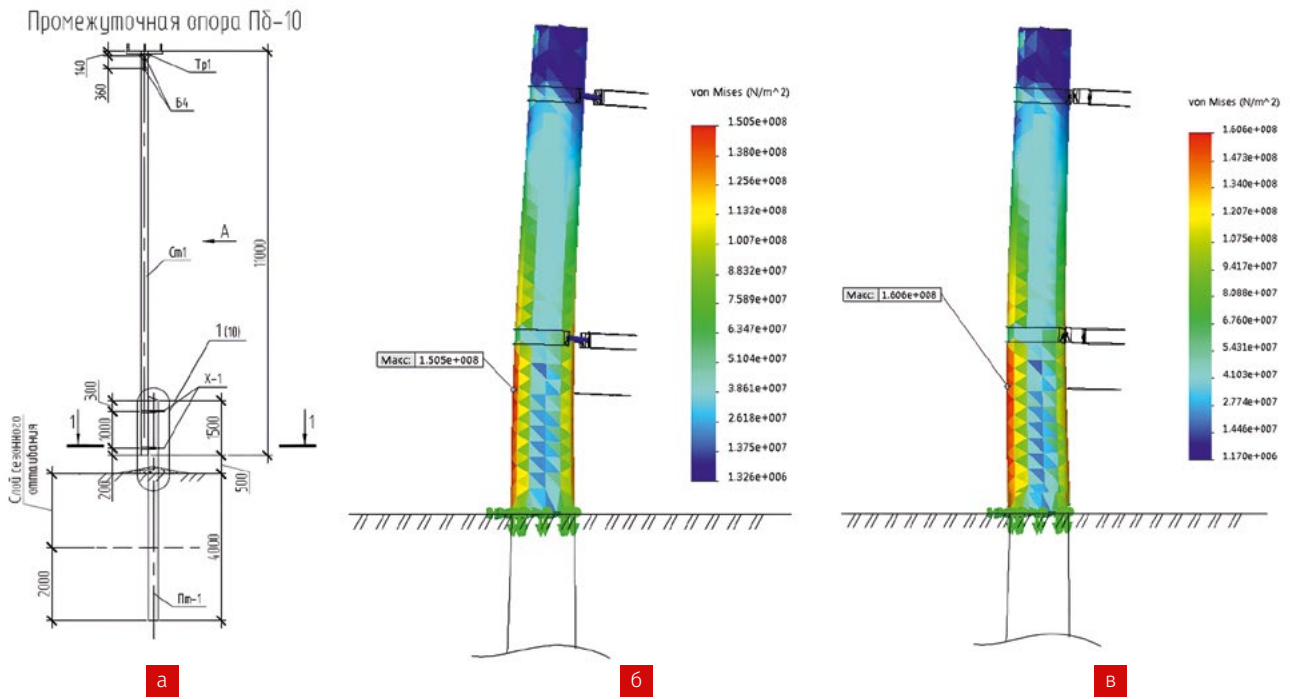
Выдергивающая нагрузка на фундамент ( $N$ ) — будет определяться силами, действующими на провода и в тело опоры  $W_s$  равной 4118 Н.

В режиме максимальный ветер  $N_s$  равна 11210 Н

Таблица 1. Расчетная нагрузка от провода на фундамент

Провод АС120/19	Режим	$F_{ветер}$ , Н	$F_{вс}$ , Н
1 группа предельных состояний	Макс. ветер	2364	1003
	Гололед	2950	7244

## Применение



**Рисунок 2.** Напряжение в свае П-60-003, опоры ПБ-10.  
а. опора на свае; б. Напряжение в свае в режиме максимальный ветер; в. Напряжение в режиме гололед

В режиме гололед, при нагрузке от ветра в тело опоры ( $W_2$ ) равной 1030 Н, суммарная нагрузка на фундамент  $N_2$  составит 9880 Н.

В дальнейших расчетах нагрузка  $N$  принимается с коэффициентом 0,9 по наиболее невыгодному сочетанию нагрузок и воздействий:

$$N_g = 11210 \times 0,9 = 10089 \text{ Н или } 1,03 \text{ тс;}$$

$$N_2 = 9880 \times 0,9 = 8892 \text{ Н или } 0,9 \text{ тс.}$$

Учитывая то, что композитная свая не покры-

вается дополнительными оболочками  $\gamma_{af}$ , принят равным 0,7, а расчетная сила морозного пучения, действующая на сваю с учетом всех поправочных коэффициентов, согласно (1):

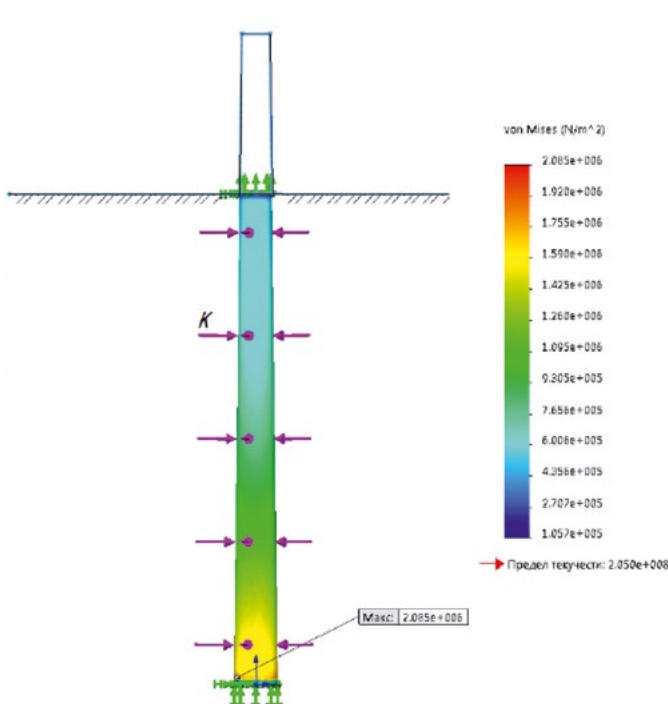
**в режиме максимального ветра составит**

$$11,6 \times 0,7 \times 1,77 - 0,5 + 1,03 \leq 1 \times 1,1 \times 25,2$$

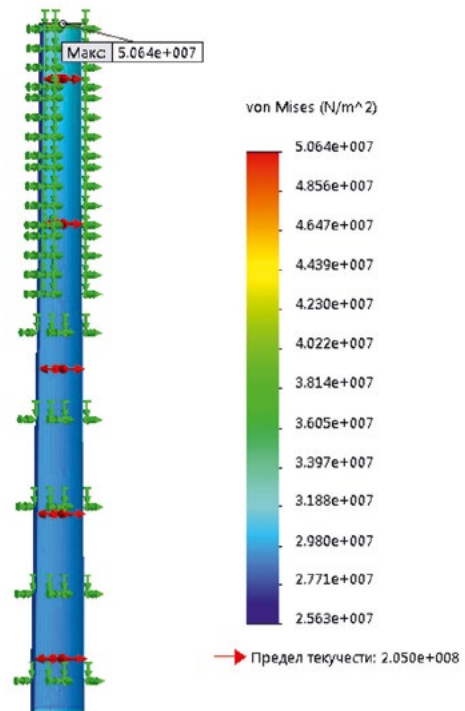
$$14,9 \leq 27,7$$

**в режиме гололеда**

$$11,6 \times 0,7 \times 1,77 - 2,42 + 0,9 \leq 1 \times 1,1 \times 25,2$$



**Рисунок 3.** Эпюра напряжений в ФР при касательных силах морозного пучения



**Рисунок 4.** Эпюра распределения напряжения в свае с учетом воздействия грунта.



Рисунок 5. Иллюстрация применения композитных ФР

12,85≤27,7.

Так как условие (1) соблюдено, следовательно, свайное основание опоры ПБ-10 линии электропередачи будет устойчивым к действию сил пучения в обоих расчетных режимах.

#### 4.2.2. Расчет напряжений в стеклопластике

##### 4.2.2.1. Напряжение в области выхода сваи из земли

Для всех свай производились расчеты напряжения в теле сваи:

- в месте выхода опоры из земли (рис. 2);
- от действия касательных сил морозного пучения грунтов (рис. 3);
- от воздействия замерзающей воды (рис. 4).

Так, для сваи П-60-003, опоры ПБ-10 для двух режимов:

##### Режим максимальный ветер

$F_g = 3009$  Н — вес 3 проводов

$N_g = 7092$  Н — нагрузка от ветра на 3 провода;

$W_g = 4118$  Н — нагрузка от ветра в тело опоры.

##### Режим гололед

$F_z = 21732$  Н — вес проводов и опоры

$N_z = 8850$  Н — нагрузка от ветра на 3 провода;

$W_z = 1030$  Н — нагрузка от ветра в тело опоры.

Касательная сила от морозного пучения грунтов ( $K$ ) равна 17,6 тс или 172,6 кН.

Как показали расчёты напряжения в стеклопластике, возникающие в результате воздействия сил от нагрузки на провода и тело опоры не превысят допустимого значения равного  $2,050 \times 108 \times \text{Н/м}^2$ . Так:

- в режимах максимального ветра и гололеда составили  $1,6 \times 108$  Н/м<sup>2</sup>
- от действия касательных сил морозного пучения

грунтов воздействия сил  $2,085 \times 106 \times \text{Н/м}^2$ ;

- при замерзании воды в замкнутом пространстве сваи напряжение в материале композитной сваи будет равно  $5,06 \times 107$  Н/м<sup>2</sup>.

### 5. Практическое применение, внедрение

Осенью 2021-го года в Якутскэнерго были установлены опоры с композитными ФР. ВЛ-6 кВ «Л-Малая Марха», ВЛ-10 кВ «Л-ТП», ВЛ-10 кВ «Л-Партизан», ВЛ-10 кВ «Л-Табага-2».

### Заключение

В ходе выполнения работы:

1. Была выбрана оптимальная форма сваи ФР — коническая, полая;
2. Были проведены расчеты свай на:
  - их выталкивание из грунта;
  - на прочность при нагрузках и, оказываемых воздействиях, замерзающей воды.

Напряжения в стеклопластике не превышают допустимого значения равного  $2,050 \times 108 \times \text{Н/м}^2$

3. Была разработана конструкторская документация ФР;
4. Были изготовлены и установлены в состав действующих ВЛ опытные образцы ФР. **КМ**

### Список использованных источников

1. Хамидуллин И.Н. К вопросу об надежности воздушных линий электропередачи 35-500 кВ [Текст] / И.Н. Хамидуллин, В.К. Ильин // Электротехнические и информационные комплексы и системы. - 2016.
2. СП 25.13330.2012 Основания и фундаменты на вечномёрзлых грунтах. Актуализированная редакция СНиП 2.02.04-88



**Францев М. Э.**  
Ахто-Пласт-Эксперт, Россия

## Проектный анализ прогулочных судов из композиционных материалов коммерческого назначения

В настоящей статье выполнен проектный анализ характеристик прогулочных судов из композиционных материалов коммерческого назначения зарубежной постройки на интервале наибольшей длины 9-16 м. Описан архитектурно-конструктивный тип однокорпусного прогулочного судна из композиционных материалов коммерческого назначения. Приведено его общее расположение и план палубы. Проектные характеристики прогулочных судов выполнены в виде таблицы. Выполнены расчеты следующих характеристик методами регрессионного анализа: главных размерений, полной массы, водоизмещения порожнем, дедвейта, удлинения, мощности главных двигателей, энерговооруженности (без дизель - генераторов), коэффициента полноты водоизмещения и ряда других. Описаны принципы конструирования и формования судовых корпусных конструкций из композитов.

В условиях современной рыночной экономики с большим количеством неопределенностей оптимизация судна в традиционной постановке, охватывающая, как внешнюю, так и внутреннюю задачи проектирования, представляется невозможной. Поэтому для современного проектировщика необходим формализованный механизм перехода от внешней задачи проектирования к внутренней задаче, и наоборот. Иными словами, возникает необходимость в связующем звене между внешней и внутренней задачами проектирования. Наиболее актуально существование такого звена при создании перспективных типов судов, которые не имеют близких прототипов в практике отечественного судостроения, к которым может быть отнесено подавляющее большинство судов из композитов гражданского назначения. Такое связующее звено необходимо для обоснования различных аспектов задач применения судна и координации их решения с задачами макроэкономики и микроэкономики. Использование в процессе проектирования нового для проектанта типа судна приемов исследовательского проектирования на базе методов различного анализа позволяет преодолеть разрыв между имеющимся у разработчика опытом проектирования и технической эксплуатации других судов и экономически и технологически обоснованными требованиями, предъявляемыми к новому проекту [1].

С учетом того, что большинство расчетов проектанту на стадии разработки технического задания приходится выполнять самостоятельно и за счет собственных средств, а также в условиях ограниченного лимита времени, имеющегося при переговорах с потенциальными заказчиками, ему необходим эффективный механизм, позволяющий быстро и, главное, достоверно отвечать на возникающие вопросы. Отсюда стремление проектировщиков всего мира разработать эффективные и объективные математические модели, позволяющие ускорить и удешевить начальные этапы проектирования.

Необходимо отметить, что «сроки жизни» проектов судов гражданского назначения значительно короче, чем аналогичные характеристики проектов боевых кораблей. Это, не в последнюю очередь, связано с высокой скоростью изменения мировой экономической конъюнктуры, которую необходимо учитывать при проектировании гражданского судна, особенно, малотоннажного.

Сформировав методами исследовательского проектирования область допускаемых значений главных размерений и других характеристик судна и определив налагаемые на нее ограничения, с точки зрения условий эксплуатации, в том числе, их экономических аспектов, можно переходить, непосредственно, к выбору варианта судна, наиболее близкого поставленной цели проектирования. Необходимо отметить, что выбор предпочтительного варианта при этом определяется не только задачей оптимизации, но и рядом не формализуемых закономерностей, определяемых субъективными соображениями, связанными с человеческой природой, например, особенностями

психологии потенциальных потребителей судна, их ожиданиями.

Результатом, полученным при определении области допускаемых значений характеристик вновь проектируемого судна из композиционных материалов, является множество значений соотношений главных размерений и других характеристик судна. Эти значения определяются разработчиком, как методами математического анализа при обработке баз данных, так и методом экспертных оценок.

Использование современного информационного поля, позволяет достоверно формировать критерии оценки, интересующие, как заказчика, так и проектанта. Вычислительные механизмы оценки тех или иных параметров проекта, а также дополнение вычислительных методов методами экспертных оценок, реализованными на базе этого информационного поля, позволяют сформировать область допускаемых значений рассматриваемых параметров.

### Постановка задачи

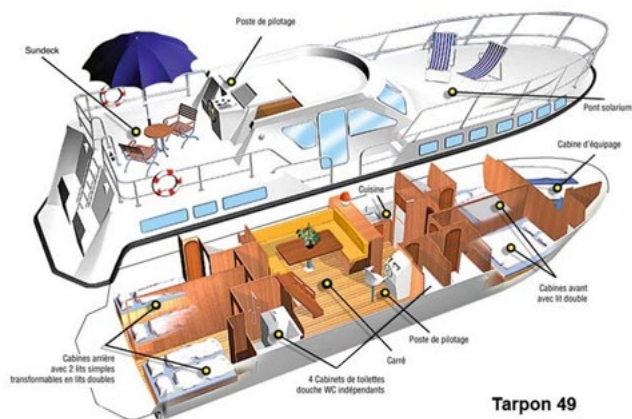
Проектирование судна из композитов представляет собой триединую задачу, включающую проектирование собственно конструкции судна, проектирование технологии изготовления ее основных элементов, а также проектирование композиционного материала для конструкции на базе определенных исходных материалов и технологий.

Изучив характеристики нескольких десятков проектов прогулочных судов коммерческого назначения, используемых основными судоходными компаниями Европы, предоставляющими подобные услуги, можно определить основные интервалы изменения проектных характеристик. Подавляющее большинство современных судов из композиционных материалов, применяемых для канального и речного туризма в Европе, имеют длину в диапазоне от 9 до 15 метров, ширину в диапазоне от 3,60 до 4,65 метров, осадку 0,65-0,82 метров, надводный габарит 2,70-3,10 метров. Суда имеют мощность от 40 до 120 л.с. В надстройках размещается от 2 до 5 кают, в которых может быть суммарно до 12 спальных мест (включая разборные кровати для детей). Количество санузлов может доходить до 4 штук на судно (при длине 15 м). Эти характеристики определяются коммерческим назначением судов. В остальном же, прогулочные суда коммерческого назначения характеризуются большим различием конструктивных решений [2].

В то же время, при всем многообразии созданных в Европе (в основном, во Франции) прогулочных судов коммерческого назначения, предназначенных для эксплуатации на внутренних водных путях, включая искусственные водоемы, в первую очередь, каналы, наиболее востребованными оказались суда типа Tarpon. В 1991 году на новой верфи было начато строительство второй линейки судов из композитов для каналов моделью Tarpon 42. В дальнейшем, до середины 1990-х годов верфь выпустила еще серию судов Tarpon 37. Начиная с 2001 года, верфь осваивала новые модели судов из композитов для каналов



**Рисунок 1.** Прогулочные суда из композиционных материалов коммерческого назначения, сверху вниз: Tarpon 32, Tarpon 37, Tarpon 42, Tarpon 49



**Рисунок 2.** Общее расположение прогулочного судна «Tarpon-49»



**Рисунок 3.** План палубы судна из композиционных материалов «Tarpon-49»

Tarpon 49 и Tarpon 32, Некоторые проекты судов были сертифицированы для морского судоходства, что позволило существенно расширить сбыт судов, в том числе, за пределы Франции (рис. 1).

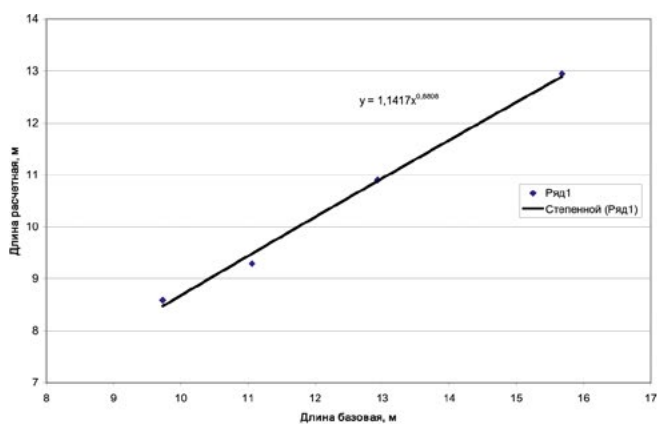
Более высокие мореходные качества прогулочных судов из композитов проектов Tarpon позволили существенно расширить географию их использования. В настоящее время, они, кроме большинства регионов Франции, используются также в Италии, Польше, Германии и Нидерландах [3–8].

Линейка проектов прогулочных судов из композитов коммерческого назначения Tarpon (Таблица 1) позволяет построить параметрический ряд судов и сформировать базу данных, которая может быть обработана методами регрессионного анализа. Для идентификации зависимостей главных элементов и других проектных характеристик судов из композитов

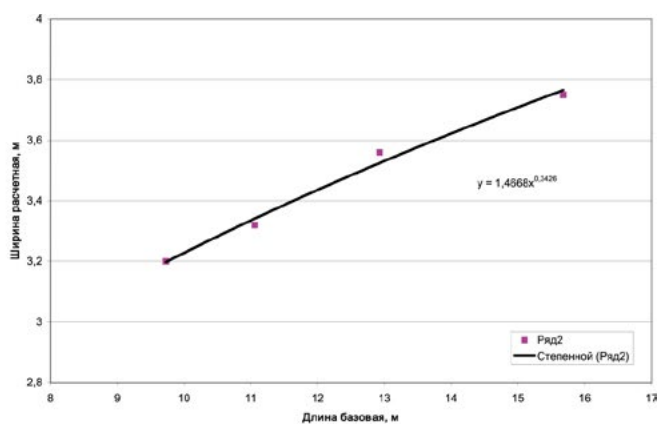
**Таблица 1.** Проектные характеристики прогулочных судов из композитов типа Tarpon

Проектная характеристика	Tarpon 32	Tarpon 37	Tarpon 42	Tarpon 49
Длина габаритная, м	9,73	11,06	12,93	15,68
Длина расчетная, м	8,59	9,29	10,9	12,95
Ширина расчетная, м	3,2	3,32	3,56	3,75
Удлинение L/B	2,68	2,79	3,06	3,45
Осадка, м	0,65	0,7	0,8	0,82
Отношение В/Т	4,92	4,74	4,45	4,57
Водоизмещение порожнем, т	6	8	10	11
Дедвейт, т	2,8	3,1	3,8	4
Полное водоизмещение, т	8,8	11,1	13,8	15
Мощность, л.с.	40	40	50	115
Энерговооруженность N/D л.с./т	4,54	3,60	3,62	7,67
Коэффициент полноты водоизмещения	0,490	0,514	0,444	0,377
Коэффициент утилизации по дедвейту	0,318	0,279	0,275	0,267

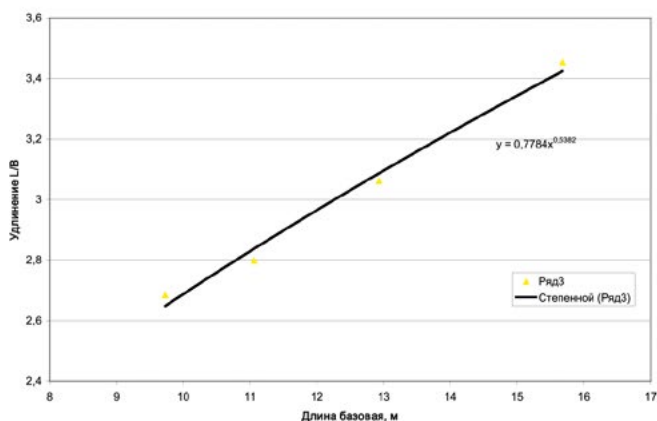




**Рисунок 4.** Изменение расчетной длины прогулочного судна из композитов коммерческого назначения по интервалу базовой длины



**Рисунок 5.** Изменение расчетной ширины прогулочного судна из композитов коммерческого назначения по интервалу базовой длины



**Рисунок 6.** Изменение удлинения L/B прогулочного судна из композитов коммерческого назначения по интервалу базовой длины

от их базовой длины (длины по несъемным частям) необходимо сформировать и сопоставить дискретные множества значений этих характеристик и аппроксимировать их по степенному закону в заданном интервале значений каждой из величин. Используя аппроксимирующие функции, можно получить достаточно достоверные зависимости, позволяющие определять главные элементы судна и другие его характеристики, такие, например, как дедвейт, или водоизмещение порожнем в первом приближении достаточно эффективно [9].

## Решение задачи

Прогулочные суда из композитов Tarpon имеют длину в диапазоне от 9,7 до 15,7 метров, ширину в диапазоне от 3,91 до 4,20 метров, осадку 0,65–0,82 метров, надводный габарит 2,70–2,95 метров. Суда имеют мощность от 40 до 115 л.с. В надстройках размещается от 2 до 5 кают, в которых может быть суммарно до 12 спальных мест (включая разборные кровати для детей). Количество санузлов может достигать до 4 штук на судно (при длине 15 м) [3–8].

На рисунке 1 приведен внешний вид прогулочных судов из композитов коммерческого назначения типа Tarpon четырех проектов.

Архитектурно-конструктивный тип судов типа

Tarpon имеет следующие особенности. Они имеют протяженную от носа до кормы надстройку. Ходовая рубка расположена в средней части. Все суда этого проекта имеют прогулочную палубу на крыше кормовой части надстройки и два поста управления: один внутри ходовой рубки, второй снаружи — на ее крыше. На крыше носовой части надстройки находится солярий.

В результате выполненного проектного анализа получены математические зависимости, отражающие рациональные соотношения прогулочных судов из композитов базовой длиной (LH) от 9 до 16 м. Проверка сбалансированности полученных значений проведена по проектировочным уравнениям: Плавучести и Нагрузки масс [11]. Суда данного типа эксплуатируются исключительно в водоизмещающем режиме движения.

Изменение расчетной длины прогулочного судна из композитов коммерческого назначения по интервалу базовой длины изображено на рис. 4 и оно описывается уравнением:

$$L = 1,1417L_H^{0,8808}$$

Изменение расчетной ширины прогулочного судна из композитов коммерческого назначения по интервалу базовой длины изображено на рис. 5 и оно описывается уравнением:

$$B = 1,4668L_H^{0,3426}$$

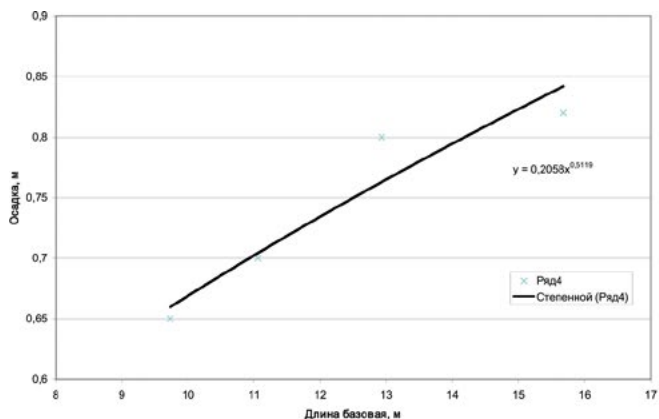
Изменение удлинения L/B прогулочного судна из композитов коммерческого назначения по интервалу базовой длины изображено на рис. 6 и оно описывается уравнением:

$$\frac{L}{B} = 0,7784L_H^{0,5382}$$

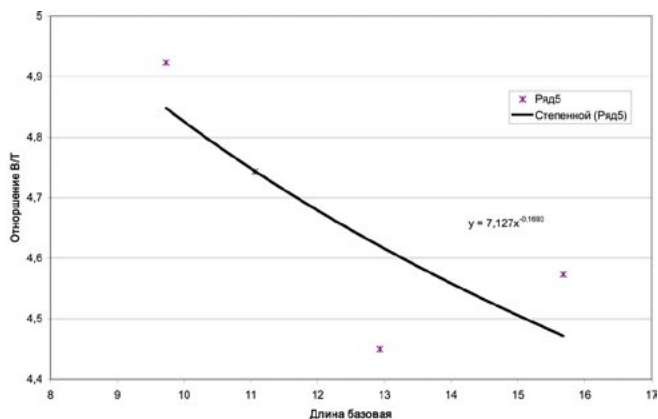
Изменение осадки прогулочного судна из композитов коммерческого назначения по интервалу базовой длины изображено на рис. 7 и оно описывается уравнением:

$$T = 0,2058L_H^{0,5119}$$

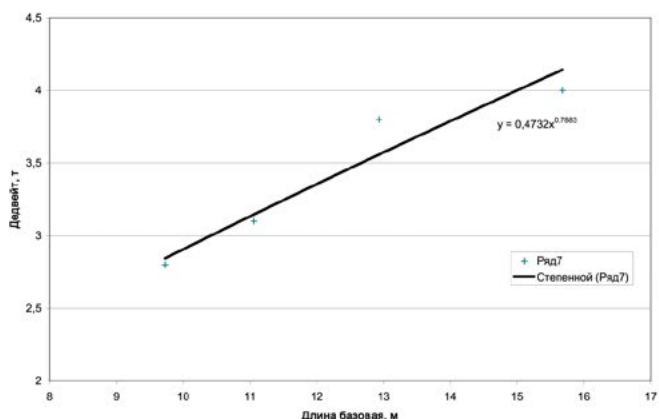
## Применение



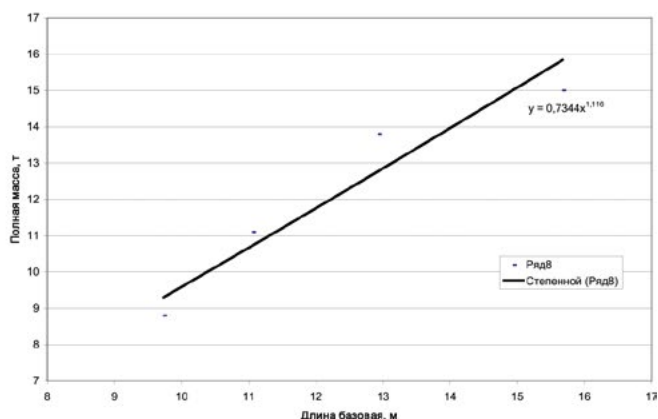
**Рисунок 7.** Изменение осадки прогулочного судна из композитов коммерческого назначения по интервалу базовой длины



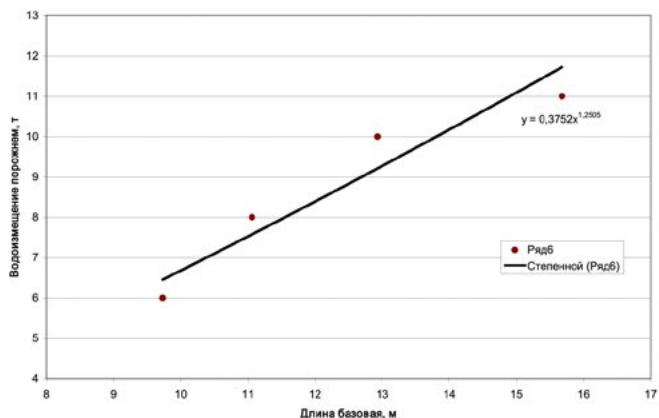
**Рисунок 8.** Изменение отношения В/Т прогулочного судна из композитов коммерческого назначения по интервалу базовой длины



**Рисунок 9.** Изменение полной массы прогулочного судна из композитов коммерческого назначения по интервалу базовой длины



**Рисунок 10.** Изменение водоизмещения порожнем прогулочного судна из композитов коммерческого назначения по интервалу базовой длины



**Рисунок 11.** Изменение дедвейта прогулочного судна из композитов коммерческого назначения по интервалу базовой длины

Изменение отношения В/Т прогулочного судна из композитов коммерческого назначения по интервалу базовой длины изображено на рис. 8 и оно описывается уравнением:

$$\frac{B}{T} = 7,127L_H^{-0,1693}$$

Изменение полной массы прогулочного судна из композитов коммерческого назначения по интер-

валу базовой длины изображено на рис. 9 и оно описывается уравнением:

$$D_{ПОР} = 0,3752L_H^{1,2505}$$

Изменение водоизмещения порожнем прогулочного судна из композитов коммерческого назначения по интервалу базовой длины изображено на рис. 10 и оно описывается уравнением:

$$DW = 0,4732L_H^{0,7883}$$

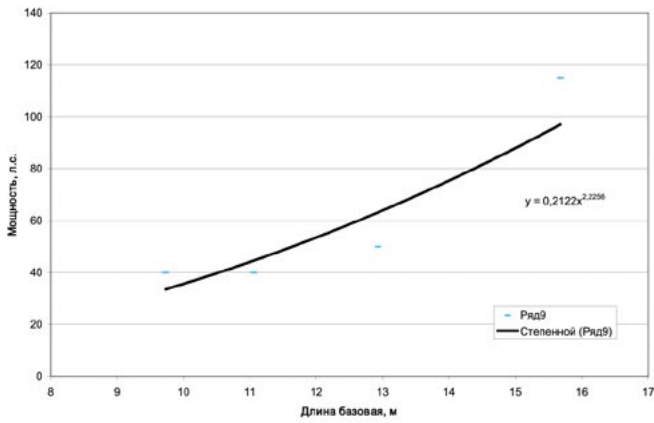
Изменение дедвейта прогулочного судна из композитов коммерческого назначения по интервалу базовой длины изображено на рис. 11 и оно описывается уравнением:

$$N = 0,2122L_H^{2,2256}$$

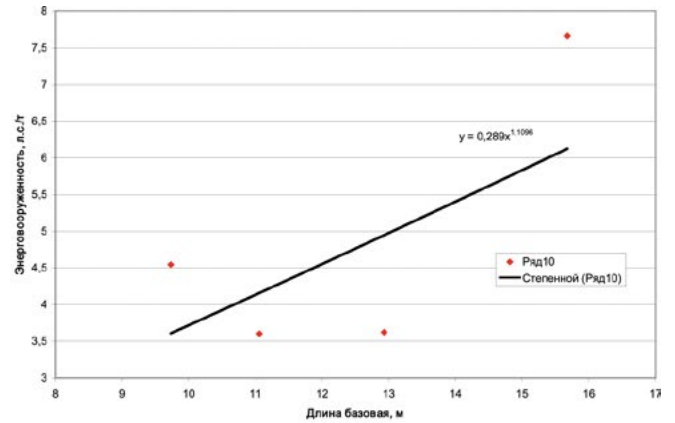
Изменение мощности прогулочного судна из композитов коммерческого назначения по интервалу базовой длины изображено на рис. 12 и оно описывается уравнением:

$$E_N = 0,289L_H^{1,1096}$$

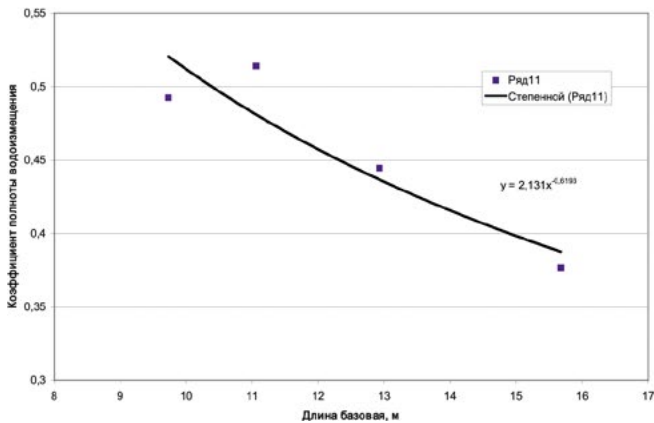
## Применение



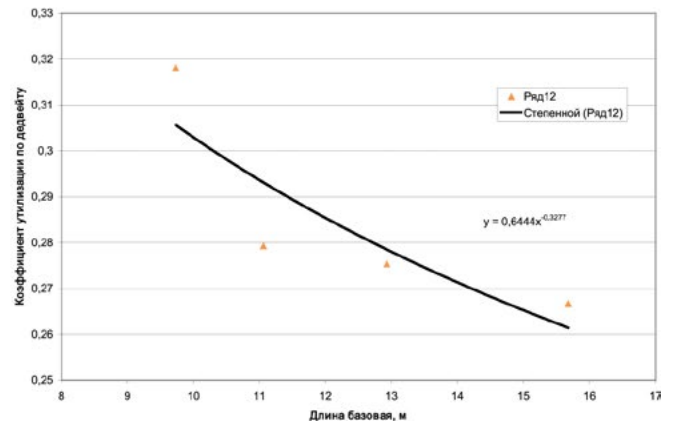
**Рисунок 12.** Изменение мощности прогулочного судна из композитов коммерческого назначения по интервалу базовой длины



**Рисунок 13.** Изменение энерговооруженности прогулочного судна из композитов коммерческого назначения по интервалу базовой длины



**Рисунок 14.** Изменение коэффициента полноты водоизмещения прогулочного судна из композитов коммерческого назначения по интервалу базовой длины



**Рисунок 15.** Изменение коэффициента утилизации по дедвейту прогулочного судна из композитов коммерческого назначения по интервалу базовой длины



**Рисунок 16.** Основные конструктивно-технологические решения, применяемые при постройке прогулочных судов коммерческого назначения типа Тагроп. Формование корпуса и установка в него переборок и выгородок (слева сверху); Подготовка к установке секции палубы (справа сверху); Секция палубы после извлечения из оснастки (слева внизу); Установка секции палубы с насыщением на корпус (справа внизу).

Изменение энерговооруженности прогулочного судна из композитов коммерческого назначения по интервалу базовой длины изображено на рис. 13 и оно описывается уравнением:

$$\delta = 2,131L_H^{-0,6193}$$

Изменение коэффициента полноты водоизмещения прогулочного судна из композитов коммерческого назначения по интервалу базовой длины изображено на рис. 14 и оно описывается уравнением:

$$\eta_{DW} = 0,6444L_H^{-0,3277}$$

Изменение коэффициента утилизации по дедвейту прогулочного судна из композитов коммерческого назначения по интервалу базовой длины изображено на рис. 15 и оно описывается уравнением:

Корпус и надстройка судов из композитов Tarpon (см. рис. 16) изготовлены методом контактного формования из армирующих материалов на основе нетканого стекловолокна (стекломатов) и полиэфирной смолы.

Толщина однослойной наружной обшивки корпуса выбрана таким образом, чтобы она не могла пострадать при швартовках, а также при случайном касании подводной части каналов. Надводный борт защищен несколькими рядами резиновых привальных брусьев. Толщина обшивки корпуса составляет не менее 23 мм. Она имеет однослойную конструкцию. По такой же схеме выполнена конструкция надстройки. В тех местах, где на надстройке могут находиться люди, ее толщина увеличена. Из стеклопластика методом контактного формования изготовлены все элементы санузлов, моек и т.п. Переборки и выгородки выполнены из водостойкой фанеры покрытой шпоном. Из специальной водостойкой фанеры выполнены также настилы в пассажирских помещениях внутри надстройки. Качество отделки внутренних помещений высокое, но отсутствуют декоративные элементы, которые принято устанавливать на лодках, предназначенных для частных лиц [10-12].

Проектирование и постройка судов данного типа могут быть полностью реализованы в рамках Правил отечественных классификационных обществ [13].

## Заключение

В данной статье выполнен проектный анализ прогулочных судов коммерческого назначения из композиционных материалов зарубежной постройки, приведены их главные размерения и другие проектные характеристики. Выполнен расчет изменения следующих проектных характеристик прогулочных судов из композитов в зависимости от размеров судна:

- расчетная длина;
- расчетная ширина;
- удлинение;
- осадка;
- отношение расчетной ширины к осадке;
- полная масса;

- водоизмещение порожнем;
- дедвейт;
- коэффициент полноты водоизмещения;
- мощность;
- энерговооруженность;
- коэффициент утилизации по дедвейту.

Расчеты представлены в графической и аналитической форме. Описаны конструктивные элементы корпусов из композитов и основные технологические схемы их формирования. Приведены графические иллюстрации. **КМ**

## Список использованных источников

1. Францев М.Э. Исследовательское проектирование судна из композиционных материалов с применением элементов концептуального анализа, как способ перехода от внешней задачи проектирования судна к формированию его логики — математической модели и иерархии подсистем. Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока 2010, №1, стр. 103-106.
2. Францев М.Э. Использование европейского опыта применения прогулочных судов из композиционных материалов для коммерческого использования в России. Композитный Мир 2023, № 1, стр. 40-47.
3. [www.lescanalous.com/en](http://www.lescanalous.com/en)
4. [www.lescanalous.com/en/boat/tarpon-49-qp/](http://www.lescanalous.com/en/boat/tarpon-49-qp/)
5. [www.lescanalous.com/en/boat/tarpon-42-tp/](http://www.lescanalous.com/en/boat/tarpon-42-tp/)
6. [www.lescanalous.com/en/boat/tarpon-37-dp/](http://www.lescanalous.com/en/boat/tarpon-37-dp/)
7. [www.lescanalous.com/en/boat/tarpon-37-dp/](http://www.lescanalous.com/en/boat/tarpon-37-dp/)
8. [www.lescanalous.com/en/boat/tarpon-32/](http://www.lescanalous.com/en/boat/tarpon-32/)
9. Францев М. Э. Способ проектного обоснования главных элементов и других характеристик судов из композиционных материалов при помощи анализа баз данных, Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия Морская техника и технология № 3, 2011, стр. 37-46.
10. D. Hull and T.W. Clyne. An introduction to composite material. Cambridge University Press, 1996, 327 p.
11. Greene E. Marine composites. Second Edition. Eric Greene Associates, Inc., Annapolis, 1999.
12. Нелюб В.А., Францев М.Э., Бородулин А.С. Технология производства малотоннажных судов из композиционных материалов, - М. Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021 – 219 стр.
13. Францев М.Э. Особенности расчетов прочности прогулочного судна из композиционных материалов коммерческого назначения на основе Правил отечественных Классификационных обществ, Труды Всероссийской научно-технической конференции по строительной механике корабля «Бубновские чтения – 2022», СПб, 2022.

# VITRULAN HIGHFLOW MARINE

High Flow от Vitrulan — это инновационная стеклоткань, которая оптимизирует пропитку во время инфузии, помогая дизайнерам и производителям создавать более качественный и легкий стеклопластик для водного транспорта.

Легкий стеклопластик всегда помогал снизить расход топлива и выбросы вредных веществ, а также пригоден для агрессивной и сложной морской эксплуатации.

Водный транспорт переходит к закрытым методам формования, таким как инфузия смолы и RTM.

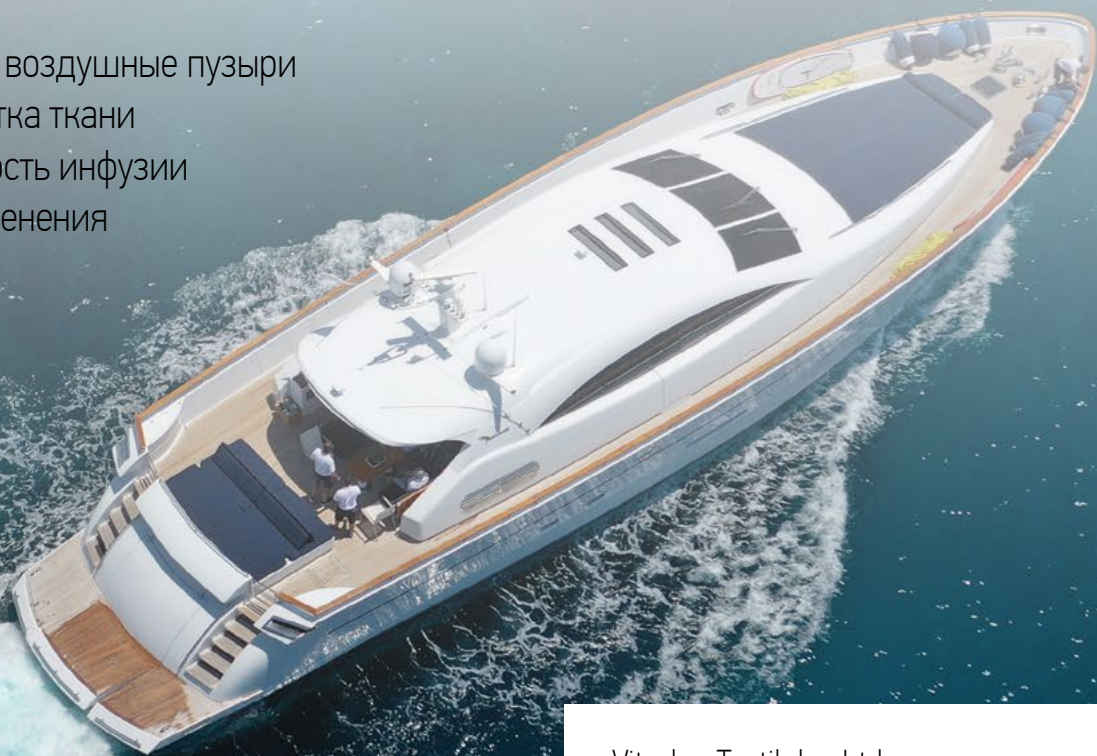
## **ОСНОВНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА:**

Минимальные воздушные пузыри

Полная пропитка ткани

Высокая скорость инфузии

Простота применения



Vitrulan Textilglas Ltd  
Москва г, Малая Семёновская, д.9, стр. 3  
Т +74951753532101 | М +7-910-001-02-50  
E-Mail: Alexey.gorshkov@vitrulan.com  
Internet: [www.vitrulan.com/ru](http://www.vitrulan.com/ru)

# Отраслевые мероприятия 2024

## март

Конференция «Полиуретаны», Москва | [creon-conferences.com](https://creon-conferences.com)

## 5–7 марта

Выставка JEC World 2024, Франция | [www.jec-world.events](https://www.jec-world.events)

## 26–28 марта

Композит-Экспо — международная выставка: композитные материалы, технологии производства, оборудование, изделия из композиционных материалов, Москва | [www.composite-expo.ru](https://www.composite-expo.ru)

Полиуретанэкс — международная выставка: полиуретаны, полиуретановые материалы, технологии производства, сферы использования, Москва | [www.polyurethanex.ru](https://www.polyurethanex.ru)

## 24–26 апреля

HI-TECH 2024 — международная выставка инноваций и конкурс научных разработок, Санкт-Петербург | [hitech-expo.ru](https://hitech-expo.ru)

Петербургская техническая ярмарка, Санкт-Петербург | [ptfair.ru](https://ptfair.ru)

## 30–31 мая

Специализированная выставка «Экипировка» | [equipexpo.ru](https://equipexpo.ru)

## 18–20 июня

Rosplast — специализированная выставка сырья, оборудования и технологий для производства изделий из пластмасс, Москва | [rosplast-expo.ru](https://rosplast-expo.ru)

Rosmould & 3D-TECH — специализированная выставка формообразующей оснастки, Аддитивные технологии и 3D-печать, Москва | <https://rosmould.ru>

## 12–18 августа

Международный военно-технический форум «Армия-2024», Московская обл., Кубинка | [www.rusarmyexpo.ru](https://www.rusarmyexpo.ru)

## 3–5 сентября

Technotextil 2024 — международная выставка технического текстиля и нетканых материалов. Сырье, оборудование, продукция, Москва | [technotextil.ru](https://technotextil.ru)

## сентябрь

Выставка «Полимеры и композиты» Беларусь, Минск | [polymerexpo.by](https://polymerexpo.by)

## 26–28 июня

Central Asia Plast World 2024, Алматы, Казахстан | [www.plastworld.kz](https://www.plastworld.kz)

## ноябрь

Конференция «Полиэфирные и эпоксидные смолы», Москва | [creon-conferences.com](https://creon-conferences.com)

## ноябрь

Международный форум-выставка «Российский промышленник», Санкт-Петербург | [promexpo.expoforum.ru](https://promexpo.expoforum.ru)



# ДЮРОПЛАСТИК™ ТРУДНОГОРЮЧИЙ СТЕКЛОКОМПОЗИТ

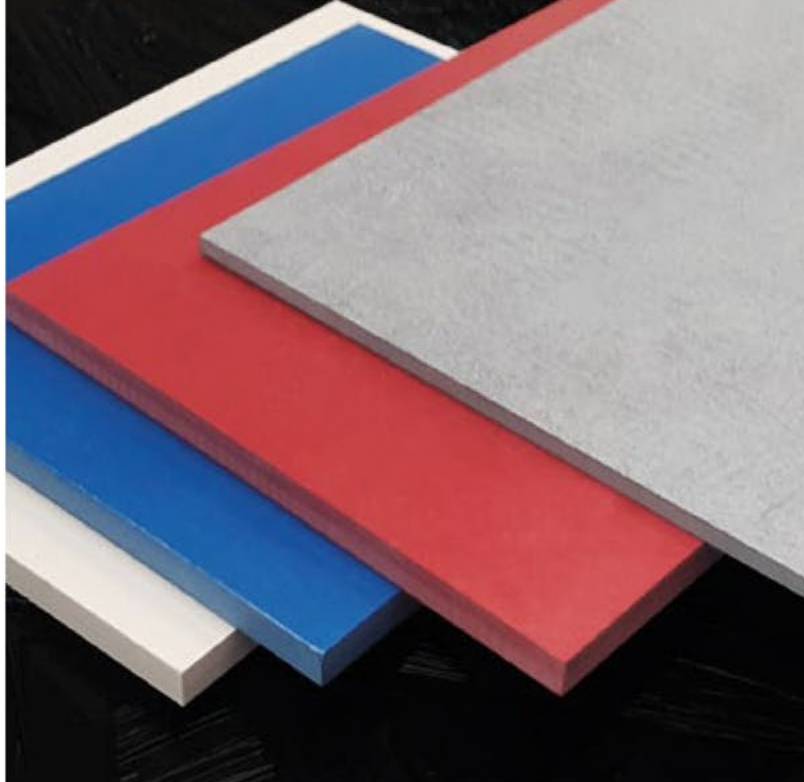
## ОПИСАНИЕ:

«ДЮРОПЛАСТИК» представляет собой стеклокомпозит, изготавливаемый посредством инжестирования связующего на основе модифицированных ненасыщенных полиэфирных смол и минеральных наполнителей в горячую форму с армирующим стекломатом.



## ПРИМЕНЕНИЕ:

Данный материал предназначен для применения в качестве электрической изоляции класса нагревостойкости F (155°C) в электрораспределительной аппаратуре, коммутационной высоковольтной и низковольтной аппаратуре, в сухих силовых трансформаторах, деталях электрических машин, дугогасительных камерах силовых выключателей, корпусах электроаппаратов, изоляционных корпусных элементах ветрогенераторов и инверторов тока.



## СВОЙСТВА:

Материал имеет однородную структуру, обуславливающую стабильные физические свойства. Сочетает высокие конструкционные и диэлектрические качества. Обладает хорошей стабильностью электрических свойств при высокой влажности и сравнительно высокой дугостойкостью и трекингоустойкостью. Стекло-композит обладает стойкостью к воздействию слабых щелочей и кислот, масел, растворителей; относится к трудногорючим материалам. Длительно допустимая рабочая температура от минус 100°C до 155°C.

Соответствует:  
стандарту GPO3 согласно NEMA LI.1  
стандарту UPGM203 согласно EN 60893

## ФОРМА ПОСТАВКИ:

Выпускается согласно  
ТУ22.21.42-010-96763961-2018

Стандартная форма поставки изделий:

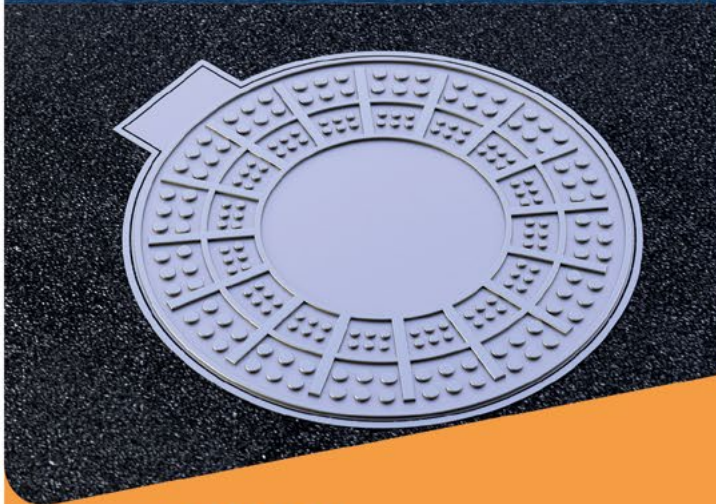
- в виде листов размерами:  
Толщина 3 – 50: 2500x1500 мм и 2440x1220 мм
  - в виде формованных объемных изделий с толщиной стенки от 3 до 50 мм и произвольным габаритом в пределах 4x4 м
- Цвет – красный, белый.  
Другие цвета – по согласованию.



группа компаний  
**КОМПОЗИТ**



Lütfen QR kodu  
akıllı cihazınızla  
okutunuz.  
Please read  
QR code smart  
device.  
[composite-shop.ru](http://composite-shop.ru)



## СМОЛЫ

ЛИТЬЕВЫЕ  
ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ  
ХИМИЧЕСКИ СТОЙКИЕ  
СМОЛЫ ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОГО  
ЛАМИНИРОВАНИЯ  
DCRPD  
ДЛЯ НАМОТКИ ТРУБ  
МАТРИЧНЫЕ  
СМОЛЫ ДЛЯ RTM И ИНФУЗИИ  
СМОЛЫ ДЛЯ ПУЛТРУЗИИ

СМОЛЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПУГОВИЦ  
СМС-ВМС  
ВИНИЛЭФИРНЫЕ  
ЭЛАСТИЧНЫЕ СМОЛЫ  
ОГНЕСТОЙКИЕ  
СМОЛЫ ДЛЯ АРМИРОВАНИЯ  
АКРИЛОВОГО ЛИСТА  
**КЛЕЯЩИЕ ПАСТЫ**  
**ГЕЛЬКОУТЫ**



Lütfen QR kodu  
akıllı cihazınızla  
okutunuz.  
Please read  
QR code smart  
device.  
[eskim.com.tr](http://eskim.com.tr)

**eskim®**