

КОМПОЗИТНЫЙ МИР

ISSN 2222-5439

#2 (103)
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

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.

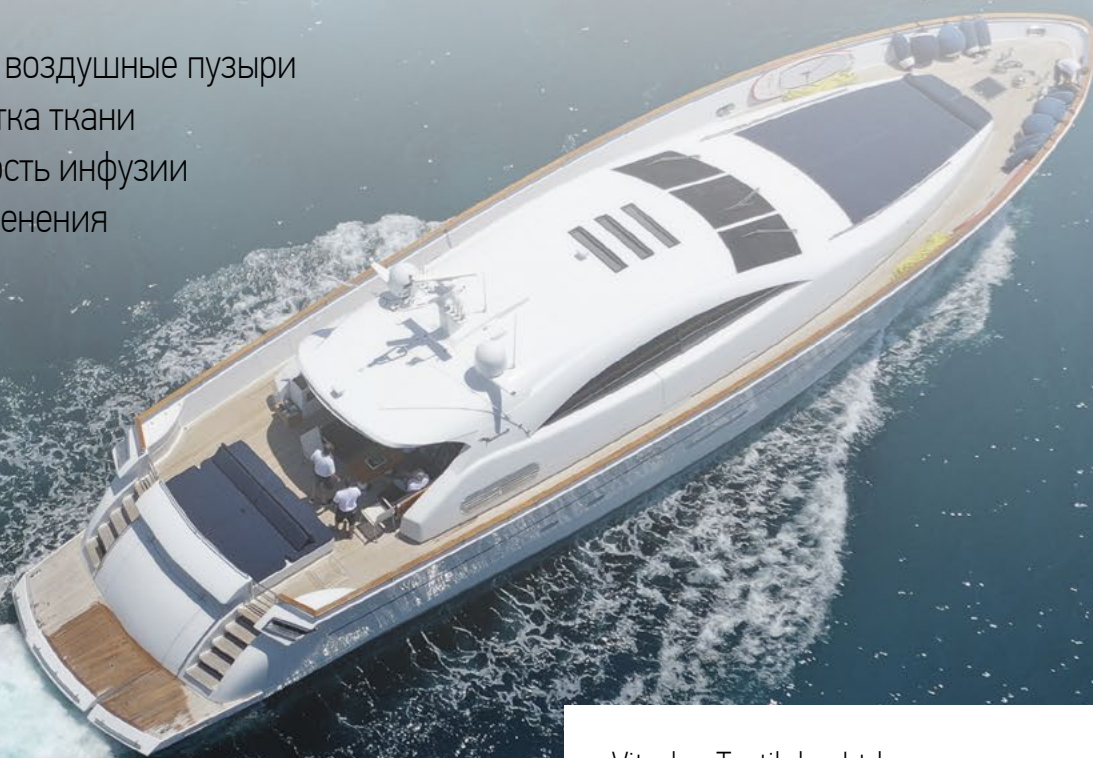
ОСНОВНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА:

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



Будущее композитной отрасли

Эту заметку я пишу из образовательного центра Сириус, где проходит конкурс научно-технологических проектов «Большие вызовы» для старшеклассников и студентов. Наша команда работает над созданием трехслойной композитной конструкции для нужд судостроения. Заказчиком проекта выступила Объединенная судостроительная корпорация. Все необходимое сырье и вспомогательные материалы для изготовления сэндвич-композитов безвозмездно предоставила компания ХимСнаб Композит.

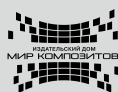
Подробнее о конкурсе читайте на странице 10. А в следующем номере журнала представим вам подробный отчет с результатами нашей работы.

С удовольствием отмечаю, что интерес к композитам у школьников огромный! Многие к 10 классу уже участвовали в проектах, связанных с композитами, с интересом изучают новые материалы, интересуются современными технологиями и планируют связать свою жизнь с композитной отраслью. Если такие школьники в будущем будут стоять у руля композитной отрасли — нас непременно ждет прорыв во многих направлениях!

Читайте с пользой!

С уважением, Ольга Gladунова





Научно-популярный журнал
Композитный мир
#2 (103) 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 10.07.2023

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

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

Научные консультанты:

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

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

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

* За содержание рекламных объявлений
редакция ответственности не несет.

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

Мнение редакции может не совпадать с мнением автора



Отрасль

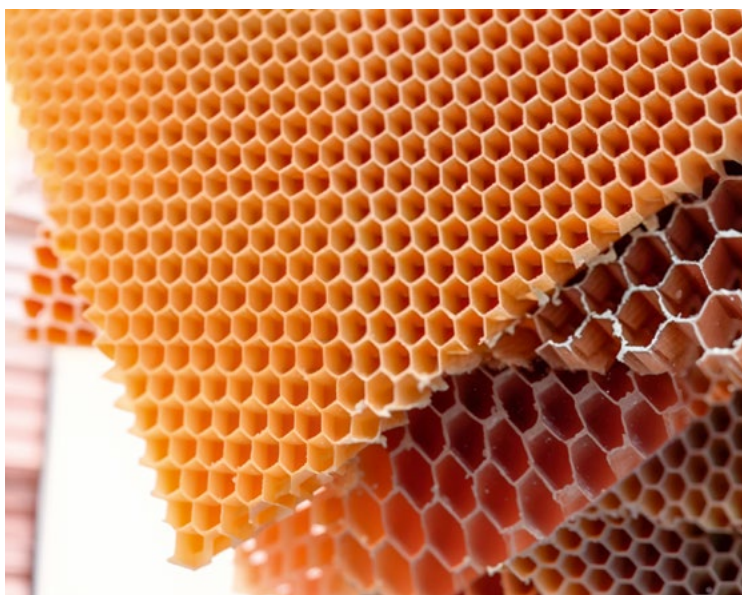
Без комментариев!.....	6
Вызов принят.....	10

Событие

X юбилейный форум «Композиты без границ».....	12
Итоги 15-й международной специализированной выставки «Композит-Экспо 2023».....	16
Кадры для композитной отрасли.....	22

Материалы

Клеи AXIOM: применение с композитными материалами.....	24
Перспективы развития производства отечественных арамидных нитей.....	26
Интернет-магазин Carbo-Carbo расширяет ассортимент материалов.....	30
Материалы для изготовления композитной оснастки от компании ООО «Композит-Изделия».....	34



Технологии

Расчеты судовых конструкций из композитов: отечественная SIGMA-LAM 36

Разработка полимерных композиционных материалов с применением искусственного интеллекта (обзор) 42

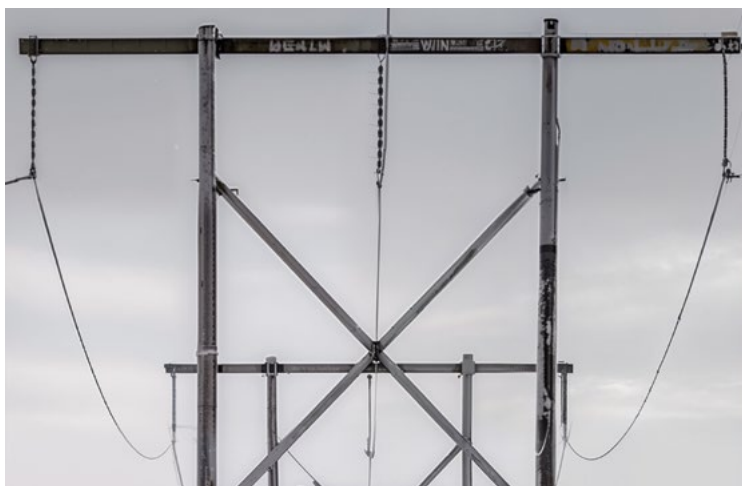
Оборудование

Работай на отечественном! 48

Применение

Перспективы и опыт применения композитных материалов для фундаментов опор и самих опор воздушных линий электропередач (ВЛ) 50

Отраслевые мероприятия 2023 58





Ю. В. Холодников

Бесконечно можно смотреть на три вещи: как горит огонь, как течет вода и как работает наш менеджмент над «развитием» композитной отрасли в России.

Без комментариев!

28-29 марта 2023 г. в Москве прошел X Форум «Композиты без границ», организованный композитным дивизионом Росатома — АО «ЮМАТЕКС».

«Ключевые акценты пленарного заседания форума «Перспективы отечественной отрасли композитов в условиях новых вызовов и возможностей» были сделаны на текущем состоянии отечественной промышленности в сфере новых материалов. «Правительство поставило нам новую задачу, мы подписали новую дорожную карту по дальнейшему развитию отрасли. Задача я вижу три. Первая — дальнейшее расширение продуктовой линейки: это и крылья самолетов, и обтекатели для транспорта, и хоккейные клюшки, серфы и многое другое. Одним словом, «композиты в массы» — то есть удовлетворение широкого индустриального и потребительского спроса. Вторая задача научно-технологическая — это понятное количество фундаментальных и прикладных исследований. Третья тема — люди. Нам нужны большие программы подготовки, нужны специалисты по всей производственной линейке: технологи, конструкторы, химики и другие. Получается, что перед нами триединая задача: максимальное движение в сторону конечных продуктов, научно-технический задел и подготовка нового поколения композитчиков», — отметил глава Росатома Алексей Лихачев.»

Источник: Пресс-служба АО «ЮМАТЕКС»

Я уже писал о принципиальных различиях с руководством «ЮМАТЕКС» (получается и с главой Росатома) по вопросам развития композитной отрасли [1]. Что-то мне подсказывает, что очередной поход за перспективами развития композитов в стране закончится, как и все предыдущие потуги т.е. — ничем. Чтобы не быть голословным и очернителем «дум высоких стремленья», предлагаю читателям краткую подборку этапов реализации различных государственных программ по развитию рассматриваемой отрасли производства, а выводы делайте сами.

Итак:

«Для выполнения грандиозной программы развития химической промышленности в текущем семилетии (1959–1965 г.г.) в нашей стране предусмотрено строительство заводов по производству различных видов стеклопластических материалов. На основе полиэфирных, фенольных и других смол и стекловолоконных наполнителей будет организован выпуск большого количества различных плоских, волнистых и профилированных материалов из стеклопластиков непрерывной длины, строительных и санитарно-технических деталей и изделий, мягких кровельных и гидроизоляционных материалов, материалов для полов, мебели и т.п.»

А. Г. Сорочихин. Стеклопластики. Производство и применение. Академия архитектуры и строительства СССР. — ГОССТРОЙИЗДАТ - М. - 1961 г. - 167 с..

«В 1980-х годах СССР занимал третье место в мире по применению композитов, однако в 1990-е годы развитие отрасли практически остановилось.»

«Композиты на марше»
Современные материалы, #2, 2018

«Без развития композитной отрасли Россия рискует потерять конкурентоспособность многих отечественных отраслей, и это именно то направление, где можно значительно продвинуться вперед, сказал президент России Владимир Путин на первом заседании созданного в июне 2012 года совета при президенте по модернизации экономики и инновационному развитию России.»

Подробнее — www.unctm.ru

«Ключевым приоритетом развития отрасли

производства композитных материалов является открытие массовых рынков продукции, которое сможет обеспечить ей необходимый денежный поток для запуска инвестиционных проектов и дальнейшего развития. Реализуемые в рамках «дорожной карты» меры государственного регулирования должны создать необходимые условия для формирования и развития современной отрасли композитных материалов, способной конкурировать на внутреннем и мировом рынках».

Распоряжение Правительства РФ от 24 июля 2013 года №1307-р «Об утверждении плана мероприятий («дорожной карты») «Развитие отрасли производства композитных материалов»

«Ключевым приоритетом развития отрасли является открытие массовых рынков для композиционных материалов (композитов) и изделий из них гражданского назначения, которое сможет обеспечить ей необходимый денежный поток для запуска инвестиционных процессов и дальнейшего развития.

Для реализации приоритетных направлений развития композитной отрасли обеспечивается взаимная увязка мероприятий подпрограммы с деятельностью технологической платформы «Новые полимерные композиционные материалы и технологии» (утверждена в соответствии с решением Правительственной комиссии по высоким технологиям и инновациям, пункт II «О перечне технологических платформ» протокола заседания от 1 апреля 2011 г. N 2) и пилотными проектами отраслевых инновационных промышленных кластеров».

Распоряжение Правительства РФ от 29.08.2013 N 1535-р «Об утверждении государственной программы Российской Федерации Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности (в новой редакции)». Подпрограмма 14. «Развитие производства композиционных материалов (композитов) и изделий из них».

Основаниями для разработки и реализации данной подпрограммы, определяющими приоритеты государственной политики в области композиционных материалов (композитов), являются:

- Перечень поручений Президента Российской Федерации от 12 ноября 2012 г. N Пр-3028 по итогам заседания Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России от 24 октября 2012 г.;
- Перечень поручений Председателя Правительства Российской Федерации от 20 ноября 2012 г. ДМ-П8-6998;
- Протокол заседания Правительственной Комиссии по высоким технологиям и инновациям от 1 апреля 2011 г. N 4;
- Стратегия инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года, утвержденная

Распоряжением Правительства Российской Федерации от 8 декабря 2011 г. N 2227-р;

- Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года, одобренные на заседании научно-технического совета Военно-промышленной комиссии при Правительстве Российской Федерации (Протокол от 2 декабря 2011 г. N ВПК (НТС)-27пр).

«Цель программы — формирование основы для создания и развития современной отрасли промышленности, обеспечивающей глобальную конкурентоспособность, инновационное развитие и рост экспортного потенциала ключевых секторов российской экономики».

Постановление Правительства РФ от 15 апреля 2014 г. N 328 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности». подпрограммы 14 «Развитие производства композиционных материалов (композитов) и изделий из них».

«Ключевой целью развития отрасли композиционных материалов является формирование устойчивого и конкурентоспособного сектора российской промышленности, который обеспечит стратегические отрасли-потребители в России и за рубежом высокотехнологичной продукцией с высокой добавленной стоимостью и займет не менее 4 процентов общемирового объема рынка композиционных материалов к 2035 году.

Приоритетными направлениями развития отрасли композиционных материалов являются:

- формирование комплексной системы нормативно-технических, нормативных правовых и других документов, регулирующих производство, подтверждение соответствия и применение композиционных материалов в приоритетных отраслях-потребителях, включая радиоэлектронную промышленность, авиационную промышленность, строительство;
- увеличение объема производства и потребления композиционных материалов за счет открытия и расширения новых областей применения в приоритетных отраслях-потребителях;
- поддержка научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, направленных на создание новых композиционных материалов и компонентов для их производства и разработку новых технологических процессов по формированию изделий на основе композиционных материалов, требующих минимальной обработки до готового изделия и (или) позволяющих формировать продукцию с заданными свойствами и характеристиками;
- формирование условий для технического перевооружения и модернизации действующих и создания новых экономически эффективных, ресурсо- и энергосберегающих и экологически безопасных

- производство композиционных материалов и изделий на их основе;**
- расширение экспортного потенциала российских предприятий, представляющих отрасль композиционных материалов;**
- импортозамещение компонентов иностранного происхождения, используемых при производстве композиционных материалов».**

ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
 Распоряжение от 6 июня 2020 г. N 1512-р
 «Сводная стратегия развития обрабатывающей промышленности Российской Федерации до 2024 года и на период до 2035 года».
 Подпрограмма XV.» Приоритетные направления развития отрасли композиционных материалов Российской Федерации».

«В целях организации в Минпромторге России работы по формированию отраслевых планов мероприятий по импортозамещению в гражданских отраслях промышленности Российской Федерации, а также в целях реализации плана содействия импортозамещению в промышленности, утвержденного распоряжением Правительства Российской Федерации от 30 сентября 2014 г. N 1936-р,».

МИНПРОМТОРГ РФ приказ от 2 июля 2021 г. N 2423. «Об утверждении плана мероприятий по импортозамещению в промышленности композиционных материалов (композитов) и изделий из них в Российской Федерации».

18 октября 2017 г. в Конгресс-центре технополиса «Москва» состоялся V форум «Композиты без границ». Мероприятие проводится под эгидой Министерства промышленности и торговли РФ.

Цель форума — расширение применения композитов в различных отраслях экономики, обсуждение развития рынка композитов, обмен опытом. Также на форуме будет представлено передовое оборудование для выпуска композитных материалов и изделий.

25 октября 2018 г. в Инновационном центре «Сколково» состоялся VI Форум «Композиты без границ». Форум прошёл при поддержке Министерства промышленности и торговли России.

Ключевой вопрос дискуссии: в состоянии ли композитные материалы в ближайшее время совершить промышленную революцию за счёт придания новых характеристик, преимуществ, более высокого качества традиционным и новым изделиям в разных отраслях промышленности, повышая их конкурентоспособность?

17 октября 2019 года в Москве состоялся VII Ежегодный форум «Композиты без границ». Мероприятие прошло под эгидой Министерства промышленности и торговли Российской Федерации.

По сложившейся традиции мероприятие стало рабочей площадкой для обсуждения глобальной технологической повестки в отрасли композитов. В частности, в этом году Форум был посвящен оценке

рынка композитов в России и мире, а также обсуждению трендов и тенденций роста и развития, технологий производства композитов и готовых изделий, новых применений композитов, примеров их успешного внедрения, а также импортозамещения в стратегических отраслях промышленности.

22 октября 2020 года на универсальной промышленной платформе «Иннопром» состоялся VIII форум «Композиты без границ».

На площадке события международные и российские эксперты, представители государственной и региональной власти, главы крупных корпораций и институтов развития обсудили возможности интеграции российского композитного рынка в мировую повестку и применения передовых материалов в разных отраслях промышленности.

17 ноября 2021 г. состоялся IX ежегодный форум «Композиты без границ» в партнерстве с Международной промышленной выставкой ИННОПРОМ. Мероприятие пройдет в двух форматах очно в Технопарке «Сколково» онлайн на площадке ИННОПРОМ- Online.

Форум «Композиты без границ» направлен на интеграцию российской композитной отрасли в мировую технологическую повестку, продвижение отечественных композитных материалов и технологий, развитие кооперации между ключевыми участниками рынка РФ.

О десятом форуме «Композиты без границ» — см. в начале статьи.

И так далее

В заключение пара цитат об итогах реализации многочисленных постановлений, приказов, распоряжений, решений и т.п.

«По словам главы Минпромторга Дениса Мантурова, на сегодняшний день потребление композитных материалов на душу населения составляет в России всего 0,5 кг, что в 15 раз меньше, чем в развитых странах.»

«Композиты на марше»
 Современные материалы, #2, 2018

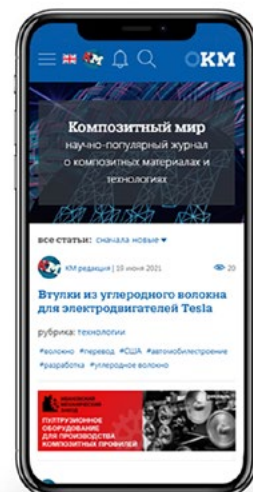
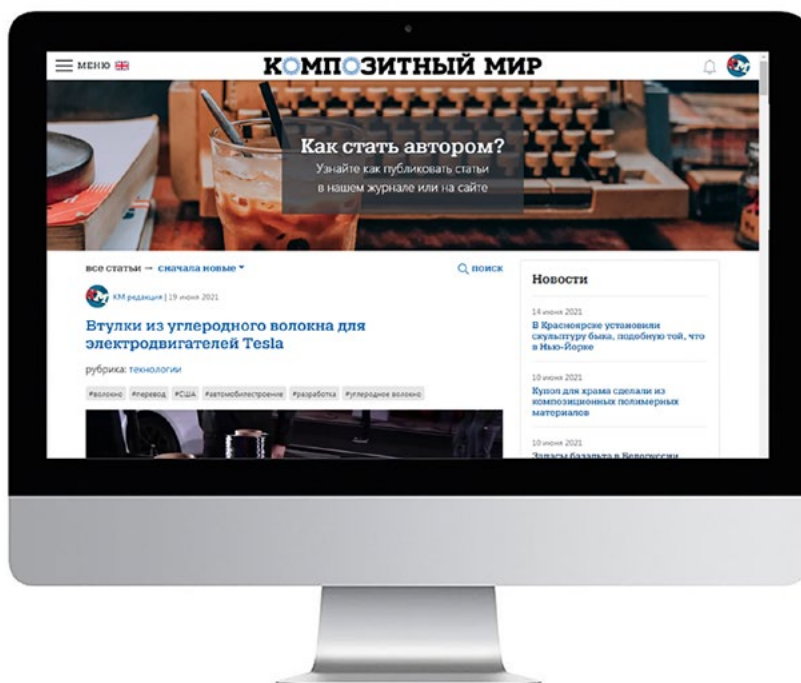
«Сегодня мировой рынок композитов (КМ) стабильно растет на 8–10% в год и уже достиг объема порядка 17 миллионов тонн, или в стоимостном выражении — около 100 млрд долларов. Главные производители Китай, США и Европейский союз. Российская же доля в мировом производстве композитов составляет 0,3–0,5%. Смехотворно мало.»

3 (162) Совет директоров Татьяна Эмих

Мой диагноз — безответственность, безнаказанность, безразличие! **КМ**

Литература

1. Холодников Ю.В. «Давайте изобретать велосипеды!». / Композитный мир. №6 2022 г.



www.compositeworld.ru



Портал о композитных материалах, их проектировании, производстве и применении





Образовательный
центр Сириус



Наталья Лукичева



Ольга Gladunova

Вызов принят

Старший преподаватель кафедры НВКМ СПГУПТД Наталья Лукичева и главный редактор журнала Композитный мир Ольга Gladunova в Сириусе на проекте «Большие вызовы».

Седьмой сезон всероссийского конкурса научно-технологических проектов «Большие вызовы» проходит с 1 по 24 июля 2023 г в образовательном центре Сириус. Это масштабное мероприятие для старшеклассников и студентов, которые занимаются научной или исследовательской деятельностью. В предыдущих 6 сезонах в конкурсе участвовали больше 90 тысяч школьников из 83 регионов.

Цель конкурса — выявление и развитие у молодежи творческих способностей, интереса к проектной, научной (научно-исследовательской), инженерно-технической, изобретательской и творческой деятельности, популяризация научных знаний и достижений.

Конкурс проходит по 13 направлениям, среди которых: нанотехнологии, космические технологии, новые материалы, беспилотный транспорт, современная энергетика, освоение Арктики и мирово-

го Океана, генетика, биомедицина, умный город и безопасность, искусственный интеллект, передовые производственные технологии и другие.

Наталья Лукичева и Ольга Gladunova приехали в Сириус в качестве педагогов-наставников одного из проектов направления «Новые материалы».

Проект будет связан с созданием новых композитных материалов для нужд судостроения. Инициатором выступила Объединенная судостроительная корпорация. В течение 24 дней школьники под руководством педагогов-наставников будут работать над проектом, познавать теоретические знания и отрабатывать все на практике. Процесс обучения проходит в Университете Сириус (Парке науки и искусств). В распоряжении нашей команды оборудованная лаборатория, лучшие приглашенные лекторы — эксперты в своих областях и самые современные материалы, любезно



предоставленные компанией ХимСнаб Композит. 23 июля состоится итоговая конференция, на которой команды будут защищать свои проекты, а 24 июля — торжественное закрытие конкурса и фестиваль проектов.

Об Образовательном центре Сириус

Образовательный центр «Сириус» создан Образовательным Фондом «Талант и успех» на базе олимпийской инфраструктуры по инициативе Президента Российской Федерации В.В. Путина. Фонд учрежден 24 декабря 2014 г. выдающимися российскими деятелями науки, спорта и искусства.

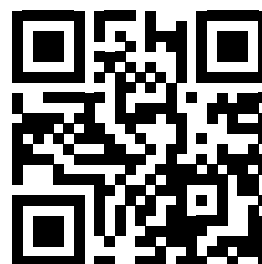
Свою деятельность центр ведет на основании устава Фонда и лицензии на осуществление образовательной деятельности при поддержке и координации Министерства образования и науки Российской Федерации, Министерства спорта Российской Федерации и Министерства культуры Российской Федерации.

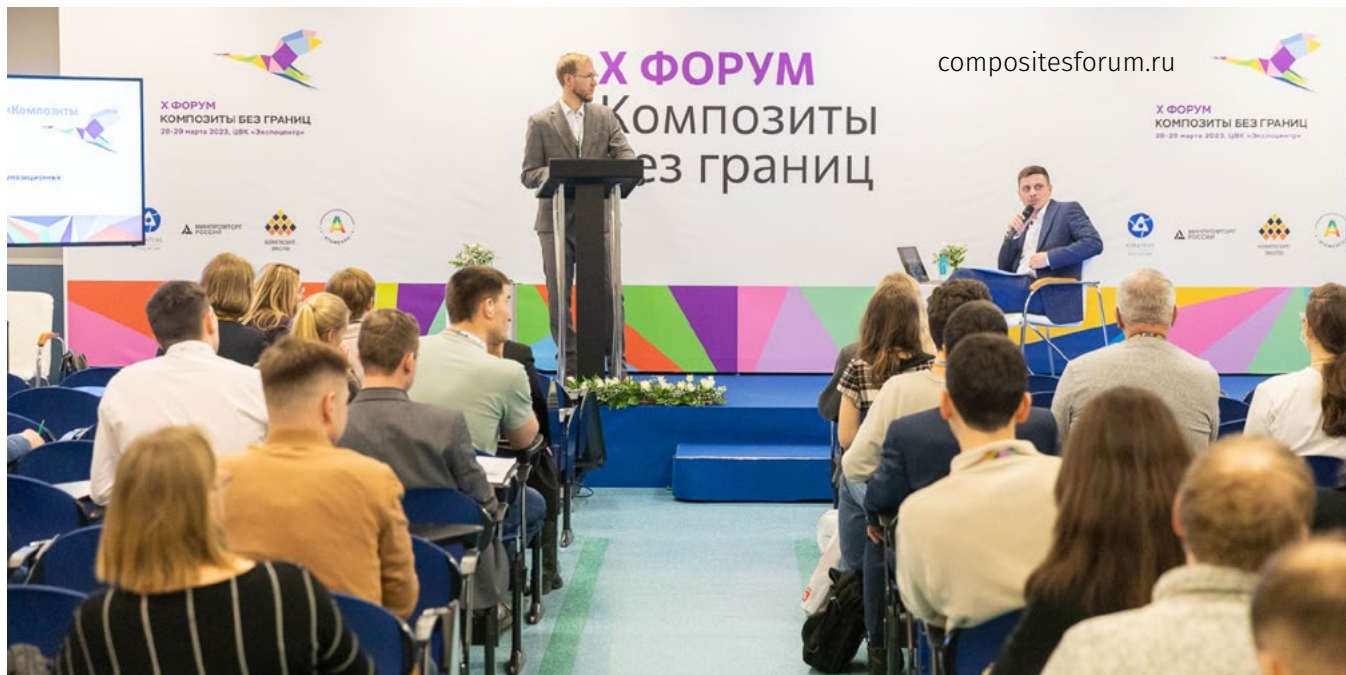
Цель работы Образовательного центра «Сириус» — раннее выявление, развитие и дальнейшая профессиональная поддержка одарённых детей, проявивших выдающиеся способности в области искусств, спорта, естественнонаучных дисциплин, а

также добившихся успеха в техническом творчестве.

Центр работает круглый год. Проезд и пребывание в Центре для детей бесплатные. Ежемесячно в «Сириус» приезжают 800 детей в возрасте 10-17 лет из всех регионов России. Их сопровождают более 100 преподавателей и тренеров, повышающих в Центре свою квалификацию. Образовательная программа рассчитана на 24 дня и включает в себя как занятия по специальности, так и развивающий досуг, мастер-классы, творческие встречи с признанными в своих областях профессионалами, комплекс оздоровительных процедур, а в течение учебного года общеобразовательные занятия. **КМ**

Узнать о критериях отбора в Центр и подать заявку на конкурсный отбор можно на сайте: sochisirius.ru





X юбилейный форум «Композиты без границ»

28-29 марта в Москве прошел X юбилейный форум «Композиты без границ», организованный композитным дивизионом Росатома — ЮМАТЕКС. В рамках форума прошло 7 панельных дискуссий и круглых столов, собравших экспертов из России, Индии, Италии, ЮАР, Китая и других стран.

Пленарное заседание «Перспективы отечественной отрасли композитов в условиях новых вызовов и возможностей» открыл генеральный директор Госкорпорации «Росатом» Алексей Лихачев, который зачитал обращение Председателя Правительства Российской Федерации Михаила Мишустина участникам форума. В обращении был отмечен вклад в развитие композитной отрасли, который внесли госкорпорация «Росатом» и её дивизион «Юматекс», «Ростех», АФК

«Система», МГУ имени М.В. Ломоносова и РХТУ имени Д.И. Менделеева, а также наличие в России серьезного научного, технологического и промышленного потенциала для ее дальнейшего роста.

Ключевые акценты пленарного заседания форума «Перспективы отечественной отрасли композитов в условиях новых вызовов и возможностей» были сделаны на текущем состоянии отечественной промышленности в сфере новых материалов. «Правительство поставило нам новую задачу, мы подписали новую дорожную карту по дальнейшему развитию отрасли. Задача я вижу три. Первая — дальнейшее расширение продуктовой линейки: это и крылья самолетов, и обтекатели для транспорта, и хоккейные клюшки, серфы и многое другое. Одним словом, «композиты в массы» — то есть удовлетворение широкого индустриального и потребительского спроса. Вторая задача научно-технологическая — это понятное количество фундаментальных и прикладных исследований. Третья тема — люди. Нам нужны большие программы подготовки, нужны специалисты по всей производственной линейке: технологи, конструкторы, химики и другие. Получается, что перед нами триединая задача: максимальное движение в сторону конечных продуктов, научно-технический задел и подготовка нового поколения композитчиков», — отметил глава Росатома Алексей Лихачев.

По мнению экспертов в 2016 году доля импорта в композитах, используемых в России, доходила до 80%. Однако, на сегодняшний день, по словам генерального директора Росатома Алексея Лихачева, объемы производства композитной отрасли увеличились в 3,5 раза, а Россия достигла импортозамещения по



ключевым видам углеродного волокна (классов T700, T800), а также обеспечила выпуск высокомодульного углеродного волокна, которое до сих пор производилось лишь в трех странах мира.

Заместитель министра промышленности и торговли России Виктор Еvtухов оценил результаты развития отрасли и рассказал о том, как правительство поддерживает производителей: «Технологический суверенитет невозможен без применения в экономике новых материалов, в том числе и композитных. Наша общая задача очевидна — удовлетворить спрос широкого перечня областей экономики. Российская композитная промышленность за последние годы существенно продвинулась вперед и выстроила активную работу с самыми разными отраслями. Со своей стороны правительство активно поддерживает производителей. Например, сейчас реализуется более 150 проектов, оцениваемых на 160 млрд рублей инвестиций. Конечно, существуют определенные вызовы, например, связанные с оснащенностью оборудованием и компонентами малотоннажной химии, но они активно решаются», — подчеркнул Виктор Еvtухов.

Дмитрий Песков, специальный представитель президента России по цифровому и технологическому развитию, рассказал о ключевой роли композитных материалов в реализации формирующегося национального проекта по беспилотным летательным аппаратам. Анатолий Гайданский, заместитель генерального директора корпорации «Иркут», оценил успехи ЮМАТЕКС, отметив, что за два года «героическими усилиями» было полностью реализовано импортозамещение американских материалов в

лайнере МС-21, но подчеркнул, что перед отраслью стоит еще более амбициозная задача по импортозамещению оборудования. Кирилл Липа, генеральный директор АО «Трансмашхолдинг» в свою очередь акцентировал внимание на том, что развитие национальной композитной отрасли является стратегическим направлением для производителей подвижного состава, учитывая, что только АО «Трансмашхолдинг» ежегодно выпускает три тысячи единиц пассажирского транспорта. Губернатор Ульяновской области Алексей Русских подчеркнул, что развитие программ в области композитных материалов является приоритетом для региона.

Генеральный директор ЮМАТЕКС Александр Тюнин, который выступил модератором заседания, резюмировал его, выделив основные аспекты государственной поддержки производителей, среди которых создание технологического задела посредством комплексной научно-технической программы по композитам, расширение и продление государственных программ по газомоторной технике и ветроэнергетике с увеличением требования по локализации производства и длительное доступное кредитование на 10-15 лет под 1-3%. Ключевая задача для российской композитной отрасли — не просто обеспечить технологический суверенитет, а побороться за лидерские позиции в мире к 2030-35 гг.

На полях форума была достигнута важная договоренность о реализации проекта между ЮМАТЕКС и Ульяновской областью, который предполагает создание высокотехнологичного производства ветролопастей с объемом инвестиций более 2 млрд рублей.





В рамках выставочной экспозиции композитный дивизион представил полную линейку своей продукции, разработанной за последние 5 лет — ПАН-волокно, углеволокно, стекловолокно, ткани и препреги, тормозные диски для авиации, композитные баллоны, композитные материалы для строительства, а также для спорта высших достижений.

29 марта состоялась I конференция «Применение термопластичных композиционных материалов в промышленности», которая собрала на своей площадке представителей Министерства промышленности и торговли России, научно-исследовательских институтов и инжиниринговых компаний. В рамках конференции прошло всестороннее обсуждение перспектив развития направления термопластичных материалов, и задач, стоящих перед участниками рынка. В докладах были продемонстрированы практические примеры развития термопластичных полимеров: от синтеза и получения препрегов до технологий изготовления деталей и разработки отечественного программного обеспечения для конструкторов.

Образовательная панельная дискуссия «Новые технологии в образовании, подготовка квалифицированных специалистов в сфере композитов» привлекла к участию представителей вузов и компаний из Ульяновска, Казани, Москвы, которые обсудили инструменты для обеспечения доступа студентов и аспирантов к ключевым научно-технологическим проблемам предприятий, актуальные технологические направления в композитах, облик успешного специалиста-композитчика, а также тенденции в зарубежных образовательных технологиях. Россий-



ско-Южноафриканский круглый стол «Базальты в индустрии композитов: промышленное применение и перспективы», прошедший при поддержке АНО «Цифровое недропользование», собрал представителей Совета по геонаукам ЮАР и Федерального агентства по недропользованию РФ.

На дискуссии посвящённой развитию водородной энергетики в России спикеры из Русатом Оверсиз, Камаза, Трансмашхолдинга, Газпром ВНИИГАЗ и Русатом Газтех рассмотрели применение композитных продуктов, которые могли бы стать драйвером развития этого направления в стране. На панельной дискуссии, посвященной инфраструктурным проектам Индии и России, зарубежные спикеры, представители крупнейших строительных компаний, рассказали о направлениях применения композитных материалов в строительстве в Индии, а также о механизмах их внедрения.

На панельной дискуссии «Местное время: текущие аспекты регионального развития композитных материалов и технологий» представители региональных органов власти из Ульяновска, Липецка, Нижнего Новгорода, Новосибирска оценили актуальные задачи развития композитных технологий и производств в регионах с учетом санкций, а также ключевые вызовы, возможности и барьеры для внедрения композитных материалов.

«С каждым годом форум собирает на своей площадке больше компаний и представителей не только из России, но и других стран — ключевых игроков композитной отрасли. Цель, к которой мы идем, это стать частью общемирового движения в области

композитов и продвигать композитные материалы через их популяризацию и доступные для широких масс площадки», — подчеркнул генеральный директор композитного дивизиона Росатома — ЮМАТЕКС Александр Тюнин.

Насыщенная программа форума не ограничилась круглыми столами и панельными дискуссиями. На полях мероприятия также состоялась торжественная церемония вручения композитных кубков V конкурса «Композиты без границ.AWARDS», победителями которого в этом году стали номинанты из Владивостока, Москвы, Казани и Московской области. **КМ**





Итоги 15-й международной специализированной выставки «Композит- Экспо 2023»

Рынок композитных материалов России имеет большой потенциал роста. Благодаря системной работе государства и бизнеса, с 2013 года объём внутреннего производства вырос на 315% — до 73,5 млрд рублей. Это один из самых высоких показателей в мире. Композиционные материалы по-прежнему обладают важнейшими положительными характеристиками механической прочности, легкости и изоляционных функций. Исходя из этого, они открывают путь к более устойчивому промышленному использованию во всех видах транспорта, строительстве, энергетике, электрических решений и т.д.

Пятнадцатая международная специализированная выставка «Композит-Экспо», организованная Выста-

вочной Компанией «Мир-Экспо», прошла с 28 по 30 марта 2023 года в ЦВК «Экспоцентр». Традиционно выставка является ежегодным местом встречи российских и иностранных специалистов различных отраслей промышленности, производителей, поставщиков и потребителей композитных материалов, технологий и оборудования для производства изделий, местом подведения итогов развития за прошедший год и обсуждения перспектив, а также источником новой информации, без которой дальнейший прогресс был бы затруднительным.

За время работы выставки специалисты провели множество переговоров с возможными заказчиками, установили новые деловые контакты и обсудили но-



вые проекты с представителями различных отраслей. Стоит отметить, что с каждым годом результативность специализированных выставок растёт.

В 2023 году по количеству занимаемых площадей выставка «Композит-Экспо» выросла на 30 %, по сравнению с прошлым годом, и составила более 7000 кв.м. Выставку посетили около 6 000 специалистов различных отраслей промышленности. В выставке приняли участие более 110 ключевых российских и зарубежных производителей сырья и оборудования для производства композитов из России, Республики Беларусь, Республика Молдова, Турции, Китая, ОАЭ и Исламской Республики Иран.

Среди постоянных экспонентов выставки: АКПА Органик, ВИТРУЛАН Текстильглас, Курчатовский институт НИЦ, ФГУП ЦНИИ конструкционных материалов Прометей, ЕТС группа компаний, ДУГАЛАК, Вист Композит, Банг и Бонсомер, ЭПИТАЛ ЭНПЦ АО, Карбон Студио, Еврохим-1 Функциональные добавки, БауТекс, ОАО П-Д Татнефть-Алабуга Стекловолокно, ИТЕКМА, АО Электроизолит, Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов, ИНТРЕЙ Полимерные Системы, Комбинат Каменский, ФКП, Полимерпром, НИАГАРА, Завод герметизирующих материалов, НЕО Кемикал, БМП Технолоджи, Мелитэк, МегаПласт, Композит, Группа компаний, Нева Технолоджи, Татнефть-Пресскомпозит, Полоцк-Стекловолокно, Гласстекс, Радуга Синтез, Рускемикалс Групп, Пененг, СИБУР и др.

Впервые приняли участие в выставке: Анизопринт Рус, ВитаРеактив, Вольна ЗАО, ИМПРИНТА, Институт пластмасс имени Г.С. Петрова АО, КАРБОНТЕКС, Композитный Кластер Санкт-Петербурга, Завод Молдавизолит, Новый дом ООО Palizh, ОНСИНТ, Дзержинское производственное объединение Пластик, ПОЛИПАРК, РВ 3Д Технологии, Ревада-Нева, Сибинтерторг, Сканформ, Смарт-Т, Стереотек, Терра Композит, Технокомпозит, Тоталзед НПО, Ф2 Инновации, Энергоинвест, ЮМАТЕКС АО и др. Полный список участников выставки можно найти на сайте www.composite-expo.ru

Ряд участников представил новые технологии и образцы продукции:

Компания ВИСТ КОМПОЗИТ, работающая на рынке технологических материалов, оборудования и инструментов для производства изделий, использующихся во всех сегментах композитной промышленности, представила на своём стенде новые 3-слойные комбинированные материалы: COMBIVAC180-1 многослойная система, состоящая из полиамидной жертвенной ткани, разделительной пленки ФЭП и дренажа. Данный продукт был разработан для технологии автоклавного вакуумного формования, экономит время и облегчает работу с вакуумными материалами. COMBIPEEL90-1 — многослойная система, состоящая из вязаной сетки для распределения связующего, перфорированной разделительной пленки, проницаемой для связующего и газов, и жертвенной ткани, которая может использоваться в производственных процессах вакуумной инфузии композитных материалов. Система экономит время выкладки, а так как продукт подвергается обезжи-



риванию и термоусадке — нет риска загрязнения. Клей, используемый для сборки данного продукта, является нейтральным: он растворяется в связующих и не влияет на распределение смолы.

На выставке Композит-Экспо Завод герметизирующих материалов представал на своем стенде широкий спектр герметизирующих материалов Абрис и разрабатывает технологии на их основе. Серия герметизирующих материалов Абрис насчитывает более 800 наименований продукции. Готовые изделия завода выпускаются в виде лент, панелей, деталей, шнуров, брикетов и мастик. Герметики Абрис пластичны, обладают гидро-, паро-, вибро-, шумо-, газоизоляционными и радиационно-защитными свойствами, защищают от коррозии, потери тепла, от возникновения плесени и микроорганизмов, от электромагнитных излучений, обеспечивают радионую защиту.

Компания Карбонтекс — передовое научно-производственное предприятие России в области проектирования и изготовления объемно-армированных цельнотканых преформ по технологии 3D-ткачества из угле/стекловолокна, которые используются для производства изделий из полимерно-композиционных материалов в авиационной, космонавтике, нефтехимии, медицине и строительстве, представила на выставке следующие изделия: 3D-ткань КМТ — объемно-армированная трехмерная ткань, изготавливаемая по технологии 3D-ткачества, обеспечивает полное трехмерное армирование композита, который не подвержен расслоению и межслоевому сдвигу; Карбоновая пластина КМ-П на основе объемно-армирующей 3D-ткани обеспечивает равномерное распределение силовых нагрузок, что делает композит прочным и износостойким; Корпусы квадрокоптеров из ПКМ отличаются малым весом, обладают прочностью в эксплуатации и повышенной жесткостью; Композитные полукольца для аппарата Илизарова — это облегченные компоненты с упруго-прочными характеристиками, рентгенопрозрачностью и химостойкостью.

Завод Молдавизолит, специализирующийся на производстве электроизоляционных, конструкцион-



ных и антифрикционных материалов, представил на своем стенде стеклотекстолиты, гетинаксы, текстолиты, стержни, трубки намотанные и прессованные; гибкие пленочные материалы; пропитанные и лакированные бумаги, стеклоткани, х/б ткани; пропиточные лаки.

Постоянный участник выставки Композит-Экспо — Компания П-Д Татнефть-Алабуга Стекловолокно — один из крупных производителей непрерывного стекловолокна и продукции на его основе: ровингов, стекломатов, стеклосеток, ровинговой ткани, рубленых стеклонитей, крученых нитей, используемых во всех отраслях промышленности: строительной индустрии, дорожно-строительной инфраструктуре, электротехнической, автомобильном и транспортном машиностроении, ЖКХ, нефте- и газодобыче, оборонной промышленности.

Новинка производства компании ПОЛИ-СМ — полимерная затяжка межрамного пространства, которая призвана заменить традиционную железобетонную затяжку. Испытания полимерной затяжки проходили по трём параметрам и показали, что на сжатие она выдерживает 9 тонн, на разрыв — 900 кг. Что же касается испытаний на изгиб, то сломать образец так и не удалось, его нагрузили до появления первых признаков разрушения материала. Полимерная решётчатая система выдерживает до 1 тонны — это значительно более высокие показатели, чем у традиционной железобетонной затяжки. Помимо испытаний по трём названным параметрам, компания ПОЛИ-СМ провела и испытание на горючесть. В подземных горных выработках, особенно в угольных шахтах, это

момент принципиальный: здесь могут использоваться только негорючие или трудногорючие материалы.

Российская компания, специализирующаяся на прямых поставках аналитических приборов, обслуживания для исследования состава веществ, контроля технологии и готовой продукции — Сибирские аналитические системы — представила на выставке спектральные системы: масс-спектрометров и атомно-эмиссионных спектрометров с индуктивно связанной плазмой, атомно-абсорбционных спектрометров, рентгеновских спектрометров и дифрактометров, ИК-Фурье и УФ спектрометров, а также системы для пробоподготовки, в том числе и собственного производства.

Компания HARZ Labs представила на своем стенде новейшие разработки в области материалов для фотополимерной 3Д-печати, сложные композиции с керамикой в составе для медицинского применения, новые инженерные материалы, приближенные по свойствам к литевым пластикам, разработки в сфере химстойких и теплостойких фотополимеров для разлйных отраслей промышленности. Собственный научно-производственный комплекс компании в России позволяет производить полимеры для различных сфер применения и разрабатывать инновационные материалы.

Новый участник выставки — компания Вольна — представила на своем стенде продукцию собственного производства, которая включает в себя изготовление промышленных электрических печей, пропиточных установок, автоклавов, испытательных стендов,

установок для наплавки тел вращения и прочего оборудования для оснащения цехов. Разработанная специалистами ЗАО Вольна продукция для оснащения производств по выпуску композитных материалов успешно прошла испытания и работает на предприятиях Республики Беларусь и Российской Федерации.

Официальный представитель производителя в России — компания Смарт-Т — представила на выставке автоматические режущие комплексы iESHO для раскроя композитных материалов.

На стенде ООО Ф2 Инновации, занимающаяся разработками в области промышленной 3D печати и производством 3D принтеров, был представлен самый большой российский полимерный 3D принтер, печатающий гранулами — F2 Gigantry. Область печати 4,5×2,5×3 метра позволяет создавать крупногабаритные полимерные детали.

Композитный дивизион Росатома и крупнейший производитель композитных материалов - ЮМАТЕКС — впервые представил на выставке Композит-Экспо линейку продуктов на основе отечественного ПАН-волокна: углеволокно, ткани и препреги, а также готовые изделия в различных отраслях промышленности.

Впервые, в рамках деловой программы выставки 28 и 29 марта 2023 года прошёл Форум «Композиты без границ». X форум «Композиты без границ» был посвящен новой технологической повестке в области композитных материалов и глобальным тенденциям развития отрасли в России, реализации мероприятий дорожной карты «Технологии новых материалов и веществ».

Ключевая тема форума «Композиты без границ» в этом году — «Перспективы отечественной отрасли

композитов в условиях новых вызовов и возможностей». Центральным мероприятием форума стало пленарное заседание, в котором приняли участие заместитель председателя правительства — министр промышленности и торговли РФ Денис Мантуров, генеральный директор Росатома Алексей Лихачев, генеральный директор АО «Трансмашхолдинг» Кирилл Липа. Модератором дискуссии выступил генеральный директор компании «Юматекс» Александр Тюнин.

Важным событием деловой программы выставки «Композит-Экспо 2023» стала четвертая научно-практическая конференция «Практические аспекты применения композитных материалов в различных отраслях промышленности», которая прошла 29 марта 2023 года, в Конференц-зале Восточный на территории павильона №1. Конференцию посетили более 50 специалистов. Приветствовал делегатов Конференции Генеральный директор ООО «ВК «Мир-Экспо» Банников Владимир Алексеевич. Модератором Конференции выступила Главный редактор журнал «Композитный мир» Ольга Игоревна Гладунова.

В рамках мероприятия были рассмотрены практические аспекты применения композитных материалов и изделий из композитов в приоритетных секторах экономики.

О практических аспектах применения клеев и герметиков АХИОМ на рынке композитных материалов рассказал генеральный директор ООО «ТД «КУДО» Александр Гаврилов.

Генеральный директор ООО НПО «ЗД-Солюшнс» Дмитрий Миллер посвятил свое выступление эффективной оснастке для выкладки композитов.

Опытном использования высокопрочных и термо-





стойких эпоксидных компаундов «Этал», для обеспечения технологической независимости РФ в композитной и электротехнической отраслях поделились Кученев Дмитрий Анатольевич (Коммерческий директор) и Лапицкая Татьяна Валентиновна — Генеральный директор, д.т.н., АО ЭНПЦ «Эпитал».

Андрей Голинкевич, представитель компании ООО «Смарт-Т», рассказал о практике автоматизации раскрытия композитных материалов.

Заместитель директора по науке Илья Вихров «Научно-исследовательского института космических и авиационных материалов» выступил с презентацией «Клеи и функциональные покрытия, разработки ООО «НИИКАМ» для композитных материалов».

О выводе нового бренда на рынок строительной ИП рассказал Алексей Кривошеин — руководитель ИП Кривошеин Алексей Валерьевич.

Никита Котов, руководитель технической поддержки клиентов ООО «Аттика» посвятил свое выступление стеклопластиковым трубам для нефтепромышленности: альтернативной возможности для магистральных трубопроводов.

Применением бегущих упругих волн для определения эффективных упругих модулей слоистых композитных материалов поделился ведущий научный сотрудник лаборатории волновой диагностики Института математики, механики и информатики «Кубанского государственного университета», к.ф.-м.н. Артем Еремин.

Заместитель руководителя по науке компании Stereotech Алексей Дроботов рассказал о возможности

Stereotech STE Slicer для 3D и 5D печати армированных конструкций.

Развитию композитных материалов в промышленной порошковой 3D-печати посвятил свое выступление Виктор Наумов - руководитель проектов по направлению «Промышленные аддитивные системы» компании Top 3D Group.

Представитель компании «АН Марин Консалтинг» Альберт Назаров поделился перспективами применения композитов в российском судостроении и программой SigmaLAM для расчета судовых композитных конструкций.

Вадим Микрин, заместитель Генерального директора Компания «ИТЕКМА» выступил с презентацией «Новые клеи и пасты ИТЕКМА для ремонта композитных конструкций».

Одновременно с «Композит-Экспо» прошла 14-я международная специализированная выставка «Полиуретанэкс», что обеспечило ознакомление широкого круга посетителей-специалистов с инновационными технологиями и образцами готовой продукции полиуретановых материалов и изделий из них для различных отраслей, а также отрасли производителей и потребителей клеевых и герметизирующих материалов.

В 2023 году выставке «Полиуретанэкс» приняли участие 65 экспонентов из 6 стран (России, Республики Беларусь, Турции, Китая, ОАЭ и Исламской Республики Иран). Среди постоянных экспонентов выставки: АСД-техника, Алькор ТФ, Банг и Бонсомер, БИАПУР Трейдинг, Вальтер Хеми, Дау Изолан, ТЕНТОНН,



Каннон Евразия, Диафор, Владипур НВП, Д-Формер, Заволжский пигмент, Кимтекс Полиуретан, НИИ полимеров, С.П.Б., Полимер-Комплекс ПК, Русхимсеть, Селеста ПК и др.

В 2023 году на выставках «Композит-Экспо» и «Полиуретанэксп», на площади около 9000 кв. м, разместились 180 экспонентов, в т.ч. 131 отечественных и 49 зарубежных из 7 стран мира. Выставки посетили более 7 400 посетителей, в их числе 90% специалистов различных отраслей промышленности. Это свидетельствует о возросших потребностях российского рынка в использовании современных инновационных материалов и технологий в различных отраслях промышленности.

Отзывы участников выставки «Композит-Экспо 2023»:

«В этом году компания Юматекс не только представила обширную выставочную экспозицию: продукты нашей компании представлены по всей производственной цепочке — от продуктов переработки нефти, до готовых композитных изделий, но и провела Форум «Композиты без границ» в рамках Композит-Экспо. Благодаря объединению двух мероприятий, Форума Композиты без границ и выставки Композит-Экспо, аудитория стала более обширной, интересной, целевой. На выставке прошло много встреч, было много целевых контактов. Выставка действительно выглядит как самое масштабное мероприятие в области композитных материалов. Спасибо организаторам, спасибо

Композит-Экспо!» (Фёдор Новиков, Департамент по связям с общественностью, Композитной Дивизион компании «Юматекс», госкорпорация «Росатом»).

«Мы занимаемся технологией 3D печати композитами с непрерывными волокнами. Попроще говоря, мы укладываем углеродную, базальтовую или стеклонить внутрь пластика. Это применяется это, в основном, в авиации, научно-исследовательские институты занимаются исследованиями с помощью нашего принтера. Все посетители нашего стенда уже знали как работают композиты и что такое композиты. Приятная аудитория, люди все общительные. Очень многим понравилась технология, потому что о ней мало слышали. Даже наши клиенты приходили специально на выставку, чтобы на нас посмотреть. В целом выставка очень хорошая, всё очень понравилось. Мы обязательно приедем в следующем году». (Вадим Дудкин, Менеджер по продажам, Анизопринт ООО / Ярославль, Россия).

«В этом году компания Вольна впервые принимала участие в выставке «Композит-Экспо». Мы остались довольны уровнем организации выставки, составом участников экспозиции, уровнем технической подготовки, заинтересованностью и количеством посетителей нашего стенда. Планируем участие в выставке «Композит-Экспо» в 2024 году и приглашаем производителей продукции из композитных материалов на наш стенд!» (Анна Травкина, начальник отдела маркетинга ЗАО «Вольна», Республика Беларусь). **КМ**



Кадры для композитной отрасли

В середине мая в Санкт-Петербургском государственном университете промышленных технологий и дизайна прошел научно-методический семинар «Научные и методические аспекты подготовки специалистов в области волокнистых, композиционных и нанокomпозиционных материалов». В мероприятии приняли участие заведующие профильных кафедр вузов России и Беларуси, а также представители профессионального сообщества.

«Традиция проводить подобные встречи существовала давно, однако в последние годы она была утеряна. Кафедра наноструктурных, волокнистых и композиционных материалов СПбГУПТД выступила инициатором и возродила эту славную и необходимую на сегодняшний день традицию проведения ежегодных семинаров для заведующих профильными кафедрами», — отметил заведующий кафедрой Александр Лысенко.

В течение четырех дней участники семинара обсуждали методики подготовки востребованных специалистов для предприятий композитной отрасли и научной сферы.

С приветственным словом к участникам семинара обратился президент СПбГУПТД Романов Виктор Егорович. Лысенко Александр Александрович, заведующий кафедрой НВКМ, рассказал об истории кафедр и развитии нанотехнологий в Университете промышленных технологий и дизайна.

В своих докладах представители профильных кафедр поделились научными успехами и достижениями, обсудили образовательные программы. Подняли вопрос об оснащении лабораторий современными приборами и оборудованием.

Несколько докладов были посвящены взаимодействию с предприятиями отрасли. Все участники семинара отметили позитивную динамику, касающуюся научно-технического сотрудничества с промышленными предприятиями. В последнее время существенно улучшилась ситуация и в плане практико-ориентированного взаимодействия с предприятиями. Многие кафедры имеют долгосрочными договоры с предприятиями отрасли. Студенты имеют возможность проходить ознакомительные и производственными практики на ведущих предприятиях и в дальнейшем получают предложения о трудоустройстве.

Кроме того, совместно с представителями компаний, которые входят в Союз производителей композитов, заведующие кафедр обсудили создание государственного образовательного стандарта для специалистов в области волокнистых, композиционных и нанокomпозиционных материалов. Исполнительный директор Союза производителей композитов Сергей Юрьевич Ветохин поднял тему требований, предъявляемых работодателями к компетенциям и квалификациям выпускников вузов, и рассказал о деятельности Союза по разработке профессиональных стандартов и решению вопросов кадрового обеспечения промышленных предприятий.

В мероприятии приняли участие заведующие профильных кафедр из Российского государственного университета им. А.Н. Косыгина, Владимирского государственного университета им. А.Г. и Н.Г. Столетовых, Ульяновского государственного технического университета, Ивановского государственного химико-технологического университета, Северного (Арктического)



федерального университета им. М.В. Ломоносова, Ивановского государственного политехнического университета, а также Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий. Университет промышленных технологий и дизайна представили кафедра наноструктурных, волокнистых и композиционных материалов им. А.И. Меоса и кафедра инженерного материаловедения и метрологии.

Организаторы и участники семинара выразили огромную благодарность ректору Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна Алексею Демидову за оказанную поддержку мероприятия.

По итогам семинара принято решение возобновить традицию и сделать такие встречи ежегодными.



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



axiompro.ru

Клеи АХИОМ: применение с композитными материалами

Клеи и герметики на основе гибридных полимеров — самые современные материалы для производства различных конструкций из композитов. В России их производит под маркой АХИОМ группа компаний «Русские технические аэрозоли».

АХИОМ в портфеле брендов «Русских технических аэрозолей» занимает особое место — это продукция для профессионального применения в промышленности и строительстве. Гибридные полимеры — наиболее перспективное направление для развития марки, так как спрос на эту продукцию растет вместе с развитием технологий производства композитов.

Что такое гибридные полимеры?

Фактически это соединения полиуретана и силикона, которые вобрали в себя все преимущества обоих этих материалов и избавились от их недостатков, что наглядно демонстрирует диаграмма.

Сравнение технологий:

- HYBRID
- PU
- Silicone

Больше = лучше

Источник: Handbooks of Adhesives and Sealants, Second edition



Характеристики и область применения гибридов АХИОМ

На сегодняшний день линейка гибридных материалов АХИОМ состоит из ряда клеев и герметиков, различающихся по своим физико-механическим свойствам, способу нанесения и назначению.

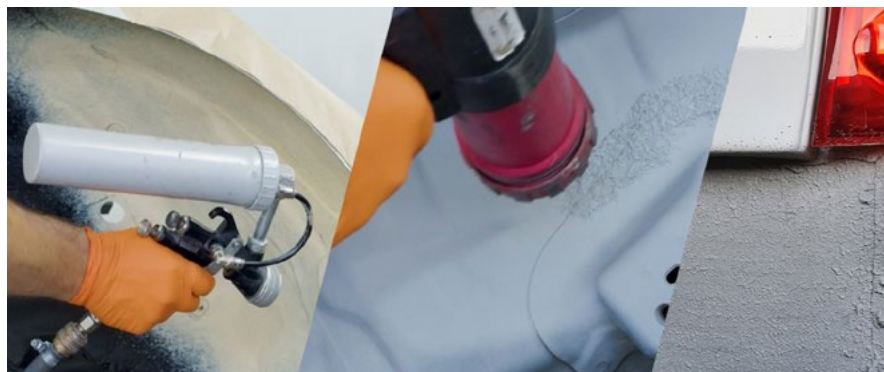
Клеи и герметики АХИОМ на основе гибридных полимеров



Конструкционный промышленный клей АBK531

Высокомодульный высокопрочный промышленный конструкционный клей с высокой скоростью отверждения. Отличается минимальными деформациями под нагрузкой и отлично подходит для конструкционного склеивания в промышленном и транспортном машиностроении. Быстрота отверждения позволяет ускорить техпроцесс и повысить производительность и экономическую эффективность.





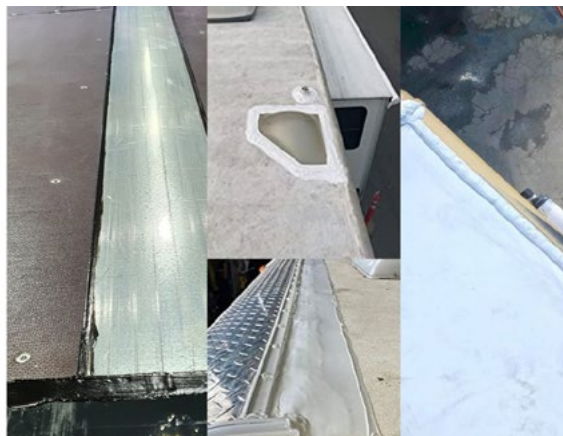
Распыляемый кузовной герметик ASK514

Его можно, как и обычный герметик, наносить в форме жгута, а можно распылять. Первый вариант подходит для герметизации, второй для защиты и герметизации швов и для создания надежного, долговечного защитного покрытия на всем изделии.

Обычный тиксотропный клей-герметик



Самовыравнивающийся герметик



Самовыравнивающийся герметик ASK521

Отличный вариант для герметизации швов между панелями пола и крыши. Его достаточно нанести на поверхность шва, и он сам заполнит труднодоступные полости и выровняется.



Конструкционный промышленный клей-герметик АВК541

Конструкционный универсальный низкоэластичный клей-герметик. Используется для вклеивания стекол в транспортные средства, для установки крепежных и силовых элементов каркасов и монтажа кузовных элементов фургонов, автобусов, вагонов, сборки систем вентиляции и кондиционирования.



Высокоэластичный промышленный клей-герметик АВК525

Применяется практически везде, где нужно склеить и/или герметизировать подвижные соединения. Он очень податлив, поэтому риск его разрушения в подвижном шве минимален.

На сегодняшний день группа «Русские технические аэрозоли» единственная в России производит адгезивы на основе гибридных полимеров по полному циклу — от разработки рецептур до упаковки. Качество продукции подтверждено сертификатом ISO 9001. Многие гибридные продукты AXIOM имеют допуск Российского морского регистра судоходств, позволяющий применять их для постройки и ремонта морских и речных судов. Учитывая все эти факты, можно быть уверенным, что при использовании гибридных клеев и герметиков AXIOM качество вашей продукции будет стабильно высоким. **КМ**

Малышев Александр Николаевич

кандидат технических наук, генеральный директор ООО «ТЕМА-М»

Маяцкий Виктор Алексеевич

кандидат химических наук, директор ООО «Унипласт»

Иванов Владимир Михайлович

кандидат химических наук, главный инженер ООО «Унипласт»

Баженов Иван Григорьевич

генеральный директор АО «ПОЛИМЕРСИНТЕЗ»

Перспективы развития производства отечественных арамидных нитей

Литература

1. Будницкий Г. А. Армирующие волокна для композиционных материалов // Журнал ВХО им. Менделеева. М.: Химия. 1989. Т. 34. №5,
2. Российский химический журнал (Ж. Росс. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева), 2002, т. XLVI, № 1
3. Перепелкин К. Е. Армирующие волокна и волокнистые полимерные композиты // Научные основы и технологии. 2009.

Арамидные нити или нити, произведенные из ароматических полиамидных полимеров, также известные как арамиды, являются основным типом высокопрочных синтетических волокон. Известные своей отличной прочностью на растяжение, устойчивостью к воздействию высоких температур и износу, а также химической стойкостью, они играют важную роль в различных отраслях, включая авиацию, автомобильную промышленность, защитную одежду и композитные материалы [1].

В СССР были разработаны и ныне производятся в России высокопрочные пара-арамидные нити СВМ, Армос, Русар® и Руслан®. Общий объем производства арамидных нитей в России в десятки раз меньше, чем производится за рубежом. Основными производителями данной продукции являются АО «Каменскволокно» (г. Каменск-Шахтинский, Ростовская область, нити СВМ и Руслан®), АО НПП «Термотекс» (п. Хотьково, нити Русар®), ООО «Лирсот», ООО «Тема-М» (г. Мытищи, нити Армос®).

Аналогичного класса химические волокна Кевлар®, Тварон® и Технора® производят соответственно фирма «DuPont» (США), мощность производства которого несопоставима с российскими производителями и составляет примерно 40 000 т/год; и фирма «Teijin» (Япония) с мощностью производства на сегодняшний день более 27 000 т/год. О создании производства пара-арамидных нитей Hergaron® мощностью 2 000 т/год объявил в 2005-м году южнокорейский концерн «Kolon», обещая к 2010-му году выйти на объем 5 000 т/год. В денежном выражении объемы производства фирм «DuPont» и «Teijin» превышают 1 млрд долларов в год. Здесь речь идет об объемах выпуска собственно пара-арамидной продукции (нити, волокна, пульпа). В изделиях из них объемы производства составляют десятки миллиардов долларов. По оценкам западных экспертов рынок пара-арамидов только в Европе составляет более 40 000 т/год.

Следует отметить, что в мире существуют две принципиально отличающиеся технологии производства пара-арамидных нитей.

Первая — это формование из низкоконцентрированных (4–5% масс.) поликонденсационных растворов (СВМ, Армос, Русар®, Руслан® — Россия; Технора — Япония). Поликонденсационный раствор — это раствор волокнообразующего полимера, являющегося продуктом реакции поликонденсации ароматических

диаминов с дихлорангидридом терефталевой кислоты в среде амидно-солевого растворителя.

Вторая — это формование из жидкокристаллических анизотропных высококонцентрированных (18 - 21%) сернокислотных растворов (Кевлар — США, Тварон — Япония, Херакрон — Южная Корея).

По первой технологии нити формируют непосредственно из поликонденсационных растворов мокрым способом на прядильно-отделочной машине ПН-300-В2 на скоростях не более 16 м/мин, а затем довольно низкопрочные (60–80 сН/текс) свежесформованные нити подвергают упрочнению путём высокотемпературной термообработки под вакуумом. Получают высокопрочные среднемодульные нити пригодные для целей бронезащиты. Для достижения максимального модуля упругости нити подвергают дополнительно операции термовытяжки. Прочность получаемых по этой технологии нитей Русар® и Руслан® достигает 270–300 сН/текс или 530–600 кг/мм² в микропластике с модулем упругости до 160 ГПа.

По второй технологии синтез полимера ведут в специальных реакторах на несколько иной сырьевой базе таким образом, чтобы полимер непременно выпал в осадок, который затем отфильтровывают, тщательно промывают, сушат, анализируют по ряду основных показателей и упаковывают для отправки на формование. Далее, полимер растворяют в концентрированной серной кислоте при нагревании и формируют на высоких скоростях горячий (70–90°С) жидкокристаллический раствор.

В связи с агрессивной политикой санкций ряда зарубежных стран в отношении России, как никогда остро стоит вопрос увеличения выпуска отечественных арамидных нитей.

Сейчас единственным предприятием, производящим отечественные арамидные нити по высокоскоростной сернокислотной технологии, является ООО «ТЕМА-М» (нити Армалон®).

Производство нитей Армалон® обладает рядом преимуществ перед производством нитей Руслан®, СВМ и Армос, а именно процесс выпуска нити гораздо менее ресурсный, не нуждается в дополнительных технологических операциях таких как термообработка и термовытяжка, скорость формования в 10 раз выше.

Физико-механические характеристики нитей, производимых в РФ приведены в таблице 1.

Все российские арамиды являются высокопрочными

Таблица 1. Физико-механические характеристики российских арамидных нитей [2]

Показатель	Торговая марка нити				
	Армалон®	СВМ	Армос	Руслан®	Русар®
Плотность, кг/м ³	1440	1420–1450	1420–1450	1420–1450	1420–1450
Удельная разрывная нагрузка, сН/текс	190–240	180–230	230–280	240–290	230–280
Коэффициент вариации по разрывной нагрузке, %	до 5%	до 12%	до 12%	до 12%	до 12%
Удлинение при разрыве, %	1,9–3,5	3,0–4,5	2,5–3,5	2,5–3,5	2,5–3,5
Динамический модуль упругости, ГПа	до 180	до 110	до 160	до 160	до 160

Таблица 2. Исходные компоненты для производства российских арамидных нитей [3]

Производитель	Торговая марка	Ароматические диамины	Производное ароматическая дикарбоновая кислота	Вспомогательные компоненты
АО “Каменскволокно”	СВМ	мягчитель-2	дихлорангидрид терефталевой кислоты	N,N-диметилацетамид, хлорид лития, изобутанол
	Руслан®	мягчитель-2, пара-фенилендиамин	дихлорангидрид терефталевой кислоты	N,N-диметилацетамид, хлорид лития, изобутанол
ООО “Лирсот”	Армос	мягчитель-2, пара-фенилендиамин	дихлорангидрид терефталевой кислоты	N,N-диметилацетамид, хлорид лития
АО НПП “Термотекс”	Русар®	мягчитель-2, пара-фенилендиамин	дихлорангидрид терефталевой кислоты	N,N-диметилацетамид, хлорид лития
ООО “ТЕМА-М”	Армалон®	пара-фенилендиамин, диаминобензанилид	дихлорангидрид терефталевой кислоты	N,N-диметилацетамид, хлорид лития, серная кислота, альфа-пиколин

Таблица 3. Материалоемкость производства полимера для нитей Армалон, СВМ и Руслан®

Сырье	Армалон ДМ, кг/т	СВМ, кг/т	Руслан, кг/т
		Проект (1974 г.)	Проект (Армос) (1989 г.)
ДМАА	2000	3000 (товарный)	2940 (товарный)
Дихлорангидрид терефталевой кислоты	864	640	821
Пара-фенилендиами	414	0	150
Диаминобензанилид (ДАБА)	112	0	0
Мягчитель-2	0	700	598
Хлорид лития	216	750	748

и высокомодульными нитями и по этим показателям превосходят зарубежные аналоги.

Основным отличием зарубежных нитей от отечественных помимо способа формования также является различная сырьевая база. Сырье в производстве арамидных нитей является критическим фактором, который может значительно повлиять на качество, стоимость и устойчивость процесса.

Для синтеза полимера как уже было сказано выше, используют ароматические диамины и производные ароматических дикарбоновых кислот. В таблице 2 приведены данные об использовании основного сырья для нитей разных производителей и торговых марок.

Часть используемого сырья не производится в РФ (пара-фенилендиамин, N,N-диметилацетамид), и с закрытием европейского и американского рынка производители вынуждены осваивать азиатское сырье.

Далее, в таблице 3 рассмотрим материалоемкость производства полимера для выпуска нитей Армалон®, СВМ и Руслан®.

Анализ таблицы 3 показывает, что наименьшая общая материалоемкость (то есть необходимое количество сырья, для выпуска полимера в объеме достаточном для выпуска одной тонны нити) у нитей СВМ, однако, отметим, что в нем самая высокая доля наиболее дорогостоящего мономера мягчитель-2. На втором месте по материалоемкости находится нить

Руслан®. Стоит отметить, что при серийном производстве потенциал снижения материалоемкости при производстве нити Армалон® значительно выше, чем у других рассматриваемых нитей.

В настоящее время основной проблемой, препятствующей увеличению выпуска российских арамидов, является несколько факторов, такие как сырьевые, заключающиеся в ограниченном производстве основного мономера мягчитель-2 (нити СВМ, Русар®, Руслан®, Армос), отсутствии российских N,N-диметилацетамида и пара-фенилендиамина и высоком спросе на хлорид лития, который приводит к астрономической стоимости последнего (более 9000 рублей/кг в 2023 году). Также необходимо отметить износ существующего оборудования на российских предприятиях. Так, например, единственному российскому предприятию, выпускающему арамидные нити в более-менее промышленных масштабах, более 45 лет. В настоящее время отсутствуют предприятия по выпуску серийного оборудования для производства, что сказывается на невозможности его обновления и ведет к возрастающим постоянным издержкам на поддержание оборудования в работоспособном состоянии. Таким образом, наиболее перспективным путем продолжения развития и наращивания производства российских арамидных нитей, является увеличение производства нитей Армалон®. **КМ**

По версии журнала Композитный мир

www.carbonstudio.ru

Лучший интернет магазин

полимерных композиционных материалов

Оборудование для полимеризации

КОМПОЗИТОВ

www.apgroup-tech.ru

Техническая информация

www.tech.carbonstudio.ru



Узнавайте о наших акциях первыми

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
E-mail: info@apgroup.pro

carbonStudio
ВАШ ПАРТНЕР В ИННОВАЦИЯХ!



Интернет-магазин Carbo-Carbo расширяет ассортимент материалов

carbo-carbo.ru



Интернет-магазин Carbo-Carbo расширяет ассортимент материалов для изготовления изделий из полимерных композиционных материалов, среди новинок — материалы для изготовления трехслойных панелей — арамидный сотовый наполнитель и конструкционный пенопласт, расширенный ассортимент конструкционных углеродных и стеклотканей, конструкционные клеевые составы Российского производства.

Конструкционные эпоксидные клеи широко применяют при сборке изделий из полимерных композиционных материалов для склеивания различных субстратов — стеклопластики, углепластики, сплавы

Основные характеристики конструкционного теплостойкого клея

Показатель	Значение
Жизнеспособность при 50 г / 25°С, не менее	300 минут
Время отверждения при температуре 25°С/65°С	3–5 суток/1 час
Прочность при сдвиге клеевых соединений из сплава Д16АТ, травленного по Пиклинг-методу, МПа, при температуре испытания, 20°С/150°С	23/8
Максимальная рабочая температура	180°С

Материалы

Сотовые наполнители: стандартные размеры ячейки, плотности и толщины

Размер ячейки, мм	3,2; 4,0; 4,8; 6,4*; 8,0*; 9,5*
Плотность, кг/м ³	24*; 29*; 40; 48; 64; 80; 96; 128; 144*
Толщина, мм	1,5; 2,0; 3,0; 5,0; 10,0
Стандартный размер листа, мм	1220x2240

* только для сотового наполнителя AC-NH

алюминия, сталь. Наш ассортимент пополнился конструкционными клеями Российского производства — тепло- и химически стойким эпоксидным конструкционным клеем — близким аналогом клея **Hysol 9394**, а так же, эпоксидным клеем стойким к динамическим нагрузкам. Образцы материалов и более подробная техническая информация предоставляется по запросу.

Арамидный сотовый наполнитель — ячеистый материал изготовленный из арамидной бумаги, пропитанной полимерным связующим, выпускающийся в виде листов различной толщины, с различным размером ячейки, широко применяющийся при изготовлении трехслойных композитных панелей в аэрокосмической отрасли, судостроении, транспортном машиностроении. Панели, изготовленные с применением арамидного сотового наполнителя, обладают низким весом, высокой жесткостью и прочностью.

Для заказа доступен сотовый наполнитель AramScore на основе мета арамидной бумаги AC-NH, и пара арамидной бумаги AC-KH, как авиационного качества, так и для общепромышленного применения.

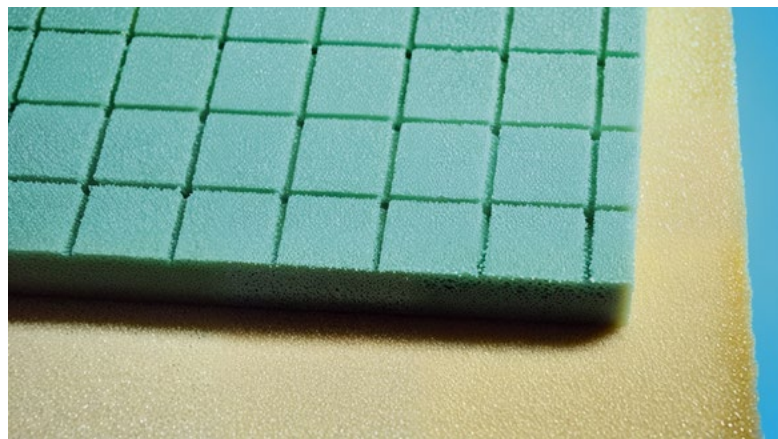
Конструкционный закрытоячеистый пенопласт Airex C70 на основе сшитого ПВХ сочетает в себе высокие прочностные характеристики и низкий вес, а так же отличается превосходной ударной вязкостью. Материал не хрупкий, обладает незначительным водопоглощением и обеспечивает превосходную стойкость к воздействию химических веществ. Данный пенопласт совместимый с большинством смол и производственных процессов, Airex C70 идеально подходит в качестве основного материала для широкого спектра многослойных конструкций, подверженных как статическим, так и динамическим нагрузкам. Низкая кажущаяся плотность материала позволяет

использовать его для применений, где легкость является приоритетом.

Так же под заказ доступны другие размеры, формы поставки и марки конструкционных пенопластов

Равнопрочные углеродные и гибридные углерод-арамидные ткани широко применяются при изготовлении изделий из полимерных композиционных материалов, особенно там, где важны прочность и вес изделия. Сотрудничество с одним из ведущих производителей конструкционных углеродных и стеклотканей из Китая позволяет предлагать широкий ассортимент тканей, применение в производстве качественных волокон SYT45 или SYT49 позволяет изготавливать материал оптимально подходящий по цене и прочностным характеристикам для решения поставленных задач.

Помимо наиболее востребованных равнопрочных тканей как правило всегда в наличии несколько типов мультиаксиальных тканей как на основе углеродных волокон, так и на основе стекловолокна.

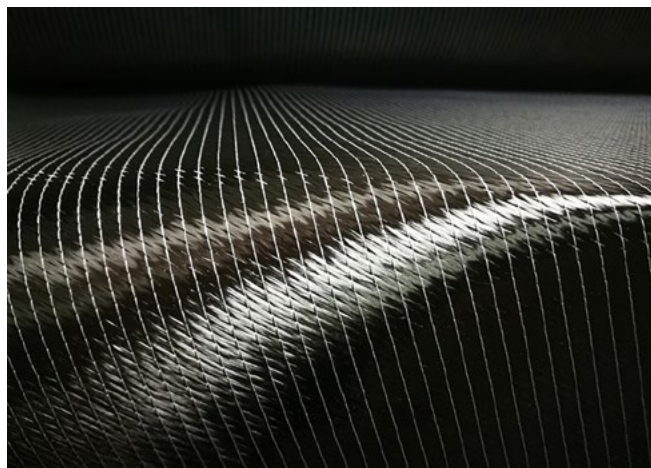
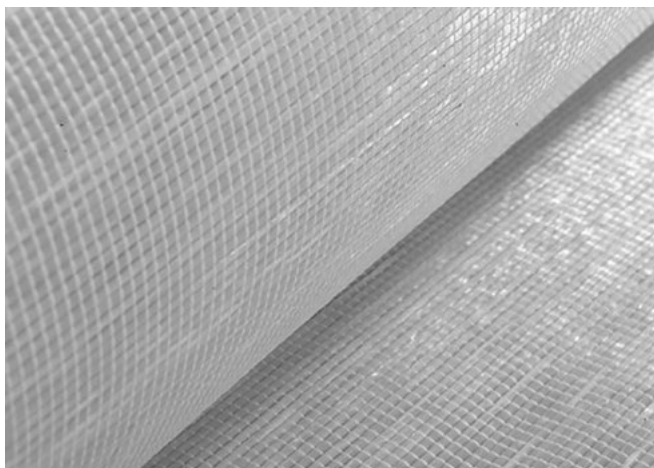


Стандартные размеры листов, плотности и возможные формы поставки

Марка (плотность кг/м ³)	Стандартная толщина, мм	Возможные формы обработки	Стандартный размер листа, мм
C70.55 (60)	2,0; 3,0; 5,0; 10,0	лист; перфорированный лист; перфорированный лист с насечкой*	2400x1200
C70.75 (80)	3,0; 5,0; 10,0	лист; перфорированный лист; перфорированный лист с насечкой*	2230x1150
C70.90 (100)	3,0; 5,0; 10,0	лист; перфорированный лист; перфорированный лист с насечкой*	2050x950
C70.130 (130)	3,0; 5,0; 10,0	лист; перфорированный лист; перфорированный лист с насечкой*	1900x850

* доступен не для всех значений толщины и плотности

Материалы



Основные типы углеродных и стеклотканей

Тип ткани	Поверхностная плотность, г/м ²	Волокно	Тип плетения
Равнопрочная углеродная ткань	160; 180; 200; 245; 400; 450; 600	SYT 45/SYT 49	Саржа; полотно
Равнопрочные стеклоткани	50; 100; 160; 200; 300	Е-стекло	Саржа; полотно
Мультиаксиальные углеродные ткани	200; 300; 400	SYT 45	Направления армирования +45/-45
Мультиаксиальные стеклоткани	300; 400	Е-стекло	Направления армирования +45/-45

Возможно изготовление равнопрочных и мультиаксиальных тканей, а так же однонаправленных лент нестандартных размеров и поверхностной плотности по ТЗ заказчика, с «разумным» минимальным коли-

чеством к поставке.

На все ткани по запросу предоставляется паспорт на волокно и паспорт качества на партию ткани Российского образца. **КМ**



CARBO CARBO
КОМПОЗИТНЫЙ СУПЕРМАРКЕТ

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

Препреги
Смолы
Углеродные ткани



всегда
в наличии



КОМПОЗИТ-ЭКСПО

Шестнадцатая международная специализированная выставка

26 - 28 марта 2024

Россия, Москва,
ЦВК «Экспоцентр», павильон 1



Основные разделы выставки:

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



выставка
участник
системы



независимый
выставочный
аудит

Параллельно проводится выставка:

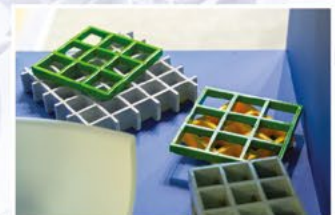


ПОЛИУРЕТАНЭКС

Пятнадцатая международная специализированная выставка
www.polyurethanexs.ru



Специальный
раздел:
**КЛЕИ И
ГЕРМЕТИКИ**



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 | Сайт: www.composite-expo.ru

Организатор:



youtube.com/user/compoexporus



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



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

Материалы для изготовления композитной оснастки от компании ООО «Композит-Изделия»

Технология изготовления формообразующей оснастки из полимерных композиционных материалов — стекло- и углепластиков давно и хорошо освоена значительным числом предприятий как аэрокосмической отрасли, так и транспортного машиностроения. Данный тип оснасток обладает целым рядом преимуществ, среди которых меньший вес оснастки в сравнении с металлической, сопоставимый с материалом изделия коэффициент линейного теплового расширения, экономия времени работы станков с ЧПУ при использовании легко обрабатываемых материалов мастер-моделей. Однако, значительная часть материалов применяемых при изготовлении композитной оснастки, особенно для высокотемпературных оснасток с рабочей температурой до 180°С поставлялась зарубежными компаниями, покинувшими Российский рынок.

Видя потребность своих партнеров и клиентов в подобных материалах, компания «Композит-Изделия» начала работу по формированию линейки материалов для изготовления формообразующих

композитных оснасток.

В настоящее время наша компания готова поставлять модельные плиты различной плотности и армирующие наполнители (углеродная ткань, углеродная вуаль, стеклоткань) от надежных ведущих Китайских производителей, а так же, оснасточные связующие, разделительные составы, клея и ремонтные составы собственного производства.

Оснасточное связующее МС-ЕТ-01 ТУ 20.16.40-032-30189225-2023 ООО «Композит-Изделия» успешно проходит испытания на ведущих предприятиях аэрокосмической отрасли и доступно для заказа, а работы по созданию гелькоута на рабочую температуру до 180 °С и герметизирующих и порозаполняющих составов находятся на финальной стадии лабораторных испытаний. Для получения образцов материалов для изготовления композитной оснастки, а так же, консультации по основным характеристикам и особенностям применения просим обращаться к специалистам нашей компании. **КМ**

Углеродные ткани и вуали для композитной оснастки

Тип ткани	Поверхностная плотность, г/м ²	Доступная ширина, мм	Тип плетения
Равнопрочная углеродная ткань (SYT 45/SYT 49)	200	1000; 1250	Саржа
Равнопрочная углеродная ткань (SYT 45/SYT 49)	400; 450; 600	1000; 1250	Саржа
Углеродная вуаль	20	1250	—
Углеродная вуаль	30	1250	—
Углеродная вуаль	50	1250	—

Основные типы модельных плит

Наименование	Плотность кг/м ³	Максимальная рабочая температура, °С	Твердость по Шору Д	Цвет
Плита модельная полиуретановая средней плотности 0,7÷0,8 г/см ³	700-800	75	68÷73	коричневый
Полиуретановая модельная плита средней плотности 1,0 г/см ³	1000	75	80	белый
Полиуретановая модельная плита средней плотности 0,7÷0,8 г/см ³	700-800	130	74	коричневый

Материалы

Разделительные составы ООО «Композит-Изделия»

Наименование	Краткое описание	Максимальная рабочая температура
СПЛИТ ППР-01	Полупостоянный разделитель	250°C
СПЛИТ-ВАКС	Твердый воск для получения высокого глянца поверхности	80°C
СПЛИТ-ВАКС жидкий	Жидкий воск для получения высокого глянца поверхности	80°C
СПЛИТ-ВАКС-ВТ жидкий	Жидкий высокотемпературный воск	180°C
СПЛИТ-ПВС	Разделительный состав на основе поливинилового спирта для подготовки мастер-моделей	80°C

Оснасточные связующие и теплостойкий конструкционный клей

Наименование	Краткое описание
Связующее МС-ЕТ-100	Связующее для изготовления композитной оснастки по технологии вакуумной инфузии, вязкость при 25°C — 350 мПа*с; максимальная рабочая температура 100°C
Связующее МС-ЕТ-01	Связующее для изготовления композитной оснастки по технологии вакуумной инфузии или контактного формования, вязкость при 20°C — 500 мПа*с; максимальная рабочая температура 180°C
Клей конструкционный теплостойкий	Конструкционный теплостойкий эпоксидный клей для склеивания деталей из стекло-углепластика, стали, алюминия. Прочность при сдвиге клеевых соединений из сплава Д16АТ при температуре испытания, 20°C — 23 МПа; при температуре 150°C — 8 МПа



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.

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



Участник программы по
Импортозамещению
при поддержке МинПромТорга

Назаров Альберт Георгиевич, к.т.н.
ООО «АН Марин Консалтинг»



Расчеты судовых конструкций из композитов: отечественная программа SIGMA-LAM



Суда из композиционных материалов (КМ) в настоящее время занимают до 70% мирового рынка судов малого размера (до 50 м). Годовой темп роста отрасли морских композитов составляет около 5% в мире, а в странах Юго-Восточной Азии до 7,8%. К сожалению, в РФ строительство судов из КМ ограничено в основном небольшими прогулочными моделями длиной редко более 12 м, хотя имеются единичные попытки строить суда большего размера и коммерческого назначения, а также конструкции судов военного назначения длиной до 70 м. Помимо недоверия рынка и особенностей климата, такое положение дел связывается, в том числе с отсутствием компетенций в проектировании судов из КМ. Ситуация усугубляется несовершенством нормативной базы и отсутствием сертифицированных решений для рынка РФ, например, в части негорючести морских КМ. Проще говоря, строят в РФ из КМ почти исключительно маломерные суда, а с чем-то более серьёзным, для коммерческих целей, предпочитают не связываться — дорого и неоднозначно в проектировании и в сертификации, да и результат неочевиден — могут быть сюрпризы при работе с отечественными классификационными обществами.

С целью повышения конкурентоспособности судов из КМ производства РФ коллективом АНМК решаются задачи развития соответствующих компетенций, а также обеспечения отечественных проектировщиков и сертифицирующие органы эффективным инструментом расчета судовых конструкций из КМ.

Следует заметить, что разработка подобных расчетных программ всегда связана с наличием опыта практического проектирования судов из КМ. Только на примере разработанных и реализованных проектов становятся понятны требования к интерфейсу, предусматриваемым решениям в программе, а также интерпретации правил органами сертификации. Например, технические решения, которые в судостроении не используются, закладывать в программное обеспечение нет необходимости; хотя в общеинженерных программах для композитных конструкций они присутствуют. С другой стороны, в ряде программ общего назначения отсутствует возможность расчета П-образных профилей, в то время как это распространённая практика в судовых конструкциях... Некоторые из проектов, разрабатываемые или уже реализованные коллективом АНМК представлены на рис. 1 и 2.



Рисунок 1. Прогулочный парусный катамаран IS410



Рисунок 2. Проект пассажирского судна AMD1990 длиной 19,9 м из КМ

Общие подходы к оценке прочности судов из КМ

В современном судостроении для корпусов, в основном используется КМ на базе стекловолокна и углеволокна и полимерной матрицы. Методы расчета конструкций в судостроении применяются совершенно разные – от простейших «назначим по

Таблица 1. Базовые методы расчетов в судостроении из КМ

«Базовые» методы	
По судну-прототипу	Элементы конструкции выбираются на основе судов похожего размера. Например, такой подход применен FAO [1] для постройки малых промысловых судов развивающихся стран
«Директивный»	Шпация, толщина конструкций или количество слоев назначается в зависимости от длины судна. Также, директивно назначается расстояние между балками набора и их сечение. Используется, например, в «старых» правилах РС* и для прогулочных судов
Упрощенный метод расчетов	Используются упрощенные формулы и таблицы, пригодные для низкотехнологичных КМ; метод содержит высокие запасы прочности. Как правило, это эмпирические формулы для толщины или момента сопротивления балок набора в зависимости от длины либо численной характеристики объема корпуса
«Квази-изотропный»	Для расчетов свойства КМ принимаются как для изотропного материала; применяется для однослойных КМ или простых сэндвичей

*РС — Российский морской регистр судоходства

Таблица 2. «Продвинутые» методы расчетов в судостроении из КМ

«Продвинутые» методы	
«Пакетный»	Пластины, балки или сечения корпуса представляются в виде пакета материалов, с расчетом комбинированных характеристик жесткости
Классическая теория ламинатов (CLT)	Основан на представлении элементов из КМ в виде ортотропных слоев, вычислении матриц жесткости и инженерных констант
Метод конечных элементов (МКЭ)	Основан на численном моделировании конструкции
Методы испытаний судна	Сбрасывание с высоты, налив воды, постановка на опоры, подводный взрыв и т.д.

прототипу» ... до расчетов МКЭ (см.табл. 1 и 2)

В практике АНМК, «базовые» методы практически не применяются. Из группы «продвинутых» методов, используются все перечисленные для различных задач: например, МКЭ применяется для задач общей прочности или прочности транцевых конструкций. В частности, испытания в виде сбрасывания применяются для судов типа RIB [4]. Для задач же местной прочности наиболее перспективно применение «пакетных» методов, для которых в правилах классификационных обществ (КО) предусмотрены коэффициенты запаса. Более того, применение МКЭ для задач местной прочности при практическом проектировании оборачивается кратно большими затратами времени, и оправдано только если проектировщик имеет дело с оболочковой конструкцией сложной формы, с большим количеством естественных элементов жесткости [3].

Зарубежное ПО — что есть «у них»?

При разработке отечественной программы, был проанализирован опыт применения аналогичного «софта» от зарубежных разработчиков. Ряд программ разрабатывается непосредственно КО.

- Первой в линейке таких программ в конце 1990-х появилась GLRule от Германского Ллойда (GL), которая позволяла производить расчет конструкций из КМ и металла. С коренным изменением правил GL в 2012 это КО отказалось от обновления программы, что вынудило проектировщиков самостоятельно разрабатывать необходимые расчетные таблицы.
- Программа LR SSC разработана Регистром Ллойда (LR) и предназначена для расчета прочности судовых конструкций из КМ, стали или алюминиевых сплавов. Алгоритм построен на «пакетном» анализе ламинатов. Указанное КО принимает расчеты непосредственно в виде файлов программы.
- Программа ComposeIT разработана Бюро Веритас (BV) и предполагает анализ конструкций по правилам этого КО с использованием методов CLT. Расчетная нагрузка вводится непосредственно пользователем.
- Итальянский Регистр (RINA) имеет в своем арсенале программу STR-DIP, которая позволяет выполнять оценку конструкций из КМ, алюминия и стали по правилам этого КО.

Заметим, что существенным отличием судостроения

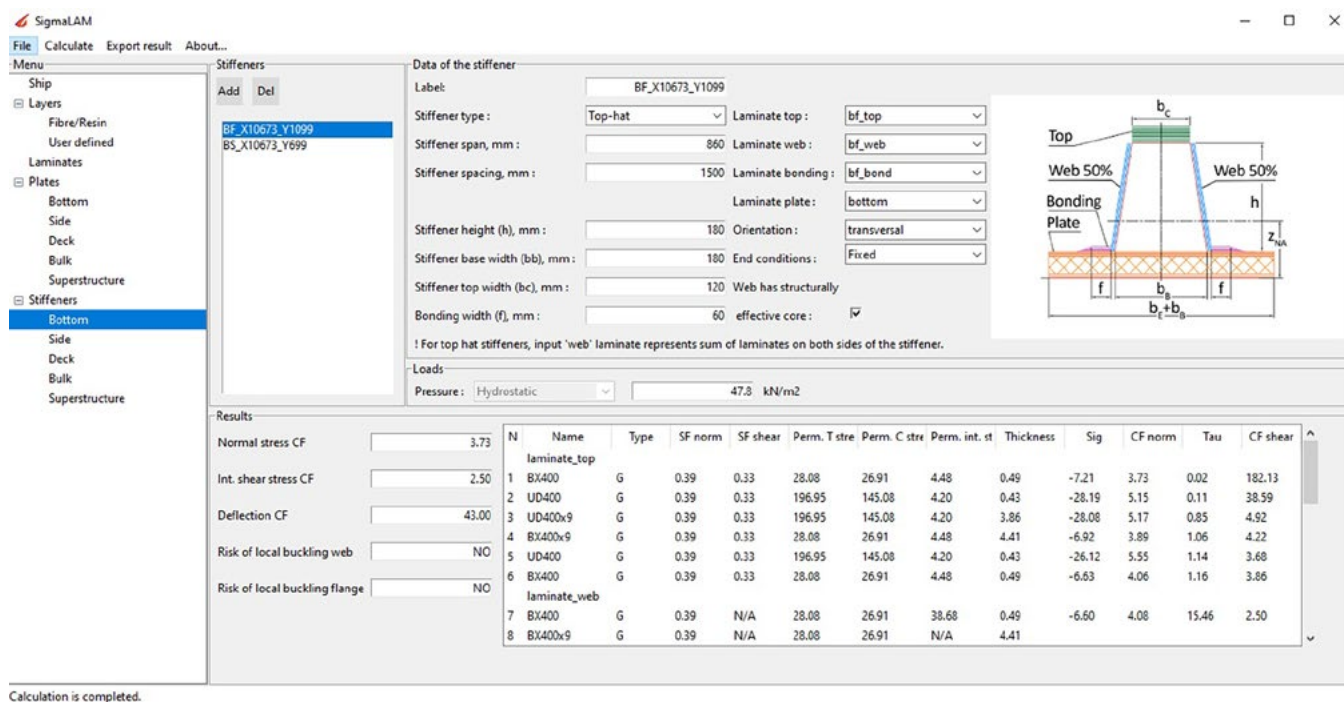


Рисунок 3. Интерфейс программы SigmaLAM — расчет балки набора

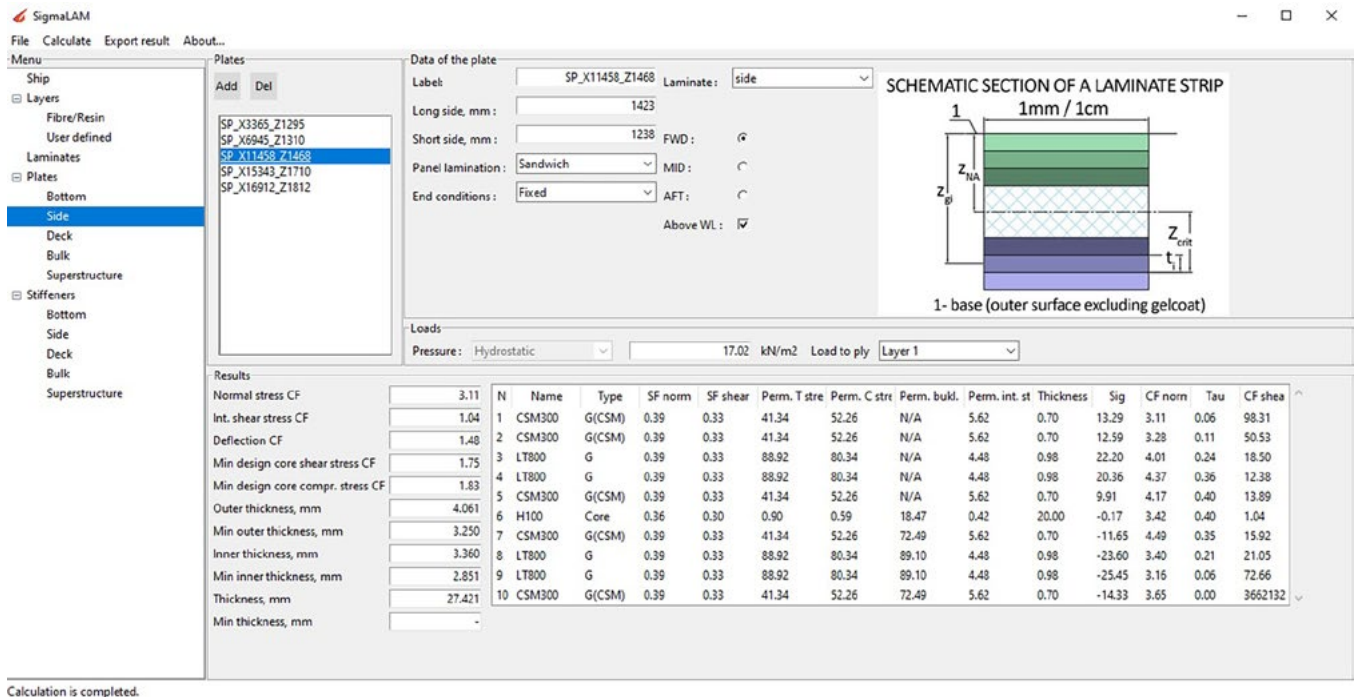


Рисунок 4. Интерфейс программы SigmaLAM — расчет трехслойной панели

от других отраслей является сертификация используемых расчетных программ. Если же программа разработана самим КО, то такая проблема отсутствует.

Помимо названных, на рынке присутствуют программы от сторонних коммерческих разработчиков, к ним относятся в первую очередь программы, работающие со стандартом ISO12215-5 для судов длиной до 24м, например:

- Программа HullScant разработана лабораторией Wolfson Unit при университете Саутгемптона и присутствует на рынке более 15 лет. В 2021 году, программа прошла коренное обновление 2.0 в связи с выпуском нового стандарта ISO12215-5:2019. Возможности программы включают анализ местной прочности (пластин, балок) с использованием критериев прочности, коэффициентов запаса и нагрузок из стандарта.
- Программа SCT от испанской компании TAN предназначена для расчета конструкций судов длиной до 24м по стандарту ISO12215-5 из стали, алюминия, дерева и КМ. ПО имеет обновление для действующей версии стандарта ISO12215-5:2019.
- Программа SELF-CERTIFIER-12215-5 бесплатная, разработана ICOMIA с использованием устаревшей методики ISO12215-5:2008; программа не позволяет проектировать конструкции из высокотехнологичных КМ. На сегодняшний день, поддержка программы разработчиком прекращена.

Существует также значительное количество расчетных программ общего назначения, позволяющих выполнять расчет пластин и реже – балок набора, например, Laminator, CompositeStar и некоторые другие. Из нашего опыта, подобным ПО имеет смысл пользоваться только для конструкций из высокотехнологичных несбалансированных КМ, или когда проектируемая конструкция не является предметом

рассмотрения КО — например, для сверхлегких гоночных судов.

Следует отметить, что при разработке расчетного модуля SigmaLAM для ISO12215-5:2019 авторы SigmaLAM координировали действия с разработчиками HullScant2.0 и SCT, также с рабочей группой самого стандарта. Это позволило исправить ошибки, опечатки и преодолеть некоторую нечеткость формулировок в самом тексте стандарта.

Предпосылка разработки

В течение многих лет наше КБ разрабатывало и применяло в проектировании электронные таблицы, позволяющие производить расчеты композитных конструкций, например, по GL и DNV [3]. Но несколько обстоятельств ускорили разработки полноценного программного обеспечения (рис.3, 4) для расчетов композитных конструкций.

Во-первых, в малом судостроении летом 2021 были окончательно введены новые стандарты по прочности конструкций корпуса ISO12215-5-2019 [2], которые существенно отличались от используемых ранее. Соответственно, все используемые ранее «покупные» программы оказались непригодны для дальнейшего использования. Причем, разработчики этих самых коммерческих программ «боролась» с новыми методиками нового стандарта и нестыковками в нем, пытаясь его запрограммировать. Обновление (если быть точнее — полная переработка), ранее используемого нами покупного софта задерживалась, а проекты делать необходимо, это вынудило заняться программированием расчетов прочности самостоятельно.

Во-вторых, мы увидели перспективы развития композитов на российском рынке судостроения. Индикатор этого — например, у Российского морского

регистр судоходства (РС) появился принципиально новый раздел правил для судов из композитов [10]... Правила-то появились, но как считать по ним, не вручную же? Родилась идея объединить опробованные нами ранее алгоритмы теории композитов с критериями прочности композитов российских классификационных обществ (КО).

Решение создать новую программу было принято в середине 2021 — начале 2022 года, и оно только окрепло в течение 2022 года. Ведь зарубежный софт стал для российских проектировщиков недоступным. Так и появилась программа SigmaLAM [5].

Само название программы состоит из Sigma — это общепринятое в инженерном деле обозначение для напряжений, а слово LAM — это сокращение от «ламинат».

Программа SigmaLAM позволяет создавать действительно эффективные по массе конструкции, за счет учета свойств слоев и анализа «фактора соответствия». Например, во многих судостроительных правилах и методиках заложены «квази-изотропные» подходы (см.табл. 1) к оценке прочности композитов, получаемые путем усреднения свойств слоев в составе ламината. Такой подход издавна применяется в Американском бюро судоходства (ABS), его перенял Индийский регистр судоходства (IRS), присутствует он и в рекомендательной методике расчетов в новых правилах РС [10], а также в иногда используемом в РФ еще советском РД [7].

Однако очевидно, что оценивать критерии прочности и разрушение композита необходимо по состоянию наиболее слабого слоя. В программе SigmaLAM применен пакетный анализ ламинатов (stack laminate analysis), когда материал по всей толщине анализируется послойно (см.табл.2). Аналогичный подход применяется в программном обеспечении, разработанном Бюро Веритас (BV) и Регистр Ллойда (LR).

В целом, судостроение остается довольно консервативной отраслью, а проблема программного обеспечения заключается именно в необходимости его сертификации. В противном случае, применение любых программ для расчетов судостроительных конструкций превращается в «долгоиграющую историю» с доказательством правильности методик расчетов.

Преимущества SigmaLAM

Преимущества отечественного софта перед зарубежным видятся в следующем:

- Во-первых, SigmaLAM не привязана к расчетным нагрузкам, которые определяются отдельно и вводятся пользователем. Расчетные нагрузки для различных типов судов отличаются [8], хотя материал корпуса, например, для рыболовного судна или высокоскоростного — композит, и принципы его расчета одинаковы. Как показывает опыт, раздел по расчетным нагрузкам для высокоскоростных судов РС нуждается в существенном уточнении и пользоваться им в настоящее время рискованно. Например, расчетные нагрузки на мост и днища катамаранов отличаются от правил других КО в

разы, при этом известно, что ведутся работы по их уточнению.

- Во-вторых, в SigmaLAM в одном интерфейсе, и из одного файла данных возможно оценить один и тот же проект по разным правилам. Это огромное преимущество, ведь можно сравнить влияние правил на конструкции, сравнивать критерии, выбирать необходимую нормативную нишу для проекта... И немаловажно, что в таком относительно новом нормативном сегменте, как судостроение из композитов, возможно избежать «детские болезни» правил и норм, путем сопоставления результатов расчетов с более проверенными подходами.
- В-третьих, в SigmaLAM чрезвычайно упрощено оформление отчетов. Результаты расчетов со всеми промежуточными величинами выводятся в многостраничный файл Excel, откуда его можно распечатать или передать заказчику. Диаграмма расчетных схем конструкций (для однокорпусного судна или катамарана) также формируется автоматически, и есть возможность вывести ее на печать.

Сертификация и развитие SigmaLAM

В настоящее время, на SigmaLAM получено Свидетельство о государственной регистрации в РФ, а также получены сертификаты о признании программного обеспечения от РС и Российского классификационного общества (РКО). Таким образом, программой можно пользоваться для расчетов судов под эти КО, без необходимости доказывать сертификационным органам правильность методики расчетов и принятых допущений в каждом случае, что было проблемой ранее.

Здесь следует отметить действительно активное и заинтересованное взаимодействие разработчиков SigmaLAM с РС. Это не только собственно тестирование программы, но и выпущенные РС в течение 2022 года несколько бюллетеней корректировок новой переработанной редакции правил [10], а также





Рисунок 5.
Проект прогулочного
катамарана H70 из КМ
(проект АНМК)

доработаны трактовки имеющихся требований [6,9]. Весьма вероятно, что без задачи разработки программы внести эти усовершенствования в правила было бы невозможно... Здесь как раз интересы и РС, и отрасли, и конечно разработчиков SigmaLAM совпали.

Ну и конечно же, нельзя не отметить эффективное и полезное взаимодействие с РКО, чьи правила для судов из стеклопластика [11] довольно просты и проверены временем, и мы их без особых проблем интегрировали в SigmaLAM. В настоящее время, именно РКО, с их гибкими требованиями к негорючести композитов (для внутренних водных путей), оказываются перспективной нишей проектирования судов из композитов для рынка РФ.

В конце марта 2023 года программа SigmaLAM от АНМК получила премию «Композиты без границ» в номинации «R&D» — т.е. исследований в области композитов.

В настоящее время, в разработке находятся два дополнительных модуля — для расчета конструкций из композитов под правила Индийского Регистра Судоходства (IRS) и КО из Арабских Эмиратов ‘Tasneef Maritime’. Также, в планах получить признание программы от Морских Администраций ряда стран Азии. Разработчики SigmaLAM смотрят на перспективу работы с дружественными странами...

Заключение

Для чего может быть использована SigmaLAM? Во-первых, это расчеты маломерных судов под ГИМС (рис. 5). Во-вторых, это проектирование судов с классом РС или РКО коммерческого назначения, например пассажирских (рис. 2), служебных, рыболовных, прогулочных яхт. Ну и конечно же, программа наверняка может быть использована для решения задач военного кораблестроения...

Надеемся, что разработанный АНМК инструмент и выполняемые с его помощью расчеты «подстегнут» отечественное судостроение из композитов. **КМ**

Библиография

1. Fishing boat construction: 2. Building a fibreglass fishing boat. FAO Fisheries technical paper 321. Food and Agriculture Organization of the United Nations.1991.
2. ISO-12215 - 5:2019 Small craft - Hull construction and scantlings - Part 5 design pressures, design stresses, scantling determination.
3. Nazarov A. Composite High Speed Craft: Practical Design Approaches// 4nd Chesapeake Power Boat Symposium - Annapolis, USA, 2014.
4. Nazarov A., Tapee S., Prapset P., Chattawan S. Small Craft Design for Drop Test: Case Study // SURV 10 - Surveillance, Search and Rescue Craft, 13-14 January 2021, RINA, London
5. Королев С.А., Назаров А.Г. Автоматизация расчетов прочности судовых конструкций из композиционных материалов// «Судостроение» №2-2023 (867), с.23-29.
6. Королев С.А., Назаров А.Г. Сравнительный анализ критериев местной прочности судовых конструкций из композиционных материалов// Научные проблемы водного транспорта, №73 (4) 2022, с.45-56
7. Корпуса и корпусные конструкции из стеклопластика. Правила проектирования и методические указания по расчетам прочности. РД5.1186-90
8. Назаров А.Г. Подходы к оценке прочности и расчетные нагрузки для маломерных рыболовных судов // IX Международная научная конференция «Морская техника и технологии. Безопасность морской индустрии», с.122-129, Калининград, 2021.
9. Назаров А.Г., Коляченко К.С., Назарова С.Г. О критериях минимальной толщины обшивки судов из композиционных материалов// Научные проблемы водного транспорта, №74 (1) 2023, с.50-60.
10. Правила классификации и постройки морских судов. Часть XVI. Конструкция и прочность судов из полимерных композиционных материалов. Российский морской регистр судоходства, 2022.
11. Правила классификации и постройки судов. Российский Речной Регистр, 2019.

Колобков Александр Сергеевич, к.т.н.
Гуляев Иван Николаевич, к.т.н.

НИЦ «Курчатовский институт» — ВИАМ

Разработка полимерных композиционных материалов с применением искусственного интеллекта (обзор)

В статье описывается новый подход в разработке материалов. Для реализации этого подхода используются компьютерные технологии, в частности рассматривается возможность применения искусственного интеллекта (нейронных сетей) для разработки новых полимерных композиционных материалов. В статье кратко описываются различные варианты применения искусственного интеллекта (методы машинного обучения и глубокое машинное обучение - нейронные сети) при подходе к материаловедению и инженерным задачам. Делается вывод, что новый подход позволит ускорить создание новых полимерных материалов, обладающих новыми качествами.

Ключевые слова: машинное обучение, нейронные сети, искусственный интеллект, полимерные композиционные материалы, материаловедение.

Введение

В течение многих лет разработка и поиск новых материалов были полностью эмпирическим. Техники и ремесленники развивали материалы с помощью экспериментов методом проб и ошибок. Это требовало много времени и других ресурсов, тем не менее, был сформирован первый подход: «эмпирический».

В 17 веке, после некоторых научных открытий, был разработан второй подход — «теоретический» основанный на моделях в форме математических уравнений, теоретических моделей и хорошо известных законов физики, химии и других наук, связанных с материалами. Но через несколько лет теоретические модели стали слишком сложными, и из-за технологических ограничений аналитические решения больше не были выполнимы, эти теории требовали большое количество времени и ресурсов.

Однако в 1950-х годах, с изобретением компьютеров, появился третий подход: «Вычислительный». Этот инструмент позволял моделировать сложные явления реального мира на основе теоретических моделей, которые были предложены во втором подходе, например, МКЭ (метод конечных элементов) и DFT (теория функционала плотности).

Три подхода демонстрируют эволюцию теории, эксперимента и вычислений почти во всех научных областях. В результате большого количества экспериментов и симуляций, которые проводились на протяжении многих лет, был сгенерирован большой объем данных, и это привело к появлению четвертого подхода: науки, основанной на больших данных. Этот подход, в свою очередь, способствовал развитию предыдущих, и сегодня они популярны как разделы теории, эксперимента и вычислений почти во всех научных областях.

В тоже время промышленные требования в различных секторах машиностроения, таких как гражданское строительство, авионавтика, аэрокосмическая промышленность, автомобилестроение, военно-морской флот и передовое производство, возросли благодаря экспоненциальному технологическому прогрессу, соответствующему последней промышленной революции. Одной из важных областей,

которая необходима во всех вышеупомянутых секторах машиностроения, является материаловедение и инженерия, поскольку она является основой для проектирования и производственных процессов. В этом контексте, как и в случае с промышленными революциями, материаловедение и инженерия развивалась на протяжении многих лет, расширяя знания в области материаловедения и ассимилируя инструменты промышленных революций [1–8].

В работе авторов [9] предложены следующие этапы изменения мира с развитием материаловедения и инженерии:

- **Индустрия 1.0 — Материалы 1.0.**
Эпоха железа и стали;
- **Индустрия 2.0 — Материалы 2.0.**
Систематическое исследование материалов (проходит через подход и систематического экспериментирования и тестирования);
- **Индустрия 3.0 — Материалы 3.0.**
Вычислительное материаловедение;
- **Индустрия 4.0 — Материалы 4.0.**
Большие данные, существующие для синтеза, обработки, моделирования, характеристики и свойств материалов.

Подводя итог, можно сказать, что «Материалы 4.0» — это результат знаний материаловедения и инженерии, основанных на двух основных инструментах Индустрии 4.0: больших данных и искусственном интеллекте.

Методы машинного обучения

В последние годы машинное обучение и глубокое обучение — обе области искусственного интеллекта — широко использовались в различных областях, от исследований до промышленности. Алгоритмы машинного обучения основаны на принципах биологических нейронных сетях, которые отвечают за обучение и идентификацию паттернов у людей.

Цель этих алгоритмов — учиться на собственном опыте, чтобы выполнить ту или иную задачу. Базовой единицей этих сетей является «нейрон». Эти «нейроны» взаимосвязаны, что означает, что выход одного «нейрона» служит входом для следующего. Каждое соединение имеет свой вес, и процесс обучения состоит в нахождении подходящих весов, которые приводят к желаемому результату на основе определенного входного значения. Если сеть соответствующим образом обучена, она выдаст правильный результат, даже если в качестве входных данных используются значения, с которыми она не была обучена.

Алгоритмы машинного обучения предоставляют системам возможность извлекать уроки из данных без явного программирования. Согласно ссылке [10] эти алгоритмы можно разделить следующим образом:

- Обучение с учителем;
- Обучение без учителя.

Обучение с учителем является наиболее широко используемым типом обучения, поскольку оно применяется, когда выходные данные уже известны

(размеченные данные), что имеет место в процессах проектирования и производства. В зависимости от того, что требуется получить в качестве выходных данных, их можно разделить на регрессию (требуется число) и классификацию (требуется класс).

Обучение без учителя помогает находить структуру и закономерности в данных. Эти алгоритмы обучаются с использованием неразмеченных данных, одним из наиболее важных методов неконтролируемого обучения является кластеризация. Кластеризация позволяет группировать объекты, обладающие схожими характеристиками.

Согласно общепринятому разделению, глубокое обучение является подразделом машинного обучения, в данном случае используются нейронные сети. Искусственные нейронные сети — это вычислительные сети, которые пытаются имитировать процесс принятия решений в сетях нервных клеток [11]. Эти сети состоят из входного, скрытого и выходного слоев, где каждый слой представляет собой группу нейронов. Входной уровень представляет входные значения для сети; скрытые уровни вычисляют и передают информацию с входного уровня на выходной уровень; и, наконец, выходной уровень выдает результаты для заданных входных данных.

Глубокое обучение

Глубокое обучение является результатом совместных усилий многих ученых [12–16]. Оно выявляет и подчеркивает паттерны обучения или характеристики с помощью последовательного набора слоев, состоящих из простых элементов (нейронов), работающих параллельно.

Такой подход позволяет пользователям создавать сложные представления данных из простых представлений. Однако вначале это не имело большого значения, поскольку вычислительные мощности на данный момент были развиты не полностью. Только в 2011 году, после победы в конкурсе по классификации изображений с использованием глубоких нейронных сетей, обученных на графическом процессоре, глубокому обучению стало уделяться больше внимания.

Применение методов искусственного интеллекта в материаловедении и инженерии для ПКМ

Важный обзор 2003 года, в котором авторы [17] описали применение искусственной нейронной сети к ПКМ для систематических исследований параметров при оптимальном проектировании и прогнозировании свойств композиционных материалов для конкретных применений, таких как усталостная долговечность, трибологические свойства, комбинированное нагружение, динамические механические свойства и обработка, оптимизация. После этого, в 2006 году [18] опубликован обзор о моделировании механического поведения армированных волокнами ПКМ с использованием искусственных нейронных сетей,

посвященный исследованиям в области вычислительных методов по девяти подтемам, связанным с эксплуатационными характеристиками материалов, такими как статическое поведение, усталостное поведение, динамические механические свойства, поведение при ползучести, расслоение, обнаружение трещин / повреждений, удар, трибологические свойства и вибрация.

Один из последних обзоров был опубликован группой авторов [19] в 2016 году, где обсуждаются механические характеристики труб из термореактивной смолы, армированных стекловолокном, оставляя в стороне применение алгоритмов искусственного интеллекта для целей оптимизации. В этом обзоре выделяются шесть тем: Анализ напряжений/деформаций, оценка отказов, экологические проблемы, вязкоупругое поведение и анализ ползучести, анализ усталости и анализ воздействия. Другой опубликованный [20] обзор отмечает использование больших объемов данных для поиска материалов и прогнозирования их свойств.

Эти работы были посвящены исследованиям применения искусственного интеллекта и других вычислительных методов для ПКМ во многих отраслях машиностроения.

Стоит отметить, что наибольшее количество научных публикаций о применении искусственного интеллекта при работе с ПКМ приходится на «эксплуатационные характеристики» (54% от общего числа), за которыми следуют «свойства» (19%), «структура» (14%) и, наконец, «производство» (13%) [21].

При изучении эксплуатационных характеристик методы искусственного интеллекта применяются в основном при анализе отказов (расслаивании и мониторинг работоспособности конструкций) и анализа механизма повреждения. Методы испытаний являются важными инструментами для достижения комплексной оценки эксплуатационных характеристик материалов. В этом случае методы разрушающего и неразрушающего контроля используются более чем в 76% программных комплексов для оценки эксплуатационных свойств. Эти показатели необходимы для понимания того, что происходит в режиме реального времени для оценки или анализа механических характеристик ПКМ в условиях эксплуатации. Более того, в 86% программных комплексах используются методы машинного обучения и соответственно 51% искусственные нейронные сети. С другой стороны, только 14% программных комплексов используют методы глубокого обучения, при этом сверточные нейронные сети — 11% [21].

Для изучения свойств ПКМ методы искусственного интеллекта применяются в основном для прогнозирования теплопроводности и механических свойств (усталостных циклов и упругих свойств). Методы машинного обучения используются в 67% программных комплексов, а методы глубокого обучения — примерно в 33%. В этом случае преобладающее использование сверточных нейронных сетей — 33% [21].

В производстве ПКМ методы искусственного интеллекта применяются в основном в процессах укладки

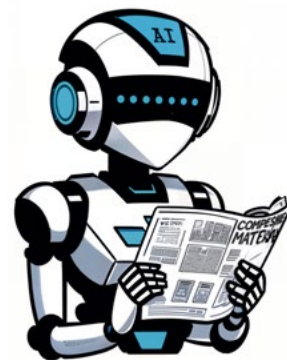
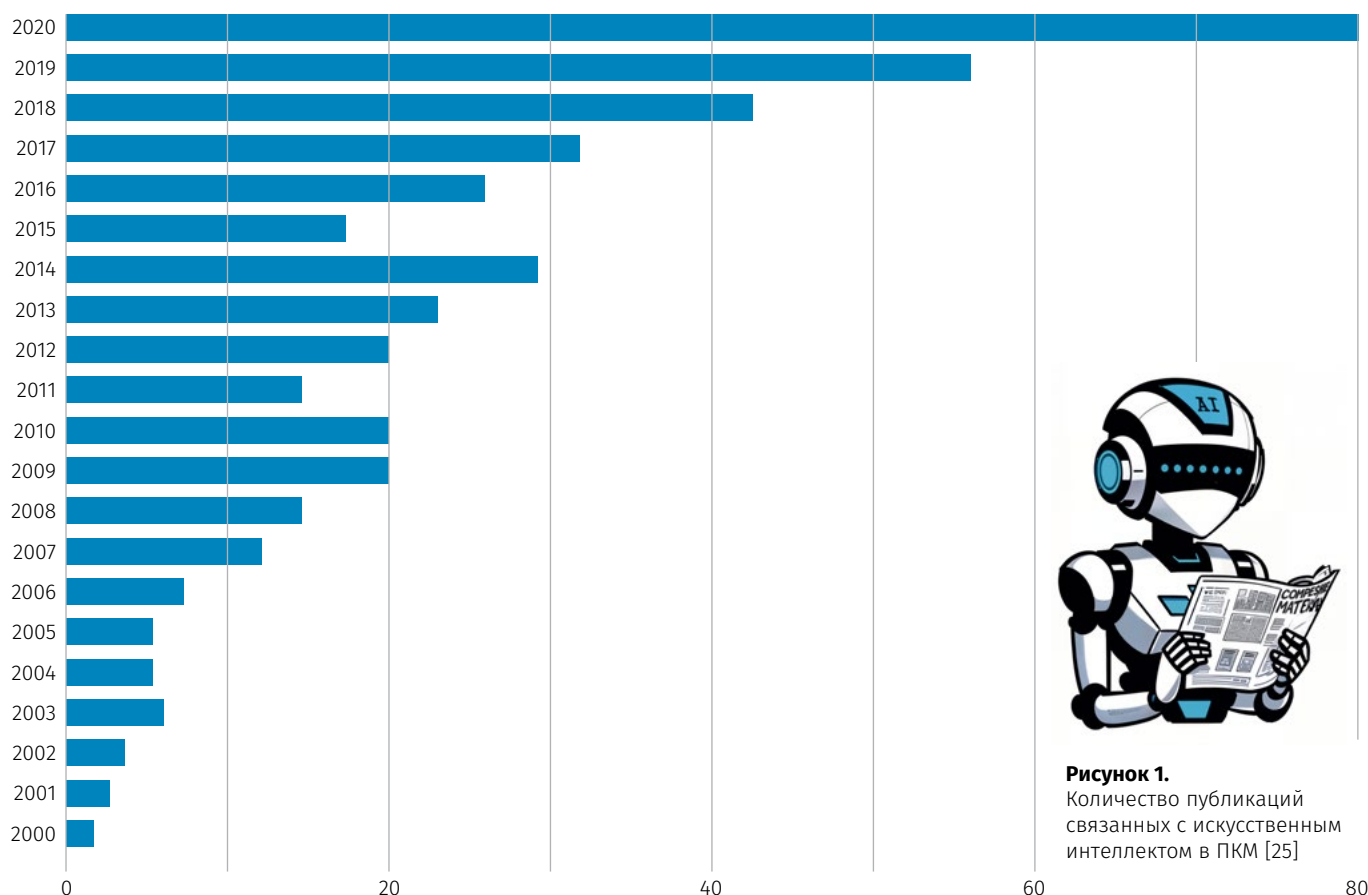


Рисунок 1.
Количество публикаций связанных с искусственным интеллектом в ПКМ [25]

волокон, например, при укладке слоистого пластика. Методы машинного обучения используются в 78% программных комплексов, при этом в более чем 44% программных комплексов преобладает применение искусственных нейронных сетей. У 22% программных комплексов используются сверточные нейронные сети в качестве метода глубокого обучения [21].

Методы искусственного интеллекта при работе со структурами полимерных композиционных материалов применяются в основном для оптимизации проектирования конструкций, основанной на моделировании метода конечных элементов. Методы машинного обучения используются в 100% рассмотренных приложений, при этом искусственные нейронные сети являются наиболее важными алгоритмами с 40% от общего числа.

Существует много публикаций о применении методов искусственного интеллекта в композитах в зависимости от типа используемой в них матрицы: композиты с цементной матрицей [22], композиты с металлической матрицей [23], и композиты с полимерной матрицей [24]. В контексте четвертой промышленной революции применение ПКМ в различных отраслях машиностроения приобретает все большее значение.

На рисунке 1 показан рост интереса к теме применения искусственного интеллекта в области полимерных композиционных материалов. Соответственно, как было выше сказано данное направление связано с изменением в подходе материаловедения, благодаря накоплению данных о материалах и развитию вычислительных мощностей компьютерной техники.

Методы искусственного интеллекта — это не просто звено в материаловедении и инженерии, это инструменты, позволяющие оценивать, оптимизировать и обнаруживать различные материалы. Таким образом, предлагаемый подход материаловедения и инженерии для ПКМ ориентирован на искусственный интеллект, который подразумевает, что методы искусственного интеллекта воздействуют на все звенья (независимо от типа их взаимоотношений), ускоряют получение точных результатов.

На рисунке 2 представлена схема создания искусственного интеллекта для разработки ПКМ. В этой схеме достаточно трудоемкой и затратной частью является самый первый этап по созданию набора данных о составе материалов и их свойств, на котором будет происходить обучение искусственного интеллекта.

В настоящее время исследовательские усилия больше сосредоточены на сокращении входных данных для моделей и оптимизации свойств материала на молекулярном уровне [26] и микроструктурном уровне [27]. К сожалению, эти достижения в области композитных материалов не происходят с такой же скоростью. Это может быть связано с высокой стоимостью их изготовления и присущей им сложности механических испытаний для получения необходимых данных для обучения алгоритмов. Это обстоятельство объясняет пробел в литературе о разработке качественных новых полимерных композиционных с помощью искусственного интеллекта, которые бы учитывали состав олигомеров, количество функциональных групп, заместителей, разбавителей, полимер-

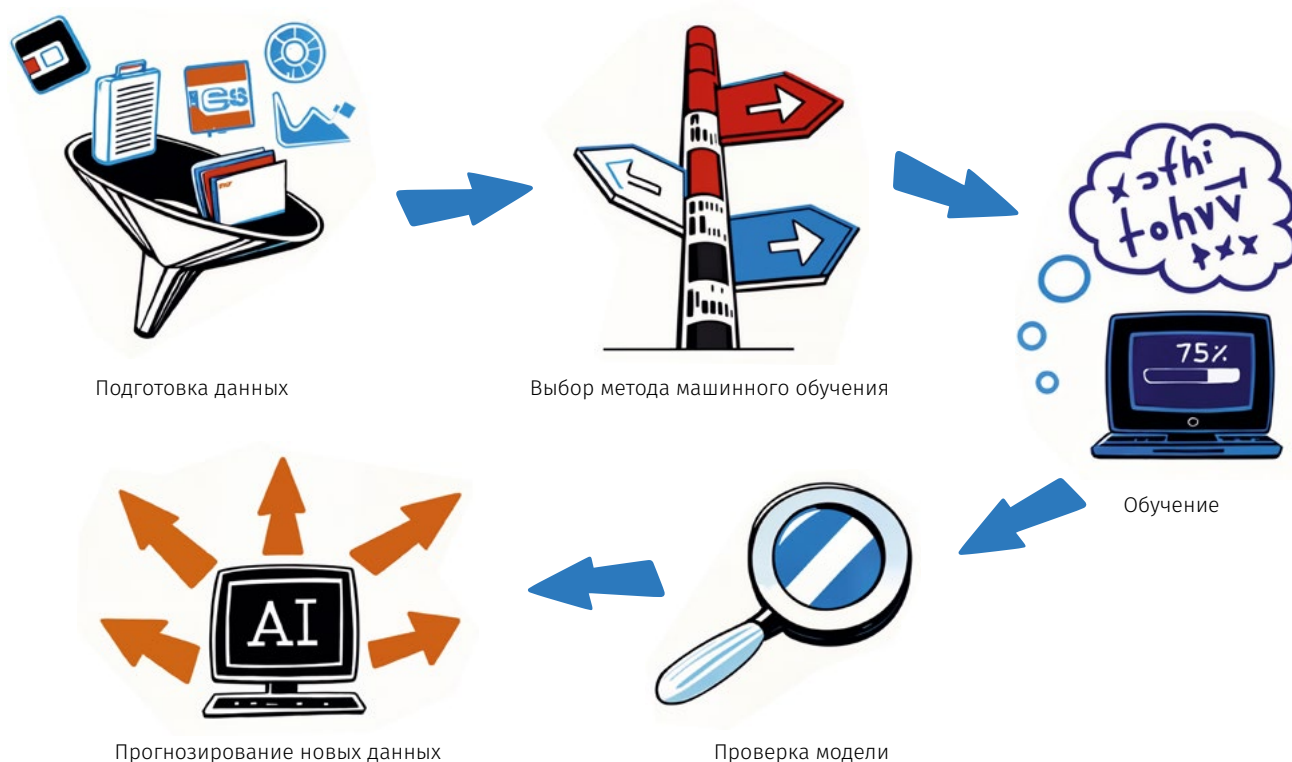


Рисунок 2. Схема разработки модели искусственного интеллекта для разработки ПКМ.

ных наполнителей, состав аппарата на армирующем наполнителе и другие параметры, влияющие на формирование межфазного слоя и связанного с ним основных характеристик ПКМ.

Выводы

В проведенном обзоре литературы о применении методов искусственного интеллекта в качестве подхода материаловедения и инженерии полимерно-матричных композитов показано использование различных методов машинного обучения при работе с полимерными композиционными материалами.

Применение искусственного интеллекта при разработке полимерных композиционных материалов на сегодняшний день еще не задействовано, как отмечалось выше, из-за ресурсоемкости в подготовке материалов и их испытании для создания массива данных для обучения нейронной сети. Тем не менее, в обозримом будущем появление такого инструмента позволит создавать ПКМ с оптимальными свойствами для различных областей применения с меньшими затратами материальных и временных ресурсов.

Такое решение позволит сократить время на разработку ПКМ, при этом возможно дополнительно расширится перечень характеристик новых материалов, что позволит совершенствовать систему и получать в будущем материалы с качественно новыми свойствами. **КМ**

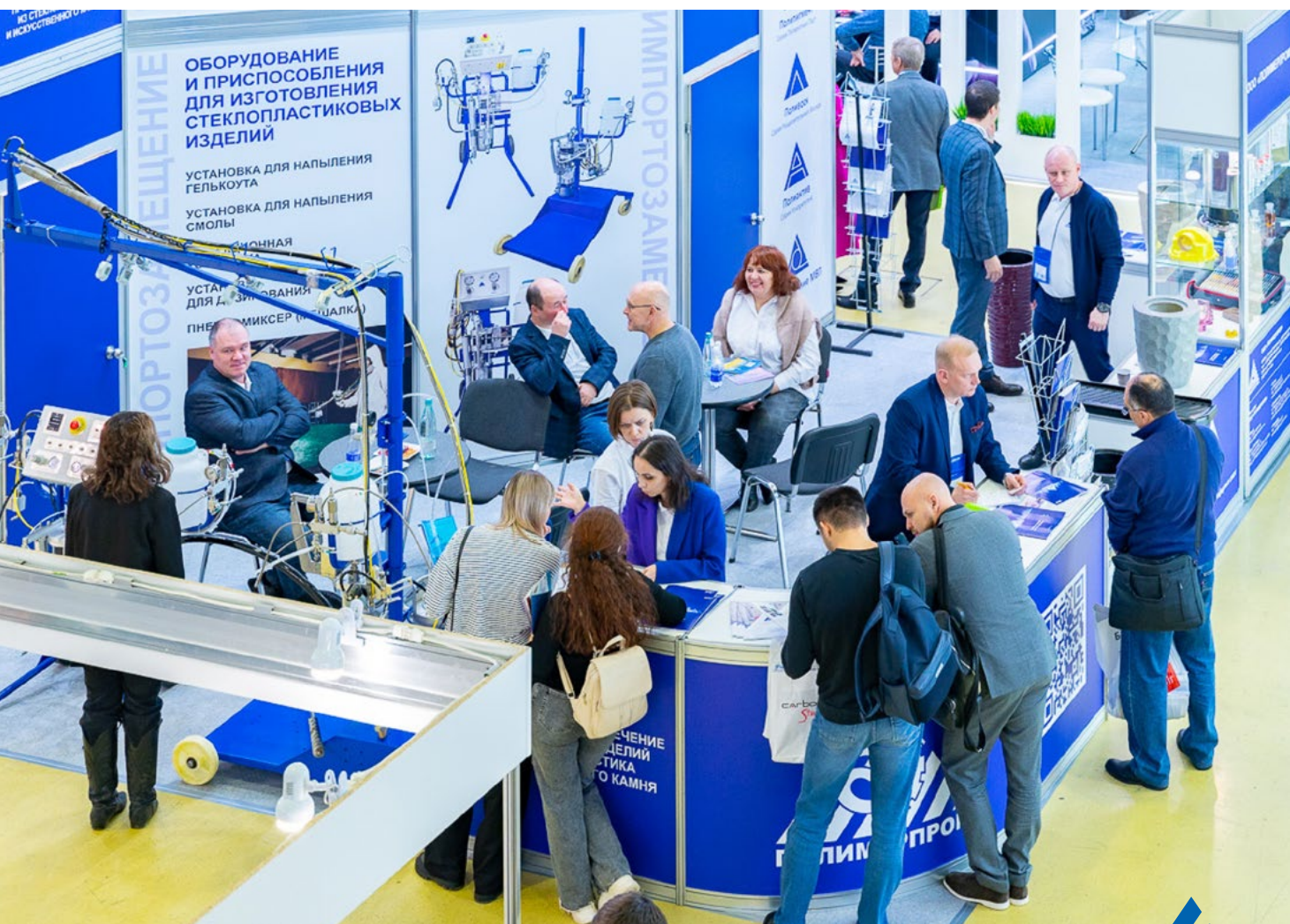
Работа выполнена при поддержке ЦКП «Климатические испытания» НИЦ «Курчатовский институт» — ВИАМ.

Список литературы

1. Каблов Е.Н., Валуева М.И., Зеленина И.В., Хмельницкий В.В., Алексахин В.М. Углепластики на основе бензоксазиновых олигомеров - перспективные материалы // Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн., 2020. № 1 (85). С. 68-77. URL: //www.viam-works.ru (дата обращения 01.03.2023). DOI:10.18577/2307-6046-2020-0-1-68-77.
2. Каблов Е.Н. Материалы нового поколения и цифровые технологии их переработки // Вестник Российской академии наук. 2020. Т. 90. № 4. С. 331-334.
3. Каблов Е.Н. Становление отечественного космического материаловедения // Вестник РФФИ, 2017. № 3. С. 97-105.
4. Славин А.В., Донецкий К.И., Хрульков А.В. Перспективы применения полимерных композиционных материалов в авиационных конструкциях в 2025-2035г.г. (обзор) // Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн., 2022. № 11 (117). С. 81-92. URL: //www.viam-works.ru (дата обращения 05.04.2023). DOI:10.18577/2307-6046-2022-0-11-81-92.
5. Старцев В.О., Антипов В.В., Славин А.В., Горбовец М.А. Современные отечественные полимерные композиционные материалы для авиационного применения (обзор) //Авиационные материалы и технологии: электрон. науч.-технич. журн., 2023. №2. Ст. 10. URL: //www.journal.viam.ru (дата обращения 01.05.2023). DOI: 10.18577/2713-0193-2023-0-2-122-144.
6. Сорокин А.Е., Иванов М.С., Сагомонова В.А. Термопластичные полимерные композиционные материалы на основе полиэфирэфиркетонов различных производителей //Авиационные материалы и технологии: электрон. науч.-технич.

- журн., 2022. №1. Ст. 04. URL: //www.journal.viam.ru (дата обращения 01.03.2023). DOI: 10.18577/2713-0193-2022-0-1-45-50.
7. Сидорина А.И. Мультиаксиальные углеродные ткани в изделиях авиационной техники (обзор) // *Авиационные материалы и технологии: электрон. науч.-технич. журн.*, 2021. №3. Ст. 10. URL: //www.journal.viam.ru (дата обращения 01.03.2023). DOI: 10.18577/2713-0193-2021-0-3-105-116.
 8. Раскутин А.Е. Стратегия развития полимерных композиционных материалов // *Авиационные материалы и технологии*, 2017. №5. С. 344-348. URL: //www.journal.viam.ru (дата обращения 01.03.2023) DOI: 10.18577/2071-9140-2017-0-5-344-348.
 9. Jose R. and Ramakrishna S., *Materials 4.0: Materials big data enabled materials discovery // Appl Materials Today*. 2018. Vol. 10. Pp. 127-132. DOI: 10.1016/j.apmt.2017.12.015
 10. Stephen Marsland. *Machine Learning: An Algorithmic Perspective, Second Edition (2nd. ed.)*, 2014. Chapman & Hall/CRC.
 11. Graupe D., *Principles of Artificial Neural Networks*, Vol. 66. World Scientific Publishing Company URL: https://www.worldscientific.com/worldscibooks/10.1142/8868 (дата обращения 01.03.2023)
 12. Hinton G. E., Osindero S., and The Y.-W., *A fast learning algorithm for deep belief nets // Neural Computation*. 2006. Vol. 18. No. 7, Pp. 1527-1554. DOI: 10.1162/neco.2006.18.7.1527
 13. Bengio Y., Lamblin P., Popovici D., and Larochelle H. *Greedy layer-wise training of deep networks // Advances Neural Information Processing Systems*. 2007. Vol. 19. No. 1. Pp. 153-161. DOI: 10.7551/mitpress/7503.003.0024
 14. Ranzato M., Boureau Y. L., and Cun Y. Le. *Sparse feature learning for deep belief networks // Advances Neural Information Processing Systems*. 2007. 20 – Proc. Conf., Pp. 1-8.
 15. Е.И. Орешко, В.С. Ерасов, И.Г. Сибеев, А.Н. Луценко, П.В. Шершак Алгоритмы машинного обучения (обзор) Часть 1. Задачи классификации и регрессии, линейные алгоритмы в машинном обучении. Применение алгоритмов машинного обучения для расчетов прочностных характеристик материалов // *Авиационные материалы и технологии: электрон. науч.-технич. журн.*, 2022. №3. Ст. 12. URL: //www.journal.viam.ru (дата обращения 01.05.2023). DOI: 10.18577/2713-0193-2022-0-3-130-146.
 16. Е.И. Орешко, В.С. Ерасов, И.Г. Сибеев, А.Н. Луценко, П.В. Шершак Алгоритмы машинного обучения (обзор) Часть 2. Метрики машинного обучения. Решающие деревья и ансамбли решающих деревьев. Алгоритм нейронной сети по прогнозированию свойств ферритно-мартенситной стали // *Авиационные материалы и технологии: электрон. науч.-технич. журн.*, 2022. №4. Ст. 12. URL: //www.journal.viam.ru (дата обращения 01.05.2023). DOI: 10.18577/2713-0193-2022-0-4-132-146.
 17. Zhang Z. and Friedrich K. *Artificial neural networks applied to polymer composites: A review // Composit Science Technology*. 2003 Vol. 63. No. 14. Pp. 2029-2044. DOI: 10.1016/S0266-3538(03)00106-4
 18. Kadi H. El. *Modeling the mechanical behavior of fiber-reinforced polymeric composite materials using artificial neural networks: A review // Composite Structure*. 2006. Vol. 73, No. 1. Pp. 1-23. DOI: 10.1016/j.compstruct.2005.01.020
 19. Rafiee R. *On the mechanical performance of glass-fibre-reinforced thermosetting-resin pipes: A review // Composite Structure*. 2016. Vol. 143. Pp. 151-164. DOI: 10.1016/j.compstruct.2016.02.037.
 20. Liu Y., Zhao T., Ju W. *Materials discovery and design using machine learning. // Journal Materials*. 2017. Vol. 3. No. 3. Pp. 159-177. DOI: 10.1016/j.jmat.2017.08.002
 21. Mantari J.L., Coronado A. *A contemporary approach to the MSE paradigm powered by Artificial Intelligence from a review focused on Polymer Matrix Composites // Mechanics of Advanced materials and Structures*. 2021. DOI: 10.1080/15376494.2021.1886379
 22. Wang X. and Hu Z. *Grid-based pavement crack analysis using deep learning. 2017 4th International Conference on Transportation Information and Safety, ICTIS 2017 - Proceedings, Banff, AB, Canada*. 2017. Pp. 917-924, 2017. DOI: 10.1109/ICTIS.2017.8047878.
 23. Shabani M. O. and Mazahery A. *Artificial Intelligence in numerical modeling of nano sized ceramic particulates reinforced metal matrix composites // Applied Mathematical Modeling*. 2012. Vol. 36, No. 11, Pp. 5455-5465. DOI: 10.1016/j.apm.2011.12.059.
 24. Ech-Choudany Y., Assarar M. *Unsupervised clustering for building a learning database of acoustic emission signals to identify damage mechanisms in unidirectional laminates // Applied Acoustics*. 2017. Vol. 123. Pp. 123-132. DOI: 10.1016/j.apacoust.2017.03.008
 25. Sharma A., Mukhopadhyay T. *Advances in computational intelligence of polymer composite materials: Machine learning assisted modeling, analysis and design*. 2021. DOI: 10.21203/rs.3.rs-471723/v1
 26. Butler K. T., Davies D. W. *Machine learning for molecular and materials science. // Nature*. 2018. Vol. 559, No. 7715, Pp. 547-555. DOI: 10.1038/s41586-018-0337-2.
 27. Liu R., Kumar A. *A predictive machine learning approach for microstructure optimization and materials design. // Scientific Reports*. 2015. Vol. 5. Pp. 11551-11512, 2015. DOI: 10.1038/srep11551





Работай на отечественном!



polymerprom-nn.ru



Компания Полимерпром на выставке Композит-Экспо 2023 представила собственные разработки самых востребованных видов оборудования для подготовки, дозирования и нанесения связующих.

Оборудование производится в России. Сроки изготовления и поставки оборудования минимальны. Кроме этого, вы всегда сможете обратиться к техническим специалистам для консультации, а расходные материалы и ремонтные узлы при необходимости будут доставлены в короткие сроки.

МВП-Г — установка для напыления гелькоута со шкафом управления на передвижной тележке.

В установке МВП-Г применены унифицированные узлы и агрегаты, что упрощает техническое обслуживание и ремонт установки. Система предусматривает использование внутреннего или наружного смешивания гелькоута и катализатора.

Преимуществом данной установки является безвоздушное распыление, а, следовательно, отсутствие пор в будущем ламинате и минимальное количество взвесей в рабочей зоне. Максимальная производительность до 3,6 л/мин., в зависимости от типа материала и диаметра сопла



МВП-СИ

МВП-СД — установка дозирования смолы и катализатора позволяет быстро подготовить связующее для литья и формования в требуемой пропорции. Остается только тщательно перемешать готовую смесь.

Данная установка имеет пневматический привод. Оборудование позволяет избежать ошибок при взвешивании материалов и в разы сокращает трудозатраты.

МВП-СИ — установка для инъекции смеси смолы и отвердителя в закрытую форму, при контролируемом давлении для производства композитных деталей методами закрытого формования: RTM, LRTM, Flex Molding (управляемая инфузия), вакуумная инфузия.

Установка позволяет дозировать и смешивать компоненты с высокой точностью, имеет пневматический привод.

Пульт управления с системой контроля включает в себя: автоматическое включение/выключение подачи материала, устройства контроля: давления в форме, рециркуляции, промывки, автоматической литниковой системы. В качестве дополнительных опций возможно подключение пневматического датчика клапана давления, пневматического датчика давления в форме.

МВП-СР — установка для нанесения смолы и рубленого стеклоровинга обеспечивает равномерную подачу компонентов: смолы с ровингом или смолы для смачивания стекломатериалов. Отсутствие



МВП-СИ: пульт управления

включений воздуха в системе подачи материала обеспечивает производство более прочного и качественного ламината.

Отличительной особенностью данной установки является точное дозирование смолы и отвердителя, безвоздушное распыление, пневматический привод, высокая производительность (до 6 л/мин) и возможность напыления смолы без ровинга. **КМ**

Зубков Александр Сергеевич
Унжаков Андрей Сергеевич

Перспективы и опыт применения композитных материалов для фундаментов опор и самих опор воздушных линий электропередач (ВЛ)

Энергосистема Якутии (за исключением зоны децентрализованного энергоснабжения, Талаканского энергорайона, Оймяконского района и п. Черский) входит в ЕЭС России, являясь частью Объединённой энергосистемы Востока.

Общая протяженность линий электропередачи в Якутии в зоне централизованного энергоснабжения по состоянию на 2018 год составляет 27 280 км, в том числе ЛЭП 220 кВ — 6264 км, ЛЭП 110 кВ — 2931 км, ЛЭП 35 кВ — 3859 км, ЛЭП менее 35 кВ — 14225 км. Большая часть электрических сетей (протяжённостью более 21 тыс. км) эксплуатируется ПАО «Якутскэнерго», остальные сети эксплуатируются: ПАО «ФСК ЕЭС», АО «Дальневосточная распределительная сетевая компания», ПАО «Транснефть».

Одной из основных проблем, характерных для энергосистемы республики, является изношенность электросетевого оборудования. Значительная часть оборудования введена в эксплуатацию более 30 - 40 лет назад, ВЛ и ПС имеют высокий процент износа.

Средний процент износа ЛЭП на балансе ПАО «Якутскэнерго» исходя из нормативного срока службы и фактического срока эксплуатации составляет свыше 60%. Фактический износ ЛЭП по результатам обследований специалистов ПАО «Якутскэнерго» с учетом выполненных ремонтных и восстановительных работ составляет 30%.

Наблюдается существенное старение и износ линий электропередачи на, в первую очередь, деревянных опор. Более 70% линий эксплуатируются свыше 25 лет, имеет место массовое загнивание опор и их разрушение. [1]

Аварии, происходящие на линиях электропередачи, в современных условиях приводят к большим материальным убыткам для поставщиков электроэнергии и неудобства потребителям. Поэтому обеспечение безаварийной подачи электроэнергии является особо важной задачей, стоящей перед энергетиками, особенно в суровых климатических условиях Якутии, где наблюдается самый широкий диапазон изменений температур воздуха.

Климат республики Саха (Якутия) резко континентальный, субарктический. Зима длится до 9 месяцев в году, температуры здесь часто доходят до -60°C .

На территории республики расположен полюс холода северного полушария. В Якутии находятся два самых холодных города мира — Оймякон ($-71,2^{\circ}\text{C}$) и Верхоянск (-68°C). Абсолютная величина минимальной температуры воздуха доходит до -72°C . По суммарной продолжительности периода с отрицательной температурой (до 9 месяцев в год) республика не имеет аналогов в Северном полушарии. Якутск — наиболее контрастный по температурному режиму город мира, его годовая амплитуда перепада температур составляет $102,7^{\circ}\text{C}$. В условиях изменения температур происходит сильное сезонное изменение физико-механических свойств материалов линий электропередач. К суровым климатическим особенностям также можно отнести большую ветровую и гололедную нагрузку на ЛЭП, особенно в северных районах Якутии. Весьма существенными отрицатель-

ными факторами, влияющими на состояние ЛЭП, являются мерзлота и связанные с ней природные явления и образования.

Из всего многообразия факторов влияющих на выбор основных технологических решений при проектировании и строительстве ВЛ в условиях Крайнего Севера являются:

1. Температура окружающего воздуха, влияющая на выбор материала опор.
2. Специфические свойства многолетнемерзлых грунтов, основными из которых являются пучение и сезонное протаивание, влияющие на способ закрепления опор в грунте и глубину заглубления.

Указанные условия приводят к высокой аварийности в сетях, а труднодоступная местность и суровый климат ограничивают использование спецтехники при проведении строительных и аварийно-восстановительных работ (АВР).

В указанных условиях особую роль играет сокращение времени строительства устранения последствий аварий. Также есть дополнительные ограничения при проведении работ по восстановлению опор в болотистой местности, при прохождении ВЛ через овраги, лесополосы и т.д.

Таким образом, с учетом данных факторов, особо остро стоит вопрос о необходимости разработки устройств и механизмов установки опор, исключающими применение грузоподъемной техники, а также опор и фундаментных решений, выполненных из современных композитных материалов.

В связи с чем руководством Якутскэнерго было принято решение провести ряд НИОКР по исследованию композитных материалов, их применению в составе фундаментов опор ВЛ, самих опор ВЛ и механизмов работы с опорами ВЛ.

1. Выбор материалов

Перспективной тенденцией современного применения композитных материалов является замена традиционных конструкционных материалов (поликристаллических) на композитные материалы (КМ) в деталях различного назначения, как несущих, так и не несущих. Это вызвано целым рядом причин научного, технического, экономического и социального характера.

Характеристики конструкций в значительной степени определяется параметрами прочности и жесткости конструкционных материалов, из которых они изготавливаются. Предел прочности алюминиевых сплавов в 40-х годах был порядка 400 МПа, а стали — 1200 МПа. К началу 90-х годов они изменились в сторону увеличения и составили соответственно 650 МПа и 2200 МПа, причем дальнейшее увеличение этих характеристик дается с большим трудом.

Специалисты приходят к выводу, что в связи с исчерпанием потенциальных возможностей механической технология вступает в полосу своего заката. Совершенствование механических методов воздействия на предмет труда не дает теперь боль-

Таблица 1. Характеристики прочности и жёсткости основных конструкционных материалов

Материал	$\sigma_{\text{в}}$, МПа	E, ГПа	ρ , кг/м ³	E/ ρ
Сталь 30ХГСА	1600	210	7850	26,8
Алюминий Д16Т	420	72	2850	25,3
Титан ВТ15	1500	110	4850	22,9
Углепластик высокопрочный	2070	143	1550	95,3
Углепластик высокомодульный	1040	281	1610	174,5
Стеклопластик	2100	70	2200	31,8
Органопластик	2200	95	1400	67,8
Боропластик	1200	250	2600	125
Бороалюминий	1750	260	2700	96,3

шого экономического эффекта, не приносит больших качественных изменений в продуктах труда. Следовательно, резервы прочностных характеристик стали и алюминиевых сплавов исчерпываются. Анализируя другую, не менее важную характеристику материалов — модуль упругости первого рода, предварительно отметим, что в настоящее время особое значение придается материалоемкости и весовым параметрам конструкций. В связи с этим при оценке механических свойств материалов необходимо обращать внимание и на его удельный вес — γ . Оказалось, что обобщающими и показательными характеристиками являются удельные модуль упругости и предел прочности, т.е. отношение модуля или предела прочности к удельному весу. Для алюминиевых сплавов $\gamma = 2,5 \text{ г/см}^3$, для стали — $7,8 \text{ г/см}^3$. Оказывается, что значение удельного модуля упругости для всех металлов изменяется в довольно узком диапазоне — 2300–2600 км, причем изменить эту характеристику обычными технологическими приемами невозможно.

Таким образом, можно сделать вывод: механические характеристики традиционных конструкционных материалов, широко используемых в промышленности, находятся на предельном уровне.

Композиционные материалы можно конструировать и получать с заранее заданными физико-механическими характеристиками, их плотность в 3...6 раз ниже стали, они безотходны при переработке в изделия, инертны к окружающей и агрессивным средам, т.е. не подвержены коррозии, обладают направленной тепло- и электропроводностью, звуконепроницаемостью и т.д. Обычно эти характеристики превосходят характеристики поликристаллических материалов в несколько раз и даже на несколько порядков. Считается, что 1 тонна изделий из КМ заменяет, в среднем, 10 тонн стали.

Создание и внедрение КМ сопровождается рядом сопутствующих положительных эффектов. Так, во многих случаях существенно упрощается технология изготовления деталей машин и конструкций из этих материалов, что позволяет экономить энергетические, человеческие и материальные ресурсы. Важны также эффекты снижения эксплуатационных расходов, выражающиеся в экономии топлива, увеличении долговечности, удлинении сроков межремонтной эксплуатации и т.д.

Композиционные материалы, за редким исключением, еще несколько десятков лет назад относились к разряду экзотических. Они создавались с целью обеспечения все возрастающих требований к летательным аппаратам в области весового совершенства, обеспечения надежности, которые, в свою очередь, определялись экстремальными условиями эксплуатации элементов конструкции.

В настоящее время композиты все шире используются в различных отраслях, где преобладают обычные, традиционные условия эксплуатации, далекие от экстремальных. Это приводит к существенному удешевлению их стоимости и созданию большой группы КМ из разнообразных составляющих элементов, различающихся как по геометрическим, так и по физическим параметрам. Однако внедрение КМ связано с рядом специфических факторов, которые надо учитывать при разработке элементов конструкций на их основе.

1.1. Преимущества и недостатки современных композиционных материалов

По сравнению с традиционными конструкционными материалами (металлами) композиты обладают рядом преимуществ, среди которых главные:

- сравнительно низкая плотность;
- высокие удельная прочность и жесткость, средние значения которых, в сравнении с традиционными материалами, приведены в табл. 1;
- высокая химическая и коррозионная стойкость;
- технологичность переработки в изделия;
- высокие усталостные характеристики волокнистых КМ;
- возможность управлять силовыми потоками за счет рационального расположения арматуры;
- наличие специальных свойств (радиопрозрачность, термостойкость и др.).

К недостаткам КМ относятся:

- высокая стоимость большинства КМ по сравнению с металлическими сплавами;
- низкая жесткость;
- сложность в обработке готовых изделий и соединение их крепежными элементами;

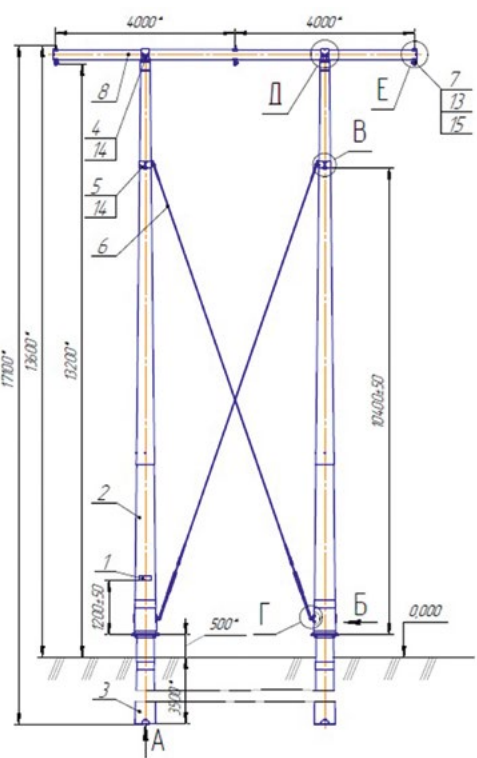
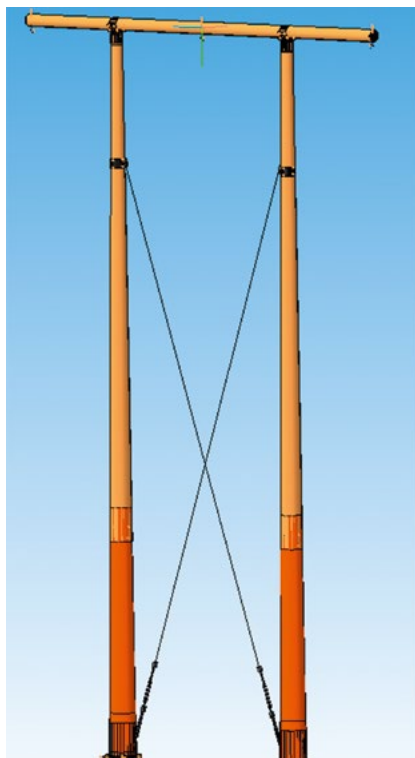


Рисунок 1.
Вид и габаритный чертёж опоры ПКПф110-1-002 (ФБСА300.00.00.000-05)

- отсутствие зоны текучести, хрупкий характер разрушения;
- необходимость принятия специальных мер по охране труда и при переработке.

1.2. Композитные опоры, как прообраз элементов падающих стрел

Областями применения КМ становятся сваи, композитные опоры сетей наружного освещения и электрических сетей различных классов напряжения. Быстромонтируемые, легкие и компактные комплекты опор ВЛ облегчают и ускоряют восстановление электроснабжения при повреждении или разрушении опор, в том числе в труднодоступной местности. По электрофизическим характеристикам композитные стойки очень близки к деревянным, поэтому в сетях среднего напряжения зарубежные энергокомпании используют их для замены деревянных опор.

К основным достоинствам стеклопластиковых опор относят следующие:

- **прочность.** По данному параметру композитные опоры сопоставимы со стальными;
- **масса.** Низкий показатель массы облегчает транспортировку и монтаж опоры. Так, общая масса комплекта опоры 6-20 кВ не превышает 165 кг, а масса П-образной опоры 110 кВ не превышает 820 кг. Поэтому, большая часть подготовительных работ по транспортировке и разгрузке таких опор проводится без привлечения тяжелой техники;
- **диэлектрические свойства.** По своим изоляционным характеристикам стеклопластиковые опоры практически аналогичны деревянным. Изоляционные свойства материала позволяют применять новые решения по защите линий от грозových перенапряжений, в т.ч. основанные на увеличении

- электрической прочности фазной изоляции;
- **упругость.** Благодаря эластичности (гибкости) стойки выдерживают большие ветровые и гололедные нагрузки. Высокая эластичность композитных конструкций позволяет избежать остаточной деформации;
- **долговечность.** Проведенные испытания показали, что срок службы стоек составляет приблизительно 70 лет;
- **минимальные затраты на обслуживание.** Высокая стабильность материала позволяет эксплуатировать композитные опоры в суровых климатических условиях;
- **физические свойства.** Композитные опоры не подвержены гниению и коррозии, воздействию птиц (дятлов) и насекомых, обладают высокой огнестойкостью и могут стать абсолютно негорючими, если их покрыть несколькими слоями огнестойкого средства;
- **экологичность.** Токсичные компоненты не применяются при производстве и не выделяются в окружающую среду в процессе эксплуатации. Использование композитных опор не влечет за собой загрязнение окружающей среды и проблемы, подобные тем, которые возникают с пропитанными креозотом деревянными опорами.

Все эти достоинства опор в полной мере распространяются и на композитные модули, используемые в конструкциях механизмов подъема опор.

В качестве иллюстрации на рис. 1 приведена П-образная опора 110 кВ — ПКПф110-1-002. Опора устанавливается на стеклопластиковые фундаментные пасынки(сваи), которые имеют фланцевые узлы крепления стоек. Стойки, в свою очередь, также окаймлены фланцами.

Применение

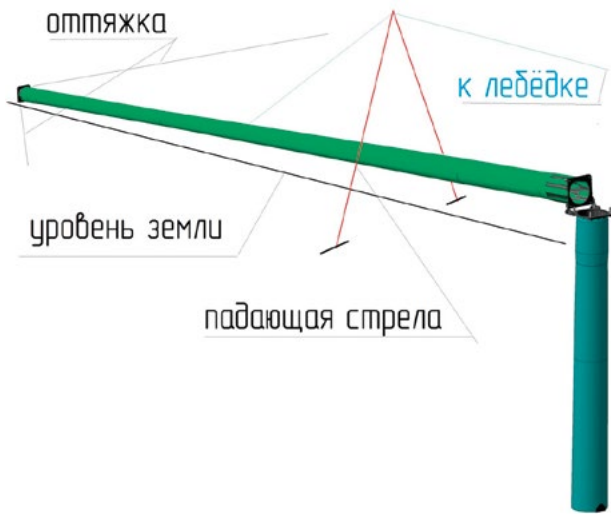


Рисунок 2. Раскладка опоры

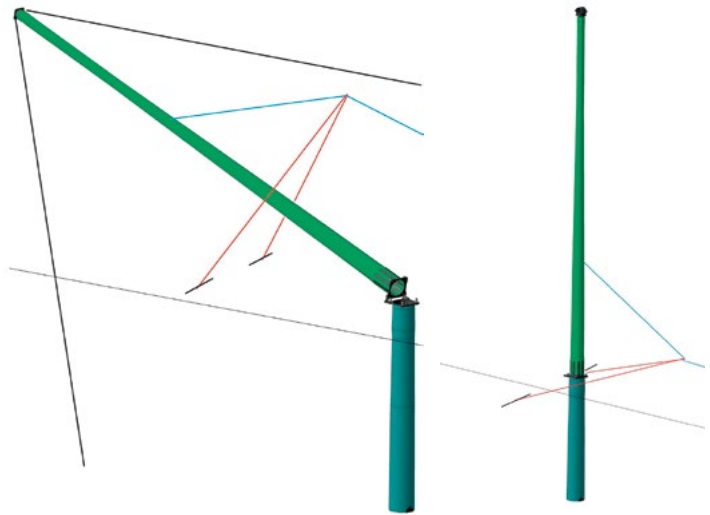


Рисунок 3. Подъем опоры

Рисунок 4. Опора в установленном виде.

2. Технологии монтажа композитных опор

2.1. Монтаж фланцевой одностоечной опоры

Сборка и монтаж композитной опоры выполняется в следующей последовательности:

1. Пробурить котлован (диаметр не менее 500 мм) согласно монтажной схеме;
2. Установить и закрепить на композитной свае нижнюю крышку;
3. Установить сваю в пробуренный котлован, выровнять сваю по вертикале, засыпать котлован с послойным трамбованием. Создать насыпь в местах выхода сваи из земли, высотой не менее 200 мм и диаметром не менее 1000 мм;
4. Совместить и закрепить горизонтально нижний фланец опоры с фланцем сваи;
5. Закрепить оттяжку за верхний фланец и развести по сторонам (Рис. 2)
6. Собрать и поставить падающую стрелу.
7. Закрепить трос к опоре, падающей стреле и к лебедке (рис. 2).

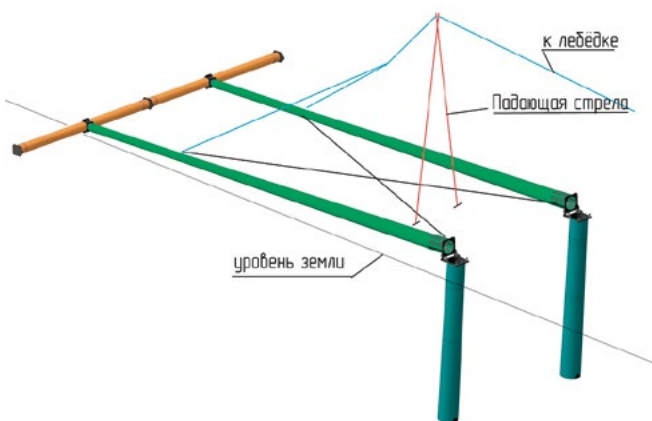


Рисунок 5. Раскладка опоры

8. Удерживая оттяжки начать подъем опоры (рис. 3).
9. После перевода опоры в вертикальное положение, закрепить опору при помощи болтов и гаек.
10. Дальнейшую сборку производить согласно инструкции по сборке опоры.

2.2. Монтаж фланцевой П-образной опоры

Сборка и монтаж композитной опоры выполняется в следующей последовательности:

1. Пробурить котлованы (диаметр не менее 500 мм) согласно монтажной схеме.
2. Установить и закрепить на композитные сваи нижние крышки.
3. Установить сваи в пробуренные котлованы, выровнять сваи по вертикали, выровнять «вертушки» свай по горизонтали (направление крепления опор должны быть параллельно), засыпать котлован с послойным трамбованием. Создать насыпь в местах выхода сваи из земли, высотой не менее 200 мм и диаметром не менее 1000 мм.

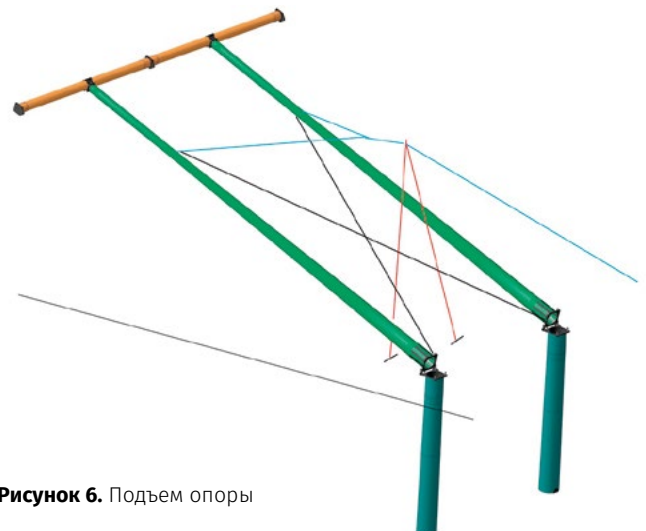


Рисунок 6. Подъем опоры

Применение



Рисунок 7. Схема действия сил на ПС при подъеме опоры

4. Совместить и закрепить горизонтально нижний фланец опор с фланцем сваи, предварительно положив их на подставки (использовать деревянные бруски).
5. Собрать траверсу согласно инструкции по сборке, закрепить ее при помощи хомутов к верхушкам опор (рис. 5). Собрать и поставить падающую стрелу.
6. Закрепить трос к опорам, падающей стреле и к лебедке (рис. 5).
7. Убедится, что все соединения надежно затянуты, начать подъем опоры (рис. 6).
8. После перевода опоры в вертикальное положение, закрепить опору при помощи болтов и гаек.
9. Дальнейшую сборку производить согласно инструкции по сборке опоры.

3. Расчет нагрузок и математическое моделирование устройств и механизмов подъема опор ВЛ

3.1. Расчет нагрузок

На первом этапе работы производился расчет сил и напряжений в элементах падающей стрелы в момент подъема опор различного класса напряжений. На данном этапе производится расчет падающей стрелы в сборе. Расчеты выполнялись для разных нагруженных случаев. На ПС действуют две силы:

- сила от массы поднимаемой опоры;
- сила от тяжения лебедки при подъеме;

Сила тяжения от лебедки рассчитывается от массы поднимаемой опоры с учетом угла α и с учетом массы само падающей стрелы. Масса падающей стрелы

равна 70 кг ($F_{пс} = 686$ Н).

Расчеты проводились в Solid Works Simulation. Угол между тросом крепления опоры и тросом тянущей лебедки $\alpha = 67^\circ$.

Нагрузки, действующие на ПС в момент подъема опоры ВЛ на класс напряжения 110 кВ:

- Масса опоры без учета сваи — 606 кг ($F_m = 5940$ Н);
- Тянущая сила от лебедки $F_n = F_m \times \operatorname{tg}\alpha + F_{пс} = 5940 \times \operatorname{tg}67^\circ + 686 = 14\,680$ Н

Нагрузки, действующие на ПС в момент подъема опоры ВЛ на класс напряжения 35 кВ:

- Масса опоры без учета сваи — 586 кг ($F_m = 5743$ Н);
- Тянущая сила от лебедки $F_n = F_m \times \operatorname{tg}\alpha + F_{пс} = 5743 \times \operatorname{tg}67^\circ + 686 = 14\,216$ Н

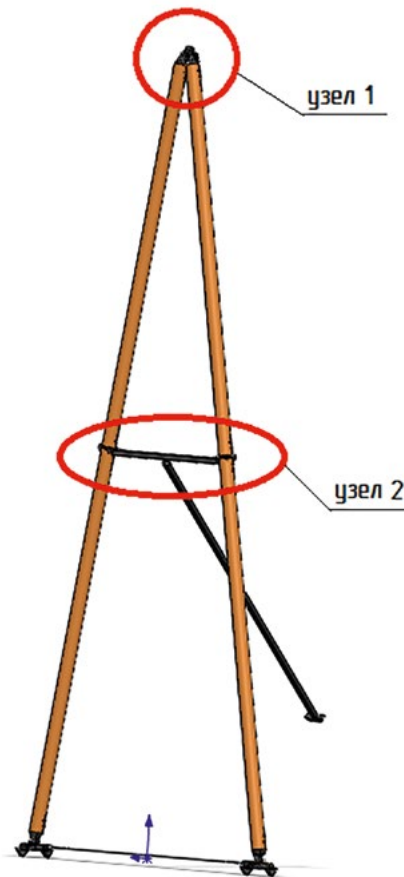


Рисунок 8. Расчетные узлы падающей стрелы

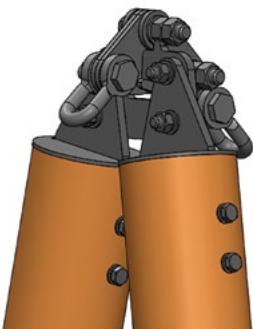


Рисунок 9. Фрагмент — трехмерное представление узла 1



Рисунок 10. Фрагмент — трехмерное представление узла 2

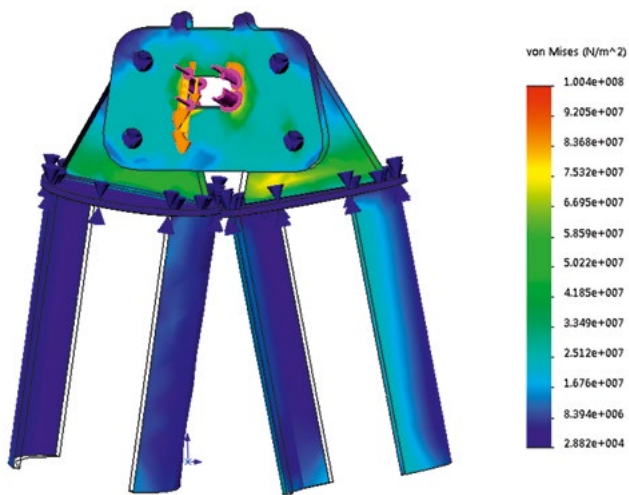


Рисунок 11. Характер напряжений в узле 1

Нагрузки, действующие на ПС в момент подъёма опоры ВЛ на класс напряжения 10 кВ:

- Масса опоры без учета сваи — 249 кг ($F_m = 2440$ Н);
- Тянущая сила от лебедки $F_n = F_m \times \text{tg}\alpha + F_{nc} = 2440 \times \text{tg}67^\circ + 686 = 6434$ Н

3.2. Расчёт узлов ПС для опоры 110 кВ

1. Узел 1

Результат расчетов трехмерной модели
Максимальное напряжение в детали — 1×10^8 Н/м², не превышает предела текучести для стали 09Г2С равного — $3,45 \times 10^8$ Н/м².

2. Узел 2

Результат расчетов трехмерной модели
Максимальное напряжение в детали — $5,3 \times 10^7$ Н/м², не превышает предела текучести для стали 09Г2С равного — $3,45 \times 10^8$ Н/м².

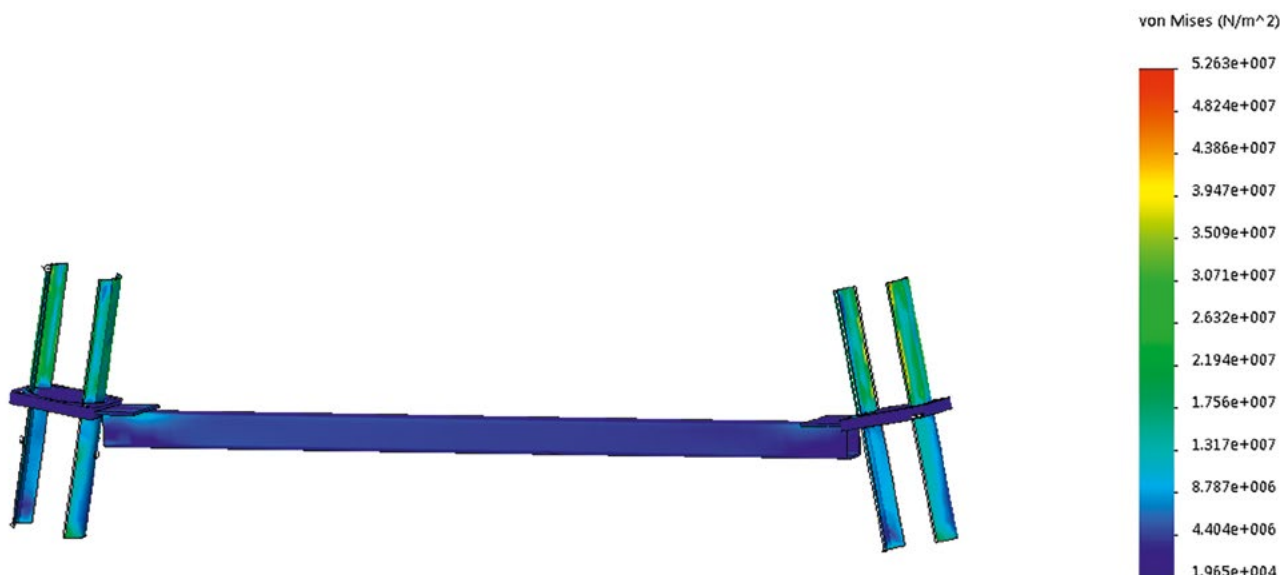


Рисунок 12. Характер напряжений в узле 2

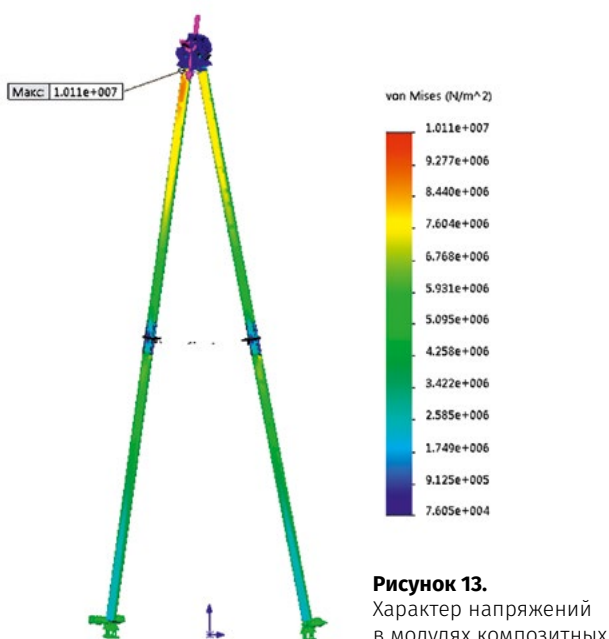


Рисунок 13. Характер напряжений в модулях композитных

3. «Модули композитные»

Результат расчетов трехмерной модели
Максимальное напряжение в детали — 1×10^7 Н/м², не превышает предельного значения для композитного материала равного — $2,05 \times 10^8$ Н/м².

Аналогичным образом производился расчет узлов для опор 35 кВ и 10 кВ.

Расчеты показали, что максимальные напряжения в стеклопластике возникают в режиме установки опоры 110 кВ. С локализацией нагрузки в области крепления верхнего узла 1 к стойкам падающей стрелы (см. рис. 13). При воздействии нагрузок данного режима возникают напряжения равные 10 МПа.

Запас прочности для стальных деталей составляет 1,9, а для композитного материала 20,5.

Положительный запас прочности означает, что конструкция выдержит все случаи нагружения.



Рисунок 14.
Процесс подъема композитной П-образной опоры 110 кВ с помощью композитной падающей стрелы

Рисунок 15.
Подвес проводов на композитную П-образную опору 110 кВ



3.3. Установка опор на местности

В конце октября 2022-го года в Якутскэнерго был осуществлен монтаж композитных опор 110 кВ, 35 кВ, 10 кВ с использованием падающей стрелы, также выполненной из композитных материалов (см. рис. 14, 15).

Сборка опор и падающей стрелы, подъем опор и вывод их в рабочее состояние прошли в штатном режиме.

4. Результаты выполненной работы

- В результате выполненной работы:
- была создана конструкторская документация максимально унифицированного устройства, обеспечивающего, за минимальные сроки, возможность

установки промежуточных опор 10 кВ, 35 кВ, 110 кВ, выполненных из композитных материалов;

- была изготовлена падающая стрела;
- произведена установка промежуточных опор 10 кВ, 35 кВ, 110 кВ, выполненных из композитных материалов;
- была подана заявка на полезную модель. **КМ**

Список источников

- 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.
- Указ главы Республики Саха (Якутия) от 19 мая 2017 г. №1908 «О схеме и программе развития электроэнергетики Республики Саха (Якутия) на 2017-2021 годы».



Отраслевые мероприятия 2023

14–20 августа

Международный военно-технический форум «Армия-2023», Московская обл., Кубинка | www.rusarmyexpo.ru

5–7 сентября

Technotextil 2023. 4-я международная выставка технического текстиля и нетканых материалов. Сырье, оборудование, продукция, Москва | technotextil.ru

26–28 сентября

Выставка «Полимеры и композиты» Беларусь, Минск | polymerexpo.by

28–30 сентября

Central Asia Plast World 2023, Алматы, Казахстан | www.plastworld.kz

4–0 октября

Eurasian Composites Show 2023, Турция | www.eurasiancomposites.com

14 ноября

Конференция «Композиты и компаунды», Москва | creon-conferences.com

27 ноября

Конференция «Полиэфирные и эпоксидные смолы», Москва | creon-conferences.com

ноябрь

Ключевые тренды в новых материалах: Наука и технологии. Международный композитный форум, Москва | forum.emtc.ru

22–25 ноября

Выставка Plasteurasia, Турция | plasteurasia.com/en

24 ноября

VII Всероссийская научно-техническая конференция «Полимерные композиционные материалы и производственные технологии нового поколения» (ВИАМ), Москва | conf.viam.ru/conf

28–30 ноября

Международный форум-выставка «Российский промышленник», Санкт-Петербург | promexpo.expoforum.ru

7–8 декабря

Международный форум по ветроэнергетике РАВИФОРУМ, Москва | rawi.ru/forum

ПРОДАЕТСЯ
ПРОИЗВОДСТВО
В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

«Лаборатория Карбона»
Розничное и серийное
производство сложных деталей

+7 (812) 411-22-22 | sigmax.site



BY SIGMA
CARBONLAB





СОБСТВЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО ПОЛИЭФИРНЫХ СМОЛ

**ДЛЯ
НАМОТКИ**

**ДЛЯ ИНЖЕКЦИИ:
ИНФУЗИЯ, RTM,
LRTM,
FLEX MOLDING**



**ДЛЯ РУЧНОГО
ФОРМОВАНИЯ
И НАПЫЛЕНИЯ**

**ДЛЯ ЛИТЬЯ:
ИСКУССТВЕННЫЙ
КАМЕНЬ**

ТРУДНОГОРЮЧИЕ

- Ортофталевые
- Изофталевые
- Полиэфиракрилатные
- Эпоксивинилэфирные



Полимер

Серия Полиэфирных Смол



Полимергель

Серия Гелькоутов



Поливоск

Серия
Разделительных Восков



Полипигмент

Серия Пигментных Паст



Полиактив

Серия Ускорителей



Полиадгезив

Серия Склеивающих
Составов



Полигранул

Серия Гранул
для Искусственного Камня

ДИСТРИБЬЮЦИЯ

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

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ

И ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА / ОБУЧЕНИЕ

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

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

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

ИТЕКМА

КС22



КЛЕЙ-СПРЕЙ ДЛЯ ВРЕМЕННОЙ ФИКСАЦИИ

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

ТУ 20.52.10-001-59846689-2022



Теперь полностью сделан для Вас в России.

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

