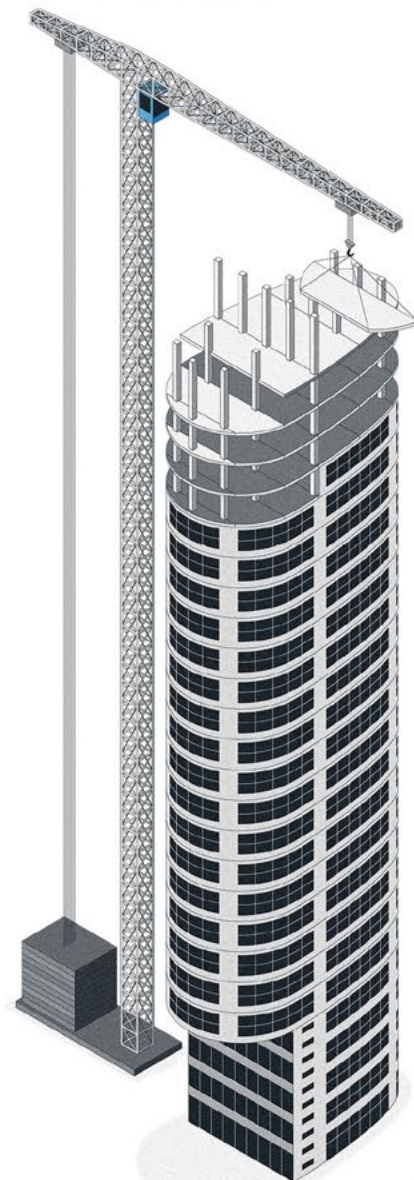
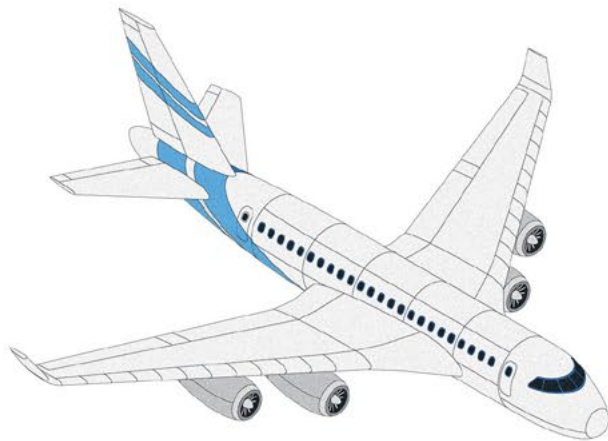




Compositebook

Официальное издание Союза производителей композитов





КОМПОЗИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

**ПРОИЗВОДСТВО | ПРИМЕНЕНИЕ
ТЕНДЕНЦИИ РЫНКА**

Приглашаем компании отрасли принять участие в конференции, обсудить проблемы развития производства и применения композитов в России и СНГ; получить актуальную информацию и обменяться опытом.

**НОЯБРЬ
2018**

По вопросам участия
в мероприятии обращайтесь:
Координатор проекта: Пунина Мария
+7 (495) 786-25-36 | manager_mp@unbcm.ru



» Новостной раздел	
Мировые новости.....	6
Новости России.....	10
Новости Союза производителей композитов.....	18
» Актуальное интервью	
«Мы переходим на новые материалы и другую аэродинамику».....	24
» Точка зрения	
Инновационные закупки в госкомпаниях.....	30
» Инструменты развития отрасли	
Кластерный подход к развитию композитной отрасли в Алтайском крае.....	32
» Оборудование	
Разработка прототипа промышленного оборудования для 3D-печати изделий из композитных материалов, армированных непрерывным волокном.....	34
» Программное обеспечение	
Виртуальная разработка и оптимизация конструкций из композиционных материалов в MSC Nastran.....	40
» Технологии	
Россия возвращает статус авиационной державы.....	44
» Инжиниринг и подтверждение соответствия	
Проектное обоснование и верификация расчетов прочности надстройки из композитов пассажирского амфибийного судна на воздушной подушке.....	48
Полимерные композиты в транспортном строительстве и мостостроении.....	60
» Прошлое и будущее композитов	
История создания и развития применений стекловолокна.....	66
Будущее композитов в архитектуре.....	70
Календарь событий и мероприятий	76
Библиотека	78

Главный редактор: **Ветохин Сергей Юрьевич**
*Исполнительный директор
Объединение юридических лиц «Союз производителей композитов»*

Заместитель главного редактора: **Пунина Мария Андреевна**
*Руководитель проектов
Объединение юридических лиц «Союз производителей композитов»*

Редакционная коллегия

Бейвель Александр Саввич	<i>к.т.н., ведущий специалист в области строительных материалов, технологии изготовления и ремонта транспортных сооружений, ООО «НИИ МИГС»</i>
Бухаров Сергей Викторович	<i>д.т.н., профессор кафедры «Технологии композиционных материалов, конструкций и микросистем», Московский авиационный институт</i>
Бучкин Андрей Викторович	<i>к.т.н., заместитель заведующей лаборатории коррозии и долговечности бетонных и железобетонных конструкций, НИИЖБ им. А. А. Гвоздева</i>
Комаров Герман Вячеславович	<i>д.т.н., профессор</i>
Колесников Сергей Анатольевич	<i>д.т.н., профессор, АО «НИИГрафит»</i>
Косолапов Алексей Федорович	<i>к.т.н., директор НПК «Композит», АО «НПО Стеклопластик»</i>
Костиков Валерий Иванович	<i>д.т.н., член-корреспондент РАН, профессор кафедры «Порошковой металлургии и функциональных покрытий», НИТУ «МИСиС»</i>
Милейко Сергей Тихонович	<i>д.т.н., главный научный сотрудник, Институт физики твердого тела РАН</i>
Новожилова Елена Александровна	<i>к.т.н., научный редактор журнала «Compositebook», Объединение юридических лиц «Союз производителей композитов»</i>
Степанова Валентина Федоровна	<i>д.т.н., профессор, заведующая лабораторией коррозии и долговечности бетонных и железобетонных конструкций, НИИЖБ им. А. А. Гвоздева</i>
Столин Александр Моисеевич	<i>д.ф.-м.н., профессор, заведующий лабораторией пластического деформирования неорганического материалов, ИСМАН</i>
Трофимов Александр Николаевич	<i>к.т.н., генеральный директор, АО «НПО Стеклопластик»</i>

Учредитель: Акционерное общество «Композитбук»

Редакция: Объединение юридических лиц «Союз производителей композитов»
Почтовый адрес: 117420, Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д. 57
Телефон/факс: +7 (495) 786-25-36 | e-mail: info@uncm.ru | www.uncm.ru
Выпускающий редактор: Пунина М. А.

Издательство: АО «Композитбук» совместно с АНО «Реестр композитов» и АНО «Стандарткомпозит»
Почтовый адрес: 117218, г. Москва, ул. Кржижановского, д. 29, корп. 1
Телефон: +7 (915) 152-36-28 | e-mail: cbmagazine@mail.ru
Верстка и дизайн: Емельянов В. В.

Типография: ООО «ТПС Принт» | г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 57

Реклама: Телефон: +7 (915) 152-36-28 | e-mail: cbmagazine@mail.ru

Подписка в редакции: Телефон: +7 (495) 786-25-36 | e-mail: info@uncm.ru

Подписка в издательстве: Телефон: +7 (915) 152-36-28 | e-mail: cbmagazine@mail.ru

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи и массовых коммуникаций.
Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-70089 от 07.06.2017 г.

Авторы опубликованных материалов несут полную ответственность за достоверность приведенных сведений, а также за наличие в них данных, не подлежащих открытой публикации. Рукописи не рецензируются и не возвращаются. Мнение редакции может не совпадать с точкой зрения авторов.

Редакция не несет ответственности за содержание рекламных объявлений.

Перепечатка, все виды копирования и воспроизведения материалов, публикуемых в журнале, осуществляется только с письменного разрешения редакции и издательства.

Уважаемые коллеги!



От лица Министерства промышленности и торговли Российской Федерации поздравляю с выходом в свет первого номера официального издания бизнес-объединения композитной отрасли России — журнала «Compositebook».

Несомненно, перед новым журналом будет стоять важнейшая роль в освещении государственной политики в сфере поддержки инновационного бизнеса, консолидации производителей и потребителей изделий из композитов, информировании всех заинтересованных специалистов о самых современных разработках в области производства и применения композитов и изделий из них. Он должен стать эффективной площадкой для взаимодействия по вопросам нормативного регулирования и кадрового обеспечения, освещения основных событий, мероприятий и этапов развития отрасли.

Уверен, что журнал будет современным, динамично развивающимся изданием, обеспечивающим самый высокий уровень объективности и непредвзятость публикуемых материалов, достоверность размещаемой информации, широкий диапазон и актуальность тематических вопросов, полноценную коммуникацию производителей и потребителей изделий из композитов самого различного назначения и сфер применения.

Подобная редакционная политика позволит стать журналу наиболее востребованным и авторитетным средством массовой информации для композитной отрасли России.

И в заключение искренне желаю коллективу редакции журнала творческих успехов и широкой географии читательской аудитории, а его читателям — новых знаний и контактов, являющихся составной частью успешной деятельности в любых областях знаний.

Сергей Анатольевич Цыб
Первый заместитель
Министра промышленности и торговли Российской Федерации

Уважаемые читатели, коллеги и партнеры!



Союз производителей композитов — отраслевое объединение бизнеса композитной отрасли Российской Федерации, вся деятельность которого направлена на ее устойчивое, поступательное и динамичное развитие. Главный и единственный девиз Союза: «Вы работаете — мы создаем условия». Условия по всем ключевым направлениям деятельности отрасли: отраслевое регулирование, техническое регулирование, экономическое регулирование, развитие рынка и продвижение продукции, кадровое обеспечение.

Для полноценного развития отрасли и продвижения ее продукции на российский и международный рынки крайне важно обеспечить эффективные коммуникации и площадку профессионального обмена мнениями не только между поставщиками и потребителями внутри композитной отрасли, но и между «композитчиками» и потребителями продукции отрасли из ключевых секторов экономики, научными и образовательными учреждениями, и конечно — органами власти всех уровней.

Союзом, за последние десять лет проведена огромная работа по объединению композитной отрасли России, созданию условий и нормативной базы для ее полноценного и эффективного развития, продвижению продукции отрасли в ключевые секторы экономики России и на международные рынки. В этой работе Союзом использовались самые различные инструменты коммуникаций и делового общения: от выставок и конференций до социальных сетей и сайтов партнеров и коллег в сети Интернет. Не хватало только одного, ключевого для отраслевого союза инструмента — журнала Союза, его официального средства массовой информации.

Настало время восполнить этот пробел и одновременно создать независимую, непредвзятую, достоверную и профессиональную площадку коммуникаций и обмена мнениями между всеми специалистами, заинтересованными в развитии отрасли и расширении сфер и объемов применения изделий из композитов во всех секторах экономики и отраслях промышленности России и мира.

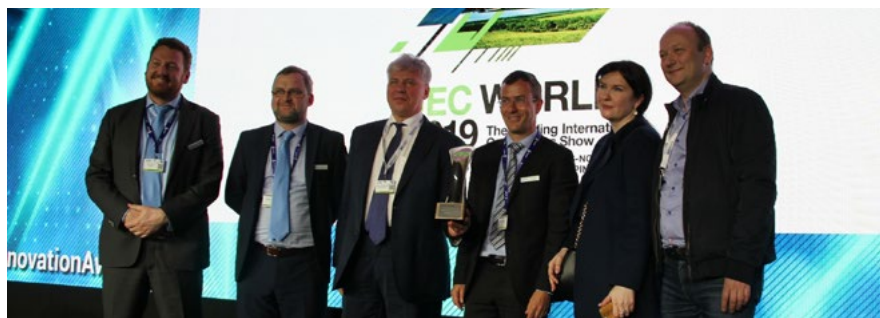
И вот эта площадка создана и запущена. Вы видите на экранах своих мониторов, планшетов, смартфонов или держите в руках, первый номер официального издания Союза — журнал «Compositebook». Мы постарались сделать его современным, актуальным, насыщенным и интересным для всех: для инженеров и рабочих, профессоров и студентов, руководителей и подчиненных, управленцев и государственных служащих, для «суперпрофессионалов» и для тех, кто только делает первые шаги в композитной отрасли. И таким, я уверен, он будет оставаться всегда, от номера к номеру.

Конечно, оценить насколько нам это удалось, можете только Вы, наши читатели, коллеги и партнеры. Судите нас. И судите строго. Но справедливо. Ведь только с Вами, с Вашим активным участием и заинтересованностью мы сможем сделать так, чтобы наш отраслевой журнал был всегда современным, актуальным, насыщенным, интересным, нужным и полезным. Поэтому не только читайте, но и реагируйте, критикуйте, и конечно — пишите. Пишите и направляйте Ваши материалы в будущие номера нашего общего журнала.

Желаю нам всем творческих и деловых успехов!

Сергей Юрьевич Ветехин
Исполнительный директор
Объединение юридических лиц «Союз производителей композитов»

Россия стала победителем в двух номинациях JEC Innovation Awards 2018



7 марта 2018 года в рамках 53-й основной мировой выставки композитных материалов и технологий их производства JEC World 2018 состоялось награждение победителей конкурса инновационных композитных решений JEC Innovation Awards 2018 в 10 номинациях, в том числе: аэрокосмическая промышленность, автомобиле-, судостроение, ж/д транспорт, строительная индустрия, спортивный инвентарь, «умный город».

В финал конкурса прошли 30 международных компаний, чтобы побороться за звание победителя в одной из перечисленных выше номинаций. Основными критериями выбора победителя в конкурсе являются: техническое

превосходство предлагаемого композитного решения (материал, технология), оригинальность, рыночный потенциал и целостность цепочки поставщиков.

В номинации «Aerospace application» заслуженную победу одержало российское авиационное предприятие АО «АэроКомпозит» — центр компетенций ПАО «Объединенная авиастроительная корпорация», соразработчик и изготовитель композитного крыла новейшего среднемагистрального самолета МС-21-300. На суд жюри компания представила технологию вакуумной инфузии для формирования крупногабаритных силовых конструкций крыла самолета МС-21, который в настоящее

время проходит прочностные испытания в ФГУП «ЦАГИ». По словам Генерального директора АО «АэроКомпозит» Гайданского Анатолия Иосифовича официальная программа МС-21-300 к 2020 году предполагает выйти на выпуск 20 самолетоккомплектов в год.

Кроме того, по результатам народного голосования за лучший проект конкурса JEC Innovation Awards 2018 (номинация «Public Choice Award») победу также одержало АО «АэроКомпозит».

Поздравляем команду профессионалов АО «АэроКомпозит» и благодарим коллег и партнеров за поддержку российского композитного предприятия посредством онлайн голосования!

Для справки: В 2018 году в выставке JEC World 2018 приняли участие более 42 000 руководителей и специалистов отрасли из 115 стран мира. На площади 67 000 кв.м. были представлены более 1 300 организаций мировой композитной отрасли.

www.jecomposites.com

Португальская компания Graphenest представила миру сверхлегкий композитный каяк



Впервые мировому сообществу сверхлегкий композитный каяк был представлен 20 апреля в Бостоне на демонстрационном дне Techstars Autonomous Technology Acceleration.

Сверхлегкий композитный каяк длиной 5,75 м и весом 9,3 кг — это плод совместной работы португальских компаний Graphenest и Sipre.

Такие массогабаритные харак-

теристики каяка были достигнуты путем замены в материале судна традиционной эпоксидной смолы на эпоксидную смолу Graphenest HexaBond, которая позволяет увеличить прочность композитов на основе углеродного волокна до 24%, одновременно снижая вес на 10%.

В планах компании увеличить объемы применения эпоксидной смолы HexaBond до 7 млрд долларов и занять свою нишу в производстве автокомпонентов и спортивных товаров из полимерных композитов.

graphenest.com

Вперед в будущее: 4D-печать композитных материалов

Профессор кафедры механической, промышленной и аэрокосмической инженерии факультета инженерии и компьютерных наук (ENCS) из Канадского университета Конкордия — Суонг Ван Хо — разработал и внедряет технологию 4D-печати композитных материалов.

Статья об этой технологии была опубликована в июле 2017 года в журнале *Advanced Manufacturing: Polymer & Composites Science*.

Суть метода 4D-печати заключается в следующем: изделия, распечатанные с помощью 3D-принтера, после их удаления с принтера, под действием источника активации (тепло, свет, магнитное поле или влага) изменяют форму с течением времени.

«4D-печать позволяет нам быстрее и экономичнее, по сравнению с традиционными технологиями, создавать изогнутые структурные элементы, армированные непрерывным волокном с высокими механи-

ческими характеристиками», — говорит автор исследования.

4D-печать композитов возможна благодаря тому, что под действием активаторов смола может давать усадку. Кроме того, изменение формы при отверждении и охлаждении происходит из-за разницы в коэффициентах термического сжатия слоев с различной ориентацией волокон.

Эти особенности в поведении материалов можно использовать для изготовления деталей с изогнутой геометрией без необходимости изготовления сложной оснастки.

Степень изменения формы изделия зависит от свойств материала, ориентации волокна, последовательности укладки слоев и технологии изготовления.

По словам автора разработки, 4D-печать композитов может быть востребована в аэрокосмической промышленности при производстве спутников, которые подвержены значитель-



ным колебаниям температуры. 4D-композитные конструкции могут открываться в течение дня (когда температура окружающей среды высокая), чтобы накапливать солнечную энергию, и закрываться ночью, чтобы обеспечивать защиту внутренних элементов конструкции.

concordia.ca
tandfonline.com

Компания, разработавшая 15-метровые гибридные металл-композитные полуприцепы, получила звание «Инновационная компания года»

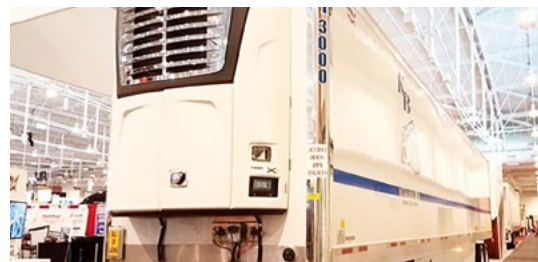
Комиссия по экономическому развитию Флоридского космического побережья (The Economic Development Commission of Florida's Space Coast) присвоила компании Structural Composites Inc. (W. Melbourne, FL, US) звание «Инновационная компания года» за технологию «CoCure» — получение гибридного металл-композита, который используется для изготовления 53-футовых полуприцепов Wabash National (длиной 15,4 метра).

«CoCure» — это сочетание металла (алюминий или сталь) с композитом, которое позволяет использовать лучшие свойства каждого материала.

Смолы и клеи, применяемые для изготовления композитной части полуприцепа, образуют прочные связи не только внутри самого композита, но и с металлом, что позволяет создавать металлические гибридные ламинаты.

Основными преимуществами «CoCure» являются отсутствие в необходимости применения дорогостоящих клеев и несложное производство.

Металлические элементы конструкции могут быть получены штамповкой или формованием в тонколистовых металлических формах, после чего они соединяются с композитом, образуя



при этом гибридные структуры.

«CoCure» позволяет изготавливать очень жесткие конструкции при меньшем весе, стоимость которых является конкурентоспособной с традиционными решениями из металла.

compositesworld.com
structuralcomposites.com

Новый цельнокомпозитный мотоцикл с электрическим приводом TY-E от Yamaha

В марте на Токийском мото-салоне Tokyo Motorcycle Show компания Yamaha Motor Co представила новый мотоцикл с электрическим приводом — модель TY-E.

Модель TY-E — это передовая разработка R&D центра компании. Электробайк имеет цельнокомпозитный корпус на основе углеволокна, благодаря которому общий вес мотоцикла составляет менее 70 кг.

Углекомпозитная рама не только обеспечивает оптимальную жесткость конструкции, но и позволяет разместить внутри нее аккумулятор.

TY-E будет представлять компанию на чемпионате среди мотоциклов с электродвигателями



FIM Trial-E Cup, который в этом году будет состоять из двух заездов: 14–15 июля во Франции и 21–22 июля в Бельгии. Управлять электробайком команды Yamaha

Factory Racing Team будет профессиональный гонщик Кеничи Курояма.

global.yamaha-motor.com

Toyota начала продажу автобусов «Sora» на водородном топливе



В марте 2018 года компания Toyota начала продажу автобусов на водородном топливе — «Sora». Эти экологичные автобусы будут курсировать во время проведения XXXII летних Олимпийских и XVI Паралимпийских игр в Токио.

«Sora» — это аббревиатура четырех стихий, представляющих собой водный цикл Земли:

S (Sky) — «Небо»,
O (Ocean) — «Океан»,
R (River) — «Река»,
A (Air) — «Воздух».

Разработка автобуса на водородном топливе является частью проекта компании Toyota, девиз которого «Начать делать невозможное». Как сообщает представительство компании, в своем проекте Toyota стремилась создать автобус, который не просто осуществляет перевозку людей, но и заботится о сохранении окружающей среды. Именно поэтому в автобусе применена система водородных топливных элементов Toyota (TFCS), благодаря

которой отсутствуют выбросы вредных газов в атмосферу.

Кроме того, в условиях ужесточения экологических норм, во всем мире автомобильная промышленность разрабатывает легкие кузова для автомобилей, которые обеспечивают повышенную топливную экономичность при сохранении стабильности на дороге.

Поскольку в верхней части кузова автобуса расположены водородные газовые баллоны, разработчикам было важно максимально снизить вес конструкции крыши.

Крыша автобуса «Sora» имеет не только малый вес, но и привлекательный дизайн благодаря сочетанию углекомпозита, алюминия и конструкционных пластмасс.

Ожидается, что к 2020 году в эксплуатацию будут введены более 100 автобусов «Sora», большинство из которых будет курсировать в столице Японии.

newsroom.toyota.co.jp
teijincarbon.com

Owens Corning заключил соглашения с Taiwan Glass Ind.

В апреле крупнейший мировой лидер в области производства стекловолокна и материалов на его основе Owens Corning заключил соглашения с корпорацией Taiwan Glass Ind. на лицензирование технологии производства стекловолокна, его последующее изготовление и поставку.

В соглашениях речь идет о производстве стекловолокна Owens Corning марки Advantex®, на хорошо оснащенной производственной площадке Taiwan Glass, предназначенного для изготовления термо- и реактопластов. При этом речь не идет о слиянии или поглощении, компании продолжают функционировать как отдельные коммерческие организации.

«Соглашения с Taiwan Glass поддержат рост Owens Corning в Азиатско-Тихоокеанском регионе за пределами Китая, а также расширят наши возможности по

поставкам для клиентов из Европы и Северной Америки», — сообщил Arnaud Genis, президент подразделения Owens Corning Composites.

«На протяжении многих лет Taiwan Glass была клиентом, поставщиком и лицензиатом технологии Owens Corning», — добавил Arnaud Genis. «Мы рады, опираясь на наши успешные, долгосрочные отношения, объявить новый этап сотрудничества».

Соглашения с Taiwan Glass являются последними в серии соглашений, которые Owens Corning заключила с азиатскими производителями на получение права на лицензирование технологии. Эти соглашения позволили компании использовать свои внутренние возможности, а также внешние активы для поставки продуктов Owens Corning, качество которых будет строго контролироваться в соответствии



с системой качества компании и удовлетворять заявленным характеристикам также, как и на собственном производстве.

«Мы рады укреплению нашего стратегического сотрудничества с Owens Corning. Эти соглашения позволяют Taiwan Glass продолжать удовлетворять потребности потребителей за счет предоставления комплексных и высококачественных услуг, и вносить свой вклад в развитие композитной отрасли», — сообщил Richard Lin, генеральный директор Fiberglass Business of Taiwan Glass.

owenscorning.com

M. Holland Company подписал дистрибьюторское соглашение с Owens Corning

Крупнейший дистрибьютор термопластичных смол M. Holland Company подписал дистрибьюторское соглашение с мировым лидером в области производства стекловолокна и материалов на его основе — Owens Corning на поставку и распространение стекловолокна марки XSTRAND™, высокопроизводительных нитей для растущего рынка 3D-печати.

M. Holland Company с конца мая выступает в роли основного дистрибьютора продуктов, управляя сетью субдистрибьюторов, и осуществляет прямые продажи и поставку нитей XSTRAND™ для 3D-печати для клиентов M. Holland Company на территории США и Мексики.

В линейке продуктов XSTRAND™ Owens Corning используется проприетарная технология

армирования волокон, разработанная ее глобальными технологическими центрами, включая специализированные 3D-полиграфические лаборатории в США и Франции. Нити XSTRAND™ позволяют изготавливать трехмерные печатные детали, которые на 50–250% прочнее, что делает их структурно превосходящими традиционные трехмерные печатные части. Кроме того, материалы XSTRAND™ обладают хорошей химической устойчивостью и стойкостью к ультрафиолетовому излучению. Такое сочетание свойств делает линейку продуктов XSTRAND™ подходящей для промышленного производства и функционального прототипирования.

«Мы ожидаем, что 3D-печать станет неотъемлемой частью мировой промышленности», —

заявил Ed Holland, генеральный директор M. Holland Company. «Наша задача, будучи дистрибьютором, предоставить нашим поставщикам надежные каналы сбыта на рынке пластмасс, предоставляя нашим клиентам индивидуальные решения для удовлетворения их потребностей в материалах, где отмечается значительный спрос на материалы для 3D-печати».

Чтобы поддержать свои инициативы в области 3D-печати, M. Holland Company инвестирует в это направление в своем исследовательском центре в Истоне (штат Пенсильвания), и добавляет к перечню услуг коммерческую и техническую поддержку.

mholland.com
owenscorning.com

Президент России забил 5 шайб российской композитной клюшкой на Ночной хоккейной лиге



10 мая 2018 года Президент Российской Федерации Путин Владимир Владимирович принял участие в Гала-матче VII Всероссийского Фестиваля по хоккею среди любительских команд, который прошел в Олимпийском Ледовом дворце «Большой» в Сочи.

Организатором мероприятия является Ночная Хоккейная Лига, основанная 15 декабря 2011 года по инициативе Президента Российской Федерации Путина Владимира Владимировича и прославленных ветеранов отечественного хоккея.

Всего в 2018 году в VII Всероссийском Фестивале по хоккею приняли участие 158 команд из 75 регионов (более 3000 участников).

Глава государства сыграл в Гала-матче VII Фестиваля за коман-

ду легенд отечественного хоккея под 11-м номером на позиции центрального нападающего в тройке с привычными партнерами — Павлом Буре и Валерием Каменским.

Владимир Владимирович вышел на лед с российской композитной клюшкой «ЗАРЯД» (производятся в Республике Татарстан) и забросил пять шайб, сделав при этом также три результативные передачи, и в очередной раз стал самым результативным игроком встречи.

В результате матча команда «Легенды хоккея» во главе с Президентом России победила «Сборную Ночной Лиги» со счетом 12:7.

nhliga.org

Композитные зоны для селфи на Чемпионате мира по футболу 2018

Чемпионат мира по футболу для России означает не только строительство новых стадионов, реконструкцию существующих, но и предусматривает строительство объектов инфраструктуры, благоустройство прилегающих территорий.

ООО «Волгоградский Композитный Завод» специально к Чемпионату мира изготовил:

- 15 композитных цветочных кашпо в виде футбольных мячей диаметром 1,5 м, установленных в Волгограде;
- стеклокомпозитную селфи-зону в виде футбольной бутсы для футбольного поля, установленную в Саранске;
- стеклокомпозитный корабль, установленный при входе на стадион в Волгограде.

По материалам ООО «Волгоградский Композитный Завод»



Транспорт будущего: композитный беспилотный электробус «Ш.А.Т.Л.»

12 июня 2018 года ведущий российский производитель грузовых автомобилей «КамАЗ» продемонстрировал в Казани прототип композитного беспилотного электробуса КАМАЗ-1221 «Ш.А.Т.Л.» (широко адаптивная транспортная логистика).

Беспилотный электробус был продемонстрирован в статическом и динамическом режимах. Для показа возможностей «Ш.А.Т.Л.» в динамическом режиме был определен путь длиной 650 метров, расположенный внутри огороженной по периметру закрытой территории вдоль берега реки Казанки. Скорость движения транспортного средства при демонстрации — до 10 км/час.

Первыми испытали возможности «Ш.А.Т.Л.» президент Республики Татарстан Минниханов Рустам Нургалиевич, заместитель генерального директора ПАО «КамАЗ» — директор по развитию Гумеров Ирек Флорович, заместитель генерального директора по стратегическому развитию ФГУП «НАМИ» Гогенко Алексей Федорович, генеральный директор ПАО «Мегафон» Солдатенков Сергей Владимирович.

«Электродвижение и беспилотный транспорт — сегодня в числе

основных направлений развития российского машиностроения, — отметил генеральный директор ПАО «КамАЗ» Когогин Сергей Анатольевич. — ШАТЛ — это наша новейшая разработка, на примере которой можно проследить основные тренды развития автомобилестроения. При этом КАМАЗ-1221 — это лишь одна из уникальных моделей беспилотной техники, из ряда тех, над которыми сейчас активно работают специалисты «КАМАЗа» в рамках развития интеллектуальных транспортных систем».

Беспилотное транспортное средство разработано специалистами ПАО «КамАЗ» совместно с ФГУП «НАМИ».

12-ти местный беспилотный автобус «Ш.А.Т.Л.» предназначен для передвижения по дорогам с твердым покрытием с использованием данных цифровых карт, систем навигации и органов технического зрения.

Беспилотник КАМАЗ-1221 «Ш.А.Т.Л.» осуществляет остановку для посадки и высадки пассажиров на остановочных пунктах, определенных службой движения и выбираемых пользователями из предложенного перечня на



маршруте. Интерфейс позволяет пассажиру управлять системой открывания дверей, системой выбора остановочного пункта для высадки, остановкой по требованию, аварийной остановкой, вызовом помощи, ручным открыванием дверей, а также использовать USB-порт для зарядки электронных устройств.

Масса транспортного средства максимально оптимизирована: кузов выполнен из композитных материалов, рама изготовлена с использованием алюминиевых материалов.

kamaz.ru

Развитие производства химических волокон и нитей

14 июня 2018 года в Минпромторге России состоялось первое заседание Межведомственной рабочей группы по разработке плана мероприятий («дорожной карты») по развитию подотрасли по производству искусственных и синтетических волокон и нитей на период до 2020 года. Рабочую группу возглавляет Первый заместитель Министра промышленности и торговли Российской Федерации Цыб Сергей Анатольевич.

В заседании приняли участие представители федеральных органов исполнительной власти и

федеральных агентств, производителей и потребителей химических волокон и нитей, поставщики сырья, профильные научные организации, представители отраслевых объединений в т.ч. Союза производителей композитов и Российского союза химиков.

В ходе заседания участники обсудили подготовленный в Минпромторге России проект «дорожной карты», представили замечания и предложения в проект документа, а также определили основные направления развития подотрасли: развитие

производственного потенциала с целью обеспечения снижения уровня импортозависимости, восстановление экспортного потенциала и повышение конкурентоспособности.

Очередное заседание Межведомственной рабочей группы, на котором будут проработаны поступившие предложения и продолжена работа по разработке «дорожной карты» по развитию подотрасли, планируется провести в июле 2018 года.

minpromtorg.gov.ru

Корабль противоминной обороны «Иван Антонов» спущен на воду



Корабль противоминной обороны «Иван Антонов», (проект 12700 «Александрит» Средне-Невского судостроительного завода) спущен на воду 25 апреля 2018 года.

Закладка корабля состоялась 25 января 2017 года. В феврале текущего года специалистами АО «СНСЗ» завершены работы по формированию корпуса и надстройки корабля, насыщению их различными системами

и механизмами. После этого заказ был выведен из эллинга для достроечных работ, в ходе которых был осуществлен монтаж башенно-мачтового устройства, антенного оборудования и общекорабельных систем.

Корпус корабля длиной 62 м и шириной 10 м представляет собой стеклокомпозитное монолитное изделие, изготовленное методом вакуумной инфузии.

Проект 12700 «Александрит» разработан Центральным морским конструкторским бюро «Алмаз» для ВМФ РФ. Эти корабли относятся к новому поколению минно-тральных сил и предназначены для борьбы с морскими минами, в том числе и с новыми, так называемыми «умными» морскими минами, которые новые корабли противоминной обороны (ПМО) могут обнаруживать как в воде морских акваторий, так и в морском грунте, не входя при этом в опасную зону.

Согласно планам Главного командования ВМФ России корабли ПМО нового поколения в ближнесрочной перспективе будут составлять основу минно-тральных сил флотов ВМФ России, существенно повысив эффективность выполнения задач.

snsz.ru

Второй самолет с цельнокомпозитным крылом MC-21-300 присоединился к программе летных испытаний



12 мая 2018 года на аэродроме Иркутского авиационного завода состоялся первый полет второго опытного самолета с цельнокомпозитным крылом MC-21-300. При постройке новой машины учтены результаты летных испытаний первого опытного самолета.

Продолжительность полета составила 1 час 7 минут, он проходил на высоте до 3000 метров при скорости до 400 км/час.

Программа полета включала проверку самолета на устой-

чивость и управляемость при различной конфигурации крыла с уборкой и выпуском шасси, а также проверку работоспособности бортового оборудования.

Самолет пилотировал экипаж в составе летчиков-испытателей Севастьянова Василия Николаевича и Воропаева Андрея Николаевича. По словам Василия Николаевича, полетное задание выполнено полностью, полет прошел в штатном режиме.

Министр промышленности и

торговли РФ Денис Валентинович Мантуров заявил: «Полет второго самолета — это значимое событие, которое обеспечит своевременное проведение летных сертификационных испытаний». Глава Минпромторга России сообщил, что с сегодняшнего дня в программе испытаний принимают участие три самолета MC-21-300: два из них летают, один проходит статические испытания в ЦАГИ. «На Иркутском авиационном заводе идет постройка еще трех опытных машин. Параллельно с летными и статическими испытаниями в настоящее время ведется активная подготовка к развертыванию серийного производства нового авиалайнера», — отметил Денис Валентинович.

minpromtorg.gov.ru, irkut.com

ЦАГИ продолжает исследования фюзеляжных панелей самолета МС-21

Специалисты ФГУП «ЦАГИ» проводят испытания натурных фюзеляжных панелей самолета МС-21 (заказчик работ — ПАО «Корпорация «Иркут»). Исследования проводятся для обеспечения требуемых акустических характеристик воздушного судна.

Объектами экспериментов являются потолочная и иллюминаторная панели, идентичные реальным изделиям по размерам и геометрическому подобию. Испытания проводятся в звукомерных камерах установки АК-11 ФГУП «ЦАГИ».

Ученые института определяют

звукоизоляцию и виброакустические характеристики панелей при их звуковом и механическом возбуждении, а также проводят исследования по выбору эффективных звукопоглощающих материалов и схем их размещения. Кроме того, специалисты рассмотрят различные варианты крепления интерьерной облицовки салона.

Полученные в результате исследований данные будут использоваться для уточнения прогноза шума в салоне и выдачи рекомендаций по его снижению.

«Особенностью исследуемых фрагментов конструкции являются

их более крупные размеры по сравнению с традиционно используемыми. Габариты, максимально приближенные к реально используемым в самолете, позволят расширить частотный диапазон и повысить точность получаемых экспериментальных результатов», — пояснил руководитель проекта, ведущий научный сотрудник отделения аэроакустики и экологии летательных аппаратов ФГУП «ЦАГИ», доктор физико-математических наук Зверев Александр Яковлевич.

tsagi.ru

АО «Вертолеты России» передали «ЮТэйр» первый серийный вертолет Ми-171А2

В рамках выставки HeliRussia-2018 холдинг АО «Вертолеты России» Государственной корпорации «Ростех» передал компании АО «ЮТэйр – Вертолетные услуги» первый вертолет Ми-171А2 в рамках подписанного ранее решения о поставке двух машин данного типа.

После завершения выставки HeliRussia первый Ми-171А2 направился к месту постоянного базирования.

«Передача первой серийной машины компании «ЮТэйр» — это важнейший шаг для проекта Ми-171А2. Положительный опыт эксплуатации крупнейшим в России оператором вертолетов гражданского назначения даст позитивный сигнал всему рынку вертолетных услуг», — заявил на церемонии передачи генеральный директор холдинга «Вертолеты России» Богинский Андрей Иванович.

Сотрудничество предполагает эксплуатацию первых Ми-171А2 на базе Авиакомпании «ЮТэйр», а также привлечение специалистов компании к оптимизации эксплуатационно-технической документации вертолета и рас-

ширению возможностей его использования.

Ми-171А2 — самая современная модификация вертолетов типа Ми-8/17. Вертолет оснащен двигателями ВК-2500ПС-03 с цифровой системой управления, а также более эффективным Х-образным рулевым винтом и новым несущим винтом с композитными лопастями и усовершенствованным аэродинамическим профилем.

Показатели крейсерской и максимальной скорости Ми-171А2 относительно серийно выпускаемых вертолетов типа Ми-8/17 возросли на 10%, а грузоподъемность увеличилась на 25%. Вертолет может эффективно эксплуатироваться днем и ночью, в условиях высокогорья, при низких и высоких температурах, повышенной влажности и над водной поверхностью.

Вертолет обеспечивает перевозку пассажиров и предлагается в транспортной, пассажирской и VIP-версиях.

В августе 2017 года вертолет получил от Федерального агентства воздушного транспорта сертификат типа по категории

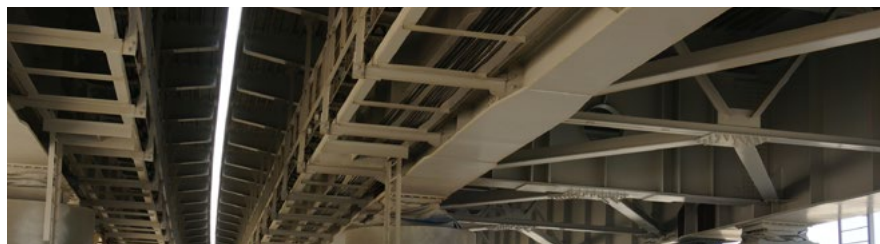


«А», предусматривающей выполнение самых высоких требований безопасности полетов, предъявляемых к гражданским вертолетам. В январе 2018 года Ми-171А2 успешно прошел испытания на возможность эксплуатации в условиях температуры окружающего воздуха до -50°C .

В связи с первым экспортным контрактом в настоящий момент ведется сертификация Ми-171А2 в Индии. Кроме того, планируется сертификация вертолета в Китае и Латинской Америке.

rostec.ru

На Крымском мосту установлены композитные кабельные лотки



15 мая 2018 года президентом Российской Федерации Путиным Владимиром Владимировичем был открыт Крымский мост. Мост стал одной из наиболее обсуждаемых тем не только в России, но и в мире. Для данного проекта ООО «Татнефть-Пресскомпозит» поставил более 100 км стеклокомпозитных кабельных

лотков и крышек к ним. Стеклокомпозитные кабельные лотки предназначены для прокладки кабелей и установки на них иного электротехнического оборудования, электротехнических установок и/или коммуникационных сетей, а также для защиты оболочки кабеля от механических повреждений и воздействия

агрессивной окружающей среды. Поставка продукции на объект была осуществлена досрочно, в максимально сжатые сроки. Одним из основных требований, которые предъявляются к подобной продукции, является устойчивость к влиянию атмосферной коррозии категории C5-M и Im2 по ИСО 20340. Кабельные лотки ООО «Татнефть-Пресскомпозит» прошли все испытания и соответствуют всем требованиям, которые предъявлялись к лоткам на данном объекте, в том числе требованиям ГОСТ Р 52868.

По материалам
ООО «Татнефть-Пресскомпозит»

Хакатон РХТУ им. Д. И. Менделеева «Новые материалы и их компьютерный дизайн»



С 31 марта по 1 апреля 2018 года Ассоциация «Директориум» совместно с РХТУ им. Д.И. Менделеева организовали и провели первый Хакатон (Хакатон РХТУ им. Д. И. Менделеева), посвященный цифровому материаловедению и технологии материалов «Новые материалы и их компьютерный дизайн».

Хакатон — это двухдневное командное соревнование, нацеленное на поиск новых идей и решение сверхинтересных задач в области материаловедения и технологии композитов.

Цель мероприятия — разработка концепции или прототи-

па, руководствуясь принципом применения цифровых методов для дизайна новых материалов и передовых производственных технологий.

В Хакатоне приняли участие команды из 7 университетов: МФТИ, Сколтех, РГУ им. А. Н. Косыгина, МГТУ им. Н. Э. Баумана, РХТУ им. Д. И. Менделеева, МГТУ «СТАНКИН» и Уфимский государственный нефтяной технический университет.

В ходе мероприятия применялись моделирование процессов или свойств, новое строение, новые свойства, а также новое применение для известных материалов при помощи цифровых технологий.

Победителями соревнования стали сразу две команды — «Scoltech Team» (сборная Сколтеха) и «Fairy Winx Club» (сборная Сколтеха и МФТИ).

Scoltech Team предложили программный продукт на основе нейронной сети, позволяющий на основе открытых данных находить оптимальный материал, исходя из заданных параметров.

Fairy Winx Club выполняли задание компании Insilico Medicine, по условиям которого был разработан язык классификации возможных химических молекул с использованием нейросети на основе алгоритма SMILES.

Отдельным призом был отмечен лучший спикер — участник команды Quartz team (РХТУ им. Д. И. Менделеева) Антон Михайлов, презентовавший проект Mendeleev Materials, нацеленный на создание онлайн-сервиса по подбору аморфных и кристаллических материалов.

Команды-победители получили денежные призы от компаний Insilico Medicine и ООО «БИНАКОР-ХТ», а также менторское сопровождение проектов на протяжении 6 месяцев.

В оценке результатов соревнований принял участие исполнительный директор Союза производителей композитов — Ветохин Сергей Юрьевич.

stankin.ru
muctr.ru

Специалисты НИТУ «МИСиС» разработали метод оценки внутренних напряжений в композитах

Специалисты из Центра композиционных материалов НИТУ «МИСиС» под руководством профессора Калошкина Сергея Дмитриевича разработали метод неразрушающего контроля внутренних напряжений в полимерных композитах.

Сущность метода заключается в использовании для оценки напряженного состояния в композитном материале аморфных магнитомягких микропроводов диаметром 10–60 мкм, которые на стадии изготовления закладываются между слоями композита, образуя чувствительную к напряжениям сетку.

Напряженное состояние в материале, окружающем микропровод, оказывает влияние на то, как вещество в проводе реагирует на внешнее магнитное поле. Соответственно, эти измерения можно проводить бесконтактно, не требуется подключение к чувствительному элементу, не требуется его наклейка, так как он заложен внутрь материала на необходимую глубину еще на стадии изготовления. Важно также то, что можно пользоваться всего одним датчиком в отличие

от некоторых применяемых методов дефектоскопии, для проведения которых необходимо выставить аппаратуру по обе стороны изучаемой детали.

По словам авторов, данный метод существенно упрощает, ускоряет и удешевляет процесс оценки состояния композита, позволяя не только фиксировать, но и предсказывать появление дефектов бесконтактно, методами неразрушающего контроля.

На данный момент исследователи отработали способ внедрения магнитомягких проводов в композитный материал, убедились, что свойства композита от этого не ухудшаются, а также отработали различные режимы измерения.

По словам старшего научного сотрудника Степашкина А. А., теперь исследователям предстоит «выйти из лаборатории»: на основе лабораторного прибора разработать «полевой» прототип датчика и измерительной системы.

«Мы сделали только первый шаг большого пути, — подчеркнул ученый. — Но уже видим конкретное практическое применение нашей разработки. К тому же у нее есть и дополнительные



возможности: внедряемая в материал сетка из микропроводов может дополнительно обеспечивать сток статического заряда, возникающего в конструкциях из стеклокомпозитов. Наши провода вполне могут заменить металлические сетки, которые вставляются в эти материалы сейчас».

Работа исследователей опубликована в Journal of Alloys and Compounds.

misis.ru

Композитная оснастка для деталей и агрегатов самолетов на основе отечественных исходных компонентов

ООО «ИТЕКМА» начала поставки нового высокотемпературного оснасточного связующего на производство ПАО «ОАК» в Воронеже. Стоит особо отметить, что характеристики российского связующего превосходят по ряду важных показателей лучшие мировые аналоги от крупнейших западных производителей.

Производство композитной оснастки на российских материалах ООО «ИТЕКМА» было запущено в прошлом году в Воронеже на

новом опытно-промышленном производстве. Оснастка применяется при производстве деталей и агрегатов российских гражданских самолетов на предприятиях ПАО «ОАК». Так, Воронежским акционерным самолетостроительным обществом (ПАО «ВАСО») уже начат выпуск агрегатов из композитных материалов на данной композитной оснастке для нового гражданского самолета Ил-114 и Сухой Суперджет-100.

ООО «ИТЕКМА» выступает не

только поставщиком связующих и углеродных тканей для производства оснастки, но и принимает непосредственное участие в разработке конструкции оснастки.

Углеродные ткани и связующие ООО «ИТЕКМА» производятся на собственном предприятии в г. Подольске Московской области с максимальным использованием отечественных компонентов.

По материалам ООО «ИТЕКМА»

В правительстве Тульской области обсудили вопросы создания научно-технологического центра «Композитная долина»



4 апреля 2018 года заместитель Губернатора Тульской области Федорищев Вячеслав Андреевич провел первое заседание рабочей группы по реализации проекта создания Инновационного научно-технологического центра Тульской области «Композитная долина».

В мероприятии приняли участие представители предприятий ОПК региона, высших учебных заведений, члены регионального правительства.

Как отметил министр промышленности и ТЭК Тульской области Ломовцев Дмитрий Алексеевич, реализация проекта «Композитная долина» позволит обеспечить непрерывность обновления и развития конструкционных и специальных материалов нового поколения для стратегически значимых отраслей, а также подготовку высококвалифицированных кадров для вновь организуемых химических, металлургических и оборонных производств.

В числе основных участников проекта более 20 промышленных инновационных предприятий Тулы, Новомосковска, Узловой, Алексина и других городов, а также резиденты индустриального парка и особой экономической

зоны (ОЭЗ) «Узловая».

Территория ОЭЗ «Узловая» обеспечена необходимой инфраструктурой для создания лабораторий, научно-исследовательских центров.

Говоря о функциональной структуре «Композитной долины», министр обозначил несколько направлений. Среди них создание центра трансфера технологий и защиты интеллектуальной собственности, научно-технологического полигона, опытно-промышленных линий, малотоннажного и крупнотоннажного производства, инжинирингового центра.

В числе участников проекта Ломовцев Дмитрий Алексеевич отметил ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет» (ТулГУ), который получил статус опорного вуза страны. Также подготовка специалистов будет вестись на базе ФГБОУ ВО «ТГПУ им. Л.Н. Толстого», РХТУ им. Д.Н. Менделеева и других вузов.

Ректор ТулГУ Грязев Михаил Васильевич сообщил, что университет провел ряд научно-исследовательских работ в области создания композитных материалов. Он также назвал наиболее перспективные направления новых исследований.

Так, специалистами ТулГУ, АО «Научно-производственная корпорация «Уралвагонзавод» и ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат» создана уникальная технология производства легкой брони на основе композитных материалов. Технология апробирована на свободных мощностях металлургического комбината.

Совместно с ООО «НПП Вулкан» создана технология промышленного производства композитных огнеупорных материалов для металлургических и литейных предприятий Тульской области.

Кроме того, в ТулГУ разработан новый класс гетерогенных (композитных) биокатализаторов на основе иммобилизованных микроорганизмов для технологической высокоэффективной очистки от органических загрязнений (нефтепродуктов и отходов производства).

В настоящее время в ТулГУ ведется подготовка по ряду программ специалистов среднего звена, бакалавриата и магистратуры, соответствующих кадровым потребностям предприятий — участников проекта «Композитная долина».

Федорищев Вячеслав Андреевич также рекомендовал Грязеву Михаилу Васильевичу зафиксировать изменения в программе развития опорного вуза для полного интегрирования университета в проект.

Инициатива создания Инновационного научно-технологического центра «Композитная долина» принадлежит Губернатору Тульской области Дюмину Алексею Геннадьевичу. В своем Послании депутатам Тульской областной Думы глава региона обозначил этот проект в числе приоритетных.

UMATEX (Росатом) и РОСНАНО подписали договор купли-продажи акций «Препрег-СКМ»

UMATEX Group (Госкорпорация «Росатом») и ООО «УК «РОСНАНО» подписали договор-купли продажи акций портфельной компании АО «Препрег-СКМ». Сделка завершится в октябре 2018 года. РОСНАНО реализовало акции АО «Препрег-СКМ». Покупателем 100% акций выступил UMATEx Group.

В рамках сделки с 4 июня 2018 года операционное управление АО «Препрег-СКМ» перешло UMATEx Group.

АО «Препрег-СКМ» — один из крупнейших в России производителей тканей и препрегов из углеродного волокна. Компания интенсивно расширяет географию своего присутствия на зарубежных рынках и линейку продукции. Так, в 2017 году экспортная выручка АО «Препрег-СКМ» выросла более чем в 1,5 раза по отношению к 2016 году. Продукция представлена в 17 странах, в том числе Германии,

Австрии, Индии, Турции и др.

Генеральный директор АО «НПК «ХимпромИнжиниринг» (UMATEX Group) Тюнин Александр Владимирович: «Сделка направлена на консолидацию активов основных производственных переделов полимерных композиционных материалов — создания углеродного волокна и полуфабрикатов на его основе — тканей и препрегов для использования в стратегических отраслях промышленности. Приобретение АО «Препрег-СКМ» позволит нам обеспечить внедрение углеродного волокна собственного производства, переработанного в ткани и препреги, в конструкции изделий авиационной техники, судостроение, автомобилестроение, ветроэнергетику, строительство, производство спортивного инвентаря, а также повысить управляемость ценообразования, ускорить процесс



импортозамещения и увеличить экспортный потенциал композитных материалов, поскольку больше половины общего объема углеродного волокна в мире применяется производителями конечных изделий в виде тканей и препрегов».

umatex.com

Цельнокомполитный самолет ТВС-2ДТС будет осуществлять региональные полеты в Якутии

Авиакомпания «Полярные авиалинии» и АО «Улан-Удэнский авиационный завод» (АО «У-УАЗ») холдинга АО «Вертолеты России» (входит в Государственную корпорацию «Ростех») подписали долгосрочный контракт на поставку цельнокомполитных самолетов малой авиации ТВС-2ДТС.

В период с 2021 по 2025 годы АО «У-УАЗ» должен поставить для нужд региональной авиации не менее 200 машин.

ТВС-2ДТС — легкомоторный цельнокомполитный самолет, разработанный ФГУП «СибНИА им. С. А. Чаплыгина» в качестве замены используемым сегодня региональной авиацией Ан-2. Его планируется использовать



для решения проблемы низкой транспортной доступности отдаленных населенных пунктов регионов России, решения государственных задач по оказанию экстренной медицинской помощи населению, выполнения работ по тушению лесных

пожаров, выполнения сельскохозяйственных работ.

Самолет будет производиться на Улан-Удэнском авиационном заводе.

russianhelicopters.aero
baikal-daily.ru

Новые члены Союза

В конце 2017 — начале 2018 гг. Союз производителей композитов пополнился 2 новыми организациями — ООО БауТекс и ООО ГК «ХимАльянс».

БауТекс

ООО БауТекс — производитель стекловолокна и материалов на его основе: стеклотканей, препрегов и премиксов, стеклотканевых обоев, строительных и дорожных стеклосеток, стеклосеток для абразивных кругов.

Предприятие основано в 2000 году, головной офис находится в г. Москве, производственная

площадка в г. Гусь-Хрустальном.

ООО БауТекс постоянно расширяет производство, применяет инновационные европейские технологии и совершенствует материально-техническую базу.

Компания активно развивает и поддерживает деловые связи не только в России и странах СНГ, но и за рубежом — третья часть продукции экспортируется в Европу.

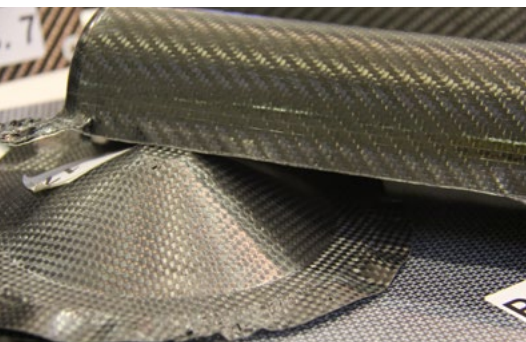


ООО Группа компаний «ХимАльянс» — поставщик химического сырья (эпоксидных, фенольных,

фенолформальдегидных смол, эпоксидных клеев, бакелита жидкого различных марок и др.) для композитной отрасли, с 2008 года является официальным представителем ФКП «Завод имени Я.М. Свердлова» (г. Дзержинск, Нижегородская область) и компании «KUMHO» (Корея).

Организация имеет сеть филиалов и складов на территории России. ООО ГК «ХимАльянс» сотрудничает с государственными корпорациями, предприятиями различных отраслей промышленности, в том числе оборонными, а также с предприятиями малого и среднего бизнеса. Имеет собственный автопарк тягачей и автоцистерн.

11-я международная специализированная выставка «Композит-Экспо 2018»



С 27 февраля по 1 марта 2018 года в ЦВК «Экспоцентр» состоялась 11-я международная специализированная выставка «Композит-Экспо». Это ключевое выставочное мероприятие композитной отрасли России, на котором был традиционно представлен полный спектр производителей и поставщиков сырья, вспомогательных материалов, оборудования, программного обеспечения для производства изделий из композитов и готовых изделий из них.

Выставка и ее деловая программа организуются и проводятся Выставочной Компанией «Мир-Экспо» совместно с Союзом производителей композитов.

В 2018 году общая площадь выставки составила порядка 5 тыс. м², на которой были представлены 138 экспонентов из 17 стран мира (Австрия, Бельгия, Великобритания, Германия, Италия, КНР, Люксембург, Македония, Нидерланды, Польша, Республика Беларусь, Россия, Словацкая Республика, Турция, Финляндия, Франция, Чешская Республика). Всего посетили выставку более 9000 специалистов различных



отраслей промышленности.

На стенде Союза производителей композитов были представлены: официальное издание Союза — научно-популярный журнал «Compositebook» (начинает издаваться с 2018 года), научно-технический журнал «Композиты и наноструктуры» (с 2017 года переиздается Союзом совместно с Институтом физики твердого тела Российской академии наук) и компетенция «Технологии композитов», входящая в перечень основных компетенций WorldSkills Russia. Ключевая задача компетенции — оценка уровня компетенции и квалификации настоящих и будущих кадров композитной отрасли.

11-я международная конференция в рамках деловой программы выставки «Композит-Экспо 2018»

В рамках деловой программы выставки «Композит-Экспо 2018» Союз производителей композитов провел очередную традиционную международную конференцию «Современное состояние и перспективы развития производства и применения композитных материалов в России».

Мероприятие было организовано и проведено Союзом производителей композитов совместно с ФГУП «ВИАМ», АО «НПК «ХимпромИнжиниринг» (UMATEX Group), Выставочной компанией «Мир Экспо» и при поддержке Министерства промышленности и торговли Российской Федерации.

В конференции приняли участие представители федеральных и региональных органов исполнительной власти, российских и зарубежных предприятий

композитной отрасли, научных и образовательных учреждений, а также отраслевых предприятий и организаций — потенциальных потребителей изделий из композитов.

Конференция состояла из двух частей: пленарного заседания, посвященного вопросам современного состояния композитной отрасли в России и перспективам ее развития, и второй части, посвященной внутриотраслевым вопросам: материалам и технологиям производства современных и технологичных композитов, а также вопросам моделирования и проектирования технологических процессов получения изделий из полимерных композитов.

Особенностью данной конференции является тот факт, что уже на протяжении 7 лет стать

ее участником может любой желающий со всей территории земного шара, где есть доступ к сети Интернет, поскольку трансляция мероприятия ведется в режиме реального времени на сайте Союза производителей композитов.



Семинар «Возможности чешского и словацкого машиностроения для российских композитов»

28 февраля 2018 года в г. Москве на территории Посольства Чешской Республики в рамках деловой программы «Композит-Экспо 2018» состоялся семинар-презентация чешских и словацких производителей специального оборудования для переработки различных видов волокон в материалы, применяемые для изготовления изделий из полимерных композитов.

Мероприятие было организовано Посольством Чешской Республики в г. Москве совместно с Союзом производителей композитов, Московской торгово-промышленной палатой и ЗАО «МИРЭКС».

На семинаре выступили Глава экономического отдела Посольства Чешской Республики в г. Москве Мартин Башта, испол-

нительный директор Союза производителей композитов Ветехин Сергей Юрьевич и генеральный директор ЗАО «МИРЭКС» Кальян Алексей Юрьевич.

В основной части семинара были представлены доклады от 6 чешских фирм (VÚTS, GF Machinery, CEDIMA, CM-TEX, E-THERM, PKI Teplotechna Brno) и одной словацкой компании (TECHNOS), презентовавших российским партнерам пневматические и гидравлические ткацкие станки для технических тканей и сеток из стекловолокна, измерительные приборы и датчики к ним, машины и линии для обработки технических волокон и тканей, специальные машины для обработки технических тканей (накатные стойки и пропиточные линии), линии для

производства нетканого текстиля, технологические линии по производству стекломатов, печи для сушки и термообработки стекловолокна и др.

По завершении официальной части представители российских и зарубежных компаний продолжили общение в формате B2B.



В 5 субъектах Российской Федерации прошли региональные чемпионаты «Молодые профессионалы» (WorldSkills Russia) по компетенции «Технологии композитов»

Период конца 2017 — начала 2018 гг. для компетенции «Технологии композитов» выдался насыщенным: в 5 субъектах России (г. Москва, Московская область, Краснодарский край, Республика Татарстан, Смоленская область) прошли региональные чемпионаты «Молодые профессионалы» (WorldSkills Russia) по компетенции «Технологии композитов».



В ходе региональных чемпионатов команды из 2 взаимодополняющих специалистов в возрасте от 16 до 24 лет в течение 3-х дней должны были изготовить рекурсивные дуги спортивного лука (конкурсное задание Финала V Национального чемпионата WorldSkills Russia, состоявшегося 15–19 мая 2017 года в г. Краснодаре).

Команды самостоятельно выбрали технологию изготовления и исходные материалы из инфраструктурного листа соревнований, а также принципы организации своей работы для достижения наилучшего результата.

В отборочных соревнованиях финала VI Национального чемпионата «Молодые профессионалы» (WorldSkills Russia), которые состоялись с 16 по 19 апреля в Москве в ГБПОУ ОК «Юго-Запад»,

приняли участие победители региональных чемпионатов.

В рамках VI Открытого чемпионата профессионального мастерства города Москвы «Московские мастера» по стандартам WorldSkills Russia с 12 по 17 февраля 2018 года также прошли соревнования WORLDSKILLS JUNIOR, в ходе которых участникам в возрасте от 14 до 16 лет необходимо было изготовить композитный чехол для планшета.

Победителем соревнования WORLDSKILLS JUNIOR стал учащийся ГБОУ «Школа на проспекте Вернадского» Гладкий Павел Константинович.

Участники всех соревнований получили колоссальный опыт, советы от профессионалов отрасли и выразили заинтересованность принять участие в последующих подобных мероприятиях.

В Москве прошли отборочные соревнования финала VI Национального чемпионата «Молодые профессионалы» (WorldSkills Russia) по компетенции «Технологии композитов»



С 16 по 19 апреля в ГБПОУ ОК «Юго-Запад» состоялись отборочные соревнования финала VI Национального чемпионата «Молодые профессионалы» (WorldSkills Russia) по компетен-

ции «Технологии композитов».

В мероприятии приняли участие 5 команд из 5 субъектов Российской Федерации — победители региональных чемпионатов.

Конкурсная площадка была оснащена современным программным обеспечением и оборудованием для проектирования, изготовления и контроля качества готового изделия: CAD/CAM/CAE-системы для проектирования и расчетов изделий из композитов, станки с ЧПУ, роботизированный манипулятор FANUC, высокопроизводительный режущий плоттер Zund, мобильные вакуумные

установки, лазерный трекер API Radian, система шерографии Dantec Dynamics.

За 3 конкурсных дня командам необходимо было изготовить рекурсивные дуги спортивного лука методом вакуумной инфузии.

По результатам соревнований с минимальным отрывом победила команда АО «Авангард» (Смоленская область). Второе место заняла команда ООО «КАИ-Композит» (Республика Татарстан). Третье место заняли студенты из ГБПОУ ОК «Юго-Запад» (г. Москва). Поздравляем победителей и желаем профессиональных успехов всем участникам соревнований!

WorldSkills Hi-Tech 2018: в Москве состоялся корпоративный чемпионат АО «Вертолеты России» по компетенции «Технологии композитов»

С 23 по 27 апреля 2018 года в Москве на площадке ГБПОУ ОК «Юго-Запад» состоялся Корпоративный чемпионат АО «Вертолеты России» (Госкорпорация «Ростех») по компетенции «Технологии композитов».

Прототипом и эталоном конкурсного задания был выбран комплект винтов беспилотного летательного аппарата мультироторного типа.

Конкурсная площадка была оснащена всем необходимым современным программным обеспечением и оборудованием для проектирования, изготовления и контроля качества готового изделия.

За 3 конкурсных дня команды, состоящие из 2 специалистов в возрасте до 28 лет, разработали конструкторскую документацию, изготовили композитную ос-

настку и комплект двухлопастных винтов левого и правого вращения беспилотного летательного аппарата. Команды выбрали разные технологии для изготовления изделия и оснастки (вакуумная инфузия и контактное формование).

По результатам оценки экспертов места распределились следующим образом: 1 место — ПАО «Казанский вертолетный завод», 2 место — АО «МВЗ имени М. Л. Миля», 3 место — ПАО «Казанский вертолетный завод».

Команда-победитель примет участие в V Национальном чемпионате сквозных рабочих профессий высокотехнологичных отраслей промышленности по методике WorldSkills 2018 (WorldSkills Hi-Tech 2018), который пройдет в октябре 2018 года в г. Екатеринбурге.



Ежегодное Общее собрание членов Союза производителей композитов



18 апреля 2018 года в гостинице «Президент-Отель» состоялось ежегодное Общее собрание членов Союза производителей композитов.

На собрании были представлены и утверждены результаты деятельности Союза в 2017 году и план работы на 2018 год по 5-ти ключевым направлениям деятельности:

- отраслевое регулирование;
- техническое регулирование;

- экономическое регулирование;
- развитие рынка и продвижение продукции;
- кадровое обеспечение.

Также одобрены изменения в Уставе Союза и Положении о членстве.

Члены Союза проголосовали за продление полномочий Председателя правления Союза Фахретдинова Сергея Баяновича и Исполнительного директора Союза Ветохина Сергея Юрьевича на 2018–2019 гг.

Участники Общего собрания высоко оценили деятельность Союза за прошедший год, обсудили имеющиеся проблемы развития отрасли и высказали свои пожелания и предложения к деятельности Союза и его руководящего состава.



Выстраивание горизонтальных связей между компаниями отрасли

АО «АэроКомпозит» и ООО «Суперпласт»

16 марта 2018 года состоялась рабочая встреча представителей АО «АэроКомпозит», ООО «Суперпласт» и Союза производителей композитов по вопросу применения отечественных смол и клеев при производстве элементов конструкций авиационной техники. Участники обсудили возможности

ООО «Суперпласт» и выработали предложения по организации дальнейшего сотрудничества компании с АО «АэроКомпозит».

UMATEX Group и ООО «Суперпласт»

19 апреля 2018 года состоялась рабочая встреча представителей UMATEx Group, ООО «Суперпласт» и Союза производителей

композитов по вопросу применения отечественных материалов при производстве изделий из углекомпозитов.

Участники обсудили возможности ООО «Суперпласт» и потребности UMATEx Group в современных материалах по всем направлениям деятельности компании, а также выработали предложения по организации дальнейшего сотрудничества.

Союз производителей композитов на заседании коллегии Федерального дорожного агентства



20 марта на территории гостиничного комплекса «Holiday Inn Sokolniki» состоялось заседание коллегии Федерального дорожного агентства под председательством Руководителя Росавтодора Старовойта Романа Владимировича.

На заседании коллегии были представлены результаты деятельности Федерального дорожного агентства за 2017 год и обозначены ключевые цели и

приоритетные задачи на 2018 год.

В заседании коллегии принял участие Председатель Правления Союзкомпозит Фахретдинов Сергей Баянович, доложивший об основных направлениях деятельности Общественного Совета при Росавтодоре (члены Общественного Совета от Союзкомпозит — Фахретдинов Сергей Баянович и Ветохин Сергей Юрьевич) и планах его работы на 2018 год.

В 2019 году Россия станет страной проведения мирового первенства по профессиональному мастерству WorldSkills KAZAN 2019

В настоящее время Союзом производителей композитов проводится работа по представлению компетенции «Технологии композитов» на 45-ом мировом чемпионате по профессиональному мастерству WorldSkills Kazan 2019 (на отдельной от основной соревновательной зоны соревновательной площадке по перспективным профессиям FutureSkills).

Союзкомпозит выражает огромную благодарность партнерам компетенции за помощь в орга-

низации и материально-техническом оснащении площадок для проведения соревнований по компетенции «Технологии композитов»: Airtech Sarl, ООО «Ларчфилд Техник», ООО «Дассо Систем», ООО «Нева Технолodge», ООО «ИТЕКМА».

Союзкомпозит приглашает все заинтересованные организации и экспертов композитной отрасли России и мира принять участие в последующих национальных и международных соревнованиях



по компетенции «Технологии композитов». По всем вопросам участия в соревнованиях по данной компетенции следует обращаться в Союзкомпозит к менеджеру компетенции — Ветохину Сергею Юрьевичу (info@uncm.ru).

Развитие сотрудничества с отраслевыми научными организациями

17 мая 2018 года в НИУ МГСУ состоялась рабочая встреча по вопросу внедрения и применения изделий из полимерных композитов строительного назначения. В мероприятии приняли участие представители НИУ МГСУ, Союза производителей композитов и немецкого концерна Evonik Industries AG (член Союза).

Участники встречи рассмотрели общие вопросы, связанные с применением изделий из полимерных композитов строительного назначения, с проректором НИУ МГСУ Лейбманом Михаилом Евгеньевичем.

В рамках мероприятия участники также обсудили текущее состояние нормативной технической базы, регламентирующей производство и применение данной продукции в России, вопросы, касающиеся ее качества и сфер безопасного и эффективного применения.

Участники встречи посетили



лабораторию испытаний строительных материалов, изделий и конструкций Научно-исследовательского института экспериментальной механики (подразделение НИУ МГСУ). Заместитель директора Научно-исследовательского института экспериментальной механики Корнев Олег Александрович ознакомил с деятельностью лаборатории, ее возможностями, оборудованием, а также результатами проведенных испытаний в части применения изделий из полимерных композитов строительного назначения.

Участники встречи подтвердили важность контроля качества

изделий из полимерных композитов строительного назначения на всех стадиях их жизненного цикла: от производства и до непосредственного монтажа на объекте, а также необходимость обобщения положительных практик эффективного и безопасного внедрения продукции для их тиражирования в строительстве и недопущения появления в отрасли недобросовестных производителей.

Участники встречи определили основные направления организации сотрудничества между НИУ МГСУ, Союзом производителей композитов и немецким концерном Evonik Industries AG.

Презентация испытательного оборудования в лабораториях и научных центрах НИУ МГСУ

21 мая 2018 года в продолжение рабочей встречи по вопросу внедрения и применения изделий из полимерных композитов строительного назначения представители Союза производителей композитов и немецкого концерна Evonik Industries AG посетили подразделения НИУ МГСУ, расположенные в г. Мытищи (Московская область).

Презентацию испытательного оборудования в лабораториях и научных центрах провел заместитель директора Научно-исследовательского института экспериментальной механики Корнев Олег Александрович. Он ознакомил участников с оборудованием и возможностями следующих

подразделений НИУ МГСУ:

- Лаборатория натуральных испытаний Научно-исследовательского института экспериментальной механики;
- Институт комплексной безопасности в строительстве;
- Научно-производственный методический центр «Промышленный альпинизм»;
- Научно-образовательный центр «Гидротехника»;
- Научно-образовательный центр «Теплогазоснабжение и вентиляция»;
- Инжиниринговый центр «Системотехника строительства».

Участники также ознакомились с накопленным опытом НИУ

МГСУ по исследованию устойчивости конструкций строительного назначения, в том числе с применением композитов в различных условиях их эксплуатации.



Алексей Хазбиев

Оригинальный материал

опубликован в журнале

«Эксперт» №23 (1077) и на сайте expert.ru



«Мы переходим на новые материалы и другую аэродинамику»

Десять лет назад с заводского аэродрома в Комсомольске-на-Амуре поднялся в воздух SSJ-100 — первый пассажирский самолет, разработанный в нашей стране после распада СССР. За прошедшее с тех пор время «Гражданские самолеты Сухого» (ГСС) построили в общей сложности свыше 160 таких лайнеров. С начала коммерческой эксплуатации они выполнили почти четверть миллиона рейсов на авиалиниях в России и за рубежом, а общий налет на этих машинах вплотную приблизился к 400 000 часов. Мировой рынок самолетов такого класса в ближайшие два десятилетия составит не менее 2300 воздушных судов. Но, несмотря на столь бурный спрос, конкуренция здесь ужесточается до предела. Помимо лидеров рынка — Embraer и Bombardier — со своими новыми самолетами в эту нишу выходят Япония и Китай. Чтобы не потерять свою долю рынка, России просто необходимо создавать новые лайнеры, которые по характеристикам превзойдут SSJ-100. Как будет развиваться семейство этих воздушных судов, насколько вырастет доля российских комплектующих в новых лайнерах и какой топливной эффективностью они должны обладать? Об этом в интервью «Эксперту» рассказал президент ГСС Рубцов Александр Иванович.

— Недавно правительство выделило ГСС из своего резервного фонда шесть миллиардов рублей на создание 75-местной версии лайнера Superjet (SSJ). Чем она будет отличаться от базовой модели помимо вместимости?

— При разработке концепции этого самолета мы исходили из требований наших стартовых заказчиков — специального летного отряда «Россия» и группы компаний S7. Им нужна машина регионального класса, которая сможет выполнять полеты на расстояние до четырех тысяч километров, взлетать и садиться на аэродромы с не очень прочным асфальтовым покрытием и довольно короткими взлетно-посадочными полосами — длиной порядка 1300–1400 метров. Если сейчас мы можем летать только с бетонных ВПП, имеющих показатель прочности покрытия PCN равный 30, то для новой модели требуется возможность эксплуатировать полосы с PCN на уровне 18.

— А почему эта особенность так важна?

— Это простая и понятная цель — максимально использовать все региональные воздушные трассы. И у нас в стране, и за рубежом очень много местных аэропортов с асфальтовым покрытием, куда подавляющее большинство реактивных самолетов летать не могут.

Еще одно важное специфическое требование к новой модели SSJ — возможность выполнять посадки с большим запасом топлива. Для этого нам потребуется довольно серьезно увеличить посадочную массу самолета. Не секрет, что стоимость топлива в отдаленных аэропортах, особенно на севере России, зачастую в полтора-два раза выше, чем в европейской части страны, откуда мы, соб-

ственно, и летаем. Понятно, что авиакомпании не хотят переплачивать за топливо и будут стремиться заправлять самолеты по максимуму. То есть с таким расчетом, чтобы керосина хватило на обратный путь. Но при этом перед нами поставлена задача существенно снизить массу самолета — как пустого снаряженного, так и взлетную.

— И на сколько?

— У нас версия на 75–78 пассажиров рассчитана на взлетную массу не более 39 тонн. А массу пустого снаряженного самолета мы должны снизить примерно на три с половиной тонны против того, что есть сейчас. То есть практически на 15 процентов. Это заметно повлияет на экономические параметры эксплуатации. Мы ожидаем, что даже с нынешним двигателем на маршруте длиной 500 миль экономия топлива составит порядка пяти процентов. Но мы рассматриваем и варианты использования перспективных силовых установок с большей степенью двухконтурности, чем сейчас. Это касается как отечественных, так и зарубежных двигателей. В этом случае расход топлива на такой же дистанции, по нашим расчетам, можно будет уменьшить почти на десять процентов.

— А как конструктивно модель самолета на 75 пассажиров будет отличаться от SSJ-100? Вы уберете две секции фюзеляжа — и все?

— Просто так, вырезав на имеющейся машине по одной секции впереди и сзади центроплана, невозможно добиться реализации тех требований, которые у нас есть. Вес пустого самолета слишком большой, поэтому нам необходимо улучшать аэродинамику. Одна из возможностей — использовать крыло с большим удлинением. Но это потребует

еще и перехода на новые материалы: алюминиево-литиевые сплавы для фюзеляжа и композитные конструкции для крыла, хвостового оперения и отсека вспомогательной силовой установки. В целом доля композитных конструкций должна увеличиться почти в два с половиной раза, с 15 до 40 процентов. Наконец, мы намерены использовать шасси более легкой конструкции. Его придется перепроектировать и делать заново. Так мы практически по всем элементам самолета будем искать резервы снижения веса, чтобы машина получилась как можно легче.

— То есть фактически весь лайнер придется конструировать с нуля?

— Некоторые системы самолета, в частности электродистанционную систему управления, мы предполагаем сохранить.

— На первых порах на новом лайнере останется российско-французский двигатель SaM-146. Но вы не исключаете и других вариантов. В то же время глава СП PowerJet Марк Сорель говорил, что его предприятие рассматривает возможность расширения локализации SaM-146, но взамен французы хотели бы нарастить продажи этих агрегатов в России, установить их еще и на самолеты-амфибии Бе-200. В этом случае они, по-видимому, будут готовы модифицировать свой двигатель и для более легкой версии SSJ. Как этот вопрос может быть решен с выгодой и для ГСС, и для французов?

— Считаю, что локализация — вещь, безусловно, полезная, особенно если она сопровождается снижением стоимости двигателя и повышением его надежности. Совершенно очевидно, что есть необходимость именно такой работы, потому что по мере роста парка у нас возникает необходимость расширения мощностей по ремонту силовых установок. Мы все время говорим нашим коллегам в Объединенной двигателестроительной корпорации и французским партнерам, что необходимо наращивать мощности, в первую очередь в России, где у нас летает основная часть самолетов. Это позволит сделать ремонт дешевле, а сроки его выполнения — короче. Поэтому любые предложения, которые коллеги будут выдвигать в этой области, мы только приветствуем.

— Сколько планируется потратить на весь проект создания 75-местной версии? Чиновники вроде бы говорили о 85 миллиардах рублей. Насколько эта оценка справедлива?

— Эта сумма включает в себя стоимость десяти самолетов, которые мы должны будем поставить нашему государственному заказчику.

— А транш правительства пойдет только на разработку?

— Первые деньги из тех средств, что нам выделило

правительство, будут потрачены на сам аванпроект и на различные исследования, которые мы сейчас организуем совместно с ЦАГИ и ВИАМ. Уже в этом году мы обязательно изготовим секцию фюзеляжа, чтобы понять, как ведут себя новые материалы. Будем отрабатывать технологию изготовления отдельных элементов конструкции путем сварки и путем клепки. И, весьма вероятно, начнем делать секцию крыла, чтобы отработать все вопросы, связанные с применением там новых материалов.

— Когда новый самолет поднимется в воздух?

— Мы рассчитываем, что первый полет состоится в 2023 году. Это очень агрессивный план, но мы полагаем, что все-таки сможем выполнить поставленную задачу.

— Как вы оцениваете рыночные перспективы этой модели?

— Надо понимать, что вообще-то мы говорим о семействе самолетов, в котором 75-местная машина будет основной платформой. Но конструкция делается таким образом, чтобы у нас была возможность впоследствии на базе этого самолета сделать удлиненную версию, где-то на 95 кресел.

— Но это получится все тот же SSJ-100...

— Речь идет уже о новом самолете на принципиально иной платформе. Мы переходим на другой материал и другую аэродинамику. И, возможно, в перспективе у нас появится еще и новая силовая установка. Это может быть либо вариант глубокой модернизации SaM-146, либо нового отечественного двигателя ПД-7, либо какого-то зарубежного агрегата. Например, Pratt & Whitney.

— Группа S7 выразила готовность купить то ли 50, то ли 100 самолетов в 75-местной версии. А сколько всего вы надеетесь продать таких машин?

— У нас подписано рамочное соглашение с S7 в общей сложности на 100 машин. В проекте предусматривается, что из них 50 — твердый заказ, 25 — опциональный, еще 25 — это так называемые права по приобретению.

— А другие покупатели будут?

— Мы работаем с нашими заказчиками в России и за рубежом. Но прежде чем активизировать эту работу, мы должны пройти стадию аванпроекта. И только потом, когда уже будем убеждены, что сможем применить новые технологии и материалы, создадим так называемый консультативный совет с участием авиакомпаний и начнем продвигать эту модель. Но сейчас нам надо сконцентрироваться на выполнении своих обязательств перед стартовыми заказчиками, потому что применение новых материалов — это настоящий вызов для нас.

— Десять лет назад японская корпорация Mitsubishi тоже решила сделать региональный реактивный самолет на 75 мест, но после исследования рынка отказалась от этой идеи в пользу более вместительной версии. Сейчас ситуация изменилась?

— Во всем мире эксплуатируется довольно много реактивных самолетов в размерности 75–76 кресел, порядка трех с половиной тысяч. А это означает, что, во-первых, есть рынок им на замену. Во-вторых, существует довольно много турбовинтовых самолетов, близких по размерности к 75-местной машине. Они имеют определенные преимущества по сравнению с реактивными лайнерами с точки зрения расхода топлива, но при этом обладают и рядом недостатков — шум, невысокая скорость полета и так далее. Поэтому, если нам удастся сделать легкую машину, особенно в сочетании с современным двигателем, то по расходу топлива она будет вплотную приближаться к турбовинтовым самолетам. Но самое главное — очень серьезно опередит нынешнее поколение реактивных самолетов.

— По расходу топлива?

— По экономике эксплуатации в целом. Поэтому мы считаем, что ниша для 75-местной машины есть, и довольно большая. Беда в том, что инфляция (в мировой авиастроительной индустрии. — «Эксперт») ведет к эскалации цен на самолеты — они все время дорожают. И так получается, что рынок постепенно вымывает машины малой вместимости. Смотрите: уже сняты с производства практически все самолеты на 30 мест, причем неважно, турбовинтовые или реактивные. Ушли с рынка и машины на 50 мест. Все меньше выпускается 75-местных самолетов. И все говорят: давайте делать машины

на 120 мест, 130 мест и так далее. Но это уже другой сегмент — магистральных перевозок. А ведь есть еще региональные перевозки, о которых все стали забывать. Существуют тысячи трасс, где ставить 130-местный самолет экономически просто невыгодно — его невозможно там загружать круглый год. Поэтому здесь перед нами основной вызов в том, чтобы не просто создать самолет с отличными характеристиками, но и сделать его относительно дешевым, доступным для региональных авиакомпаний. Однако очень важно не потратить при этом слишком много денег — объем инвестиций должен быть разумно небольшой.

— А каким образом это удастся сделать?

— Мы намерены амортизировать оборудование, которое у нас уже есть, — оно было оплачено в рамках предыдущей программы. Это касается и композитных материалов, и конструкций из металлов. Будем максимально загружать производственные мощности, которые есть в стране. В целом же считаем, что те 800 миллионов долларов, которые заложены в новую программу, — это все-таки относительно небольшая величина по сравнению с теми масштабными затратами, которые направлялись на аналогичные проекты в прошлые годы.

— Недавно ГСС объявила, что не будет разрабатывать самолет на 120 пассажиров. По-видимому, все упирается в силовую установку. Чтобы начать ее делать, наш французский партнер — группа Safran — должна получить разрешение американской GE, которая владеет патентом на соответствующие технологии и не горит желанием создавать себе конкурента. Причина только в этом?

Оснащение SSJ новыми законцовками крыла позволяет дополнительно снизить расход топлива почти на три процента



Фото предоставлено ГСС

— На самом деле причин несколько. Во-первых, у нас действительно есть ограничения по тяге двигателя, на нынешнем моторе сделать ее выше девяти тонн не получится. Во-вторых, в сегменте самолетов такой вместимости уже есть два достаточно серьезных конкурента — Bombardier и Embraer. Но это еще не все. На вторичном рынке огромное количество ранее выпущенных машин, весьма близких по классу к этой нише, — это прежде всего Airbus A319 и Boeing 737-700. Причем очень дешевых. В этих условиях чрезвычайно сложно создать самолет, который был бы качественно лучше конкурентов и при этом более доступным по цене. Наконец, если посмотреть на объемы продаж самолетов Bombardier и Embraer в этом сегменте, то я бы не сказал, что они зашкаливают. Этот сегмент рынка ушел в размерность более вместительных машин — на 150–180 кресел. А что касается нашей ниши, то там действительно присутствует Mitsubishi со своим MRJ. Но эта машина сделана по классической технологии. Проще говоря, это алюминиевый самолет. Да, там стоит новый двигатель Pratt & Whitney. Это очень важный элемент, но не единственный. Мы исходим из того, что появление в этой нише новой машины с качественно новыми характеристиками дает нам шанс удержать ту долю, которую мы завоевали. Это порядка 30% сегмента, не меньше.

— Буквально на днях вы подписали соглашения о поставке двум иранским авиакомпаниям — Iran Air Tours и Iran Aseman Airlines — в общей сложности 40 самолетов SSJ-100 с увеличенной долей российских комплектующих. Причем США не смогут заблокировать выполнение этого контракта, если доля американских комплектующих в нашем самолете составит менее 10%. Что вы собираетесь там поменять?

— У нас давно стоит задача замещения импорта. Эта работа началась в ГСС еще до моего назначения президентом компании, она осуществляется уже несколько лет. Мы видим прямой экономический смысл создать версию самолета, где максимально будут использоваться российские комплектующие. Это, в частности, новый интерьер, новая силовая установка, электропроводка, трубопроводы и прочее. Но самое главное — инерциальная система. Использование всех этих компонентов позволит нам существенно снизить стоимость самолета.

— На сколько?

— Мы считаем, что где-то на 5% вполне реально.

— А какова сейчас доля американских компонентов в SSJ?

— Могу сказать только, что мы снизим ее более чем вдвое.

— А когда можно ожидать появления такого мо-

дифицированного лайнера?

— Уже в следующем году.

— За последние два года ГСС резко улучшила свои финансовые показатели и практически выбралась из кризиса. Выручка компании в прошлом году увеличилась на треть, до 55 миллиардов рублей. При этом почти втрое сократился убыток, сейчас он составляет около миллиарда рублей. За счет чего это произошло?

— Мы изготовили в прошлом году 34 самолета, из них 30 передали заказчикам. Этим, честно говоря, и объясняются финансовые результаты. Но хочу сказать, что наша задача не гнаться за количеством самолетов, а существенно повысить их качество и надежность. Наш самолет и двигатель постоянно развиваются. В этом есть плюсы, но есть и издержки. Последние заключаются в том, что мы выпускаем достаточно большое количество сервисных бюллетеней, направленных на улучшение параметров SSJ и силовой установки. Я думаю, что мы сможем перейти в стадию зрелости в течение ближайших трех, максимум трех с половиной лет. Тогда необходимость в постоянной модернизации пропадет и можно будет работать над существенным увеличением налета. Чем, собственно говоря, сейчас и занимаемся.

— Сейчас налет на один SSJ в российских авиакомпаниях в среднем составляет менее пяти часов в сутки, а в западных — семь–девять часов. Чтобы резко нарастить этот показатель, нужно интенсивно развивать послепродажное обслуживание и сервис. Какая работа ведется в этом направлении?

— Система послепродажного обслуживания и поддержки у нас действительно отлажена неидеально. Но мы постоянно над ней работаем. Сейчас модернизируем свой склад запчастей в Жуковском, завершаем его механизацию и компьютеризацию. Уже к середине лета должны все закончить. А дальше будем вводить в строй новый большой центральный склад в Шереметьево вместе с нашими партнерами. Надеюсь, что эта работа пойдет у нас в нынешнем году.

Не забывайте, что мы только на днях отметили десятилетие первого полета SSJ. Замечу, что такие компании, как Airbus и Boeing, начали реализацию своих программ A320 и B-737NG тридцать-сорок лет назад. И все это время их машины совершенствовались. А на пик эксплуатационной надежности они вышли только десять-пятнадцать лет назад. Поэтому если сравнивать нас с конкурентами, то SSJ пока находится в фазе становления самолета как зрелой конструкции.

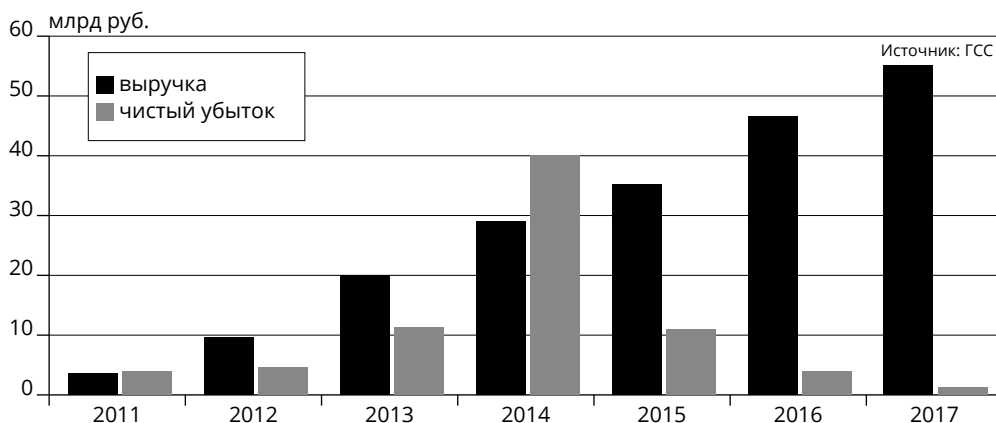
— А когда компания сможет выйти на чистую прибыль?

Актуальное интервью

ГСС практически достигла докризисного уровня производства самолетов, а по поставкам новых SSJ даже его превзошла



За последние три года ГСС смогла увеличить выручку по РСБУ в 1,7 раза, а чистый убыток сократить почти в 40 раз



— Мы, естественно, к ней стремимся, но надо понимать, что процесс совершенствования самолета требует постоянных инвестиций. И если их не делать, то мы не сможем увеличивать налеты до тех показателей, которые нам нужны.

Мы завершаем сертификацию самолета с законцовками крыла. Запустили версию с увеличенным содержанием российских компонентов. И наконец, мы делаем 75-местную машину. Это все требует времени и денег. Поэтому говорить, что ситуация с финансами у нас резко улучшится в период, когда идут такие инвестиции, довольно сложно.

— Каковы производственные планы ГСС? Сколько самолетов вы сделаете в этом году и следующем?

— Мы планируем поддерживать темп производства в диапазоне 26–30 самолетов в год. Все будет зависеть от спроса и от наших поставщиков. Не секрет, что у нас иногда бывают срывы в производственной цепочке поставщиков, в том числе зарубежных. Но мы их устраняем. Мы видим спрос на уровне 30 машин в год. Поэтому темпы выпуска машин в таком объеме, я надеюсь, мы сможем в ближайшие годы удерживать.

— За счет чего планируется привлечь новых заказчиков?

— Мы разработали достаточно консервативную стратегию выхода на рынок. Стараемся найти опорные авиакомпании, с которыми будем развивать совместный бизнес по организации и ремонту самолетов (Maintenance and Repair Organization, MRO).

Это очень важно, так как для нового типа са-

молета нужно иметь квалифицированные кадры, которые обеспечат поддержку и эксплуатацию. Без опоры на подобные структуры MRO не обойтись. Мы, к сожалению, не всегда это учитывали при разработке экспортной стратегии. Сейчас эту ошибку будем исправлять — оснащать и оборудовать центры MRO. Не секрет, что региональные самолеты летают по медвежьим углам и им обязательно нужен хороший сервис. А значит, нам нужно наращивать наши мощности по запасным частям. Мы намерены инвестировать миллиарды рублей для увеличения складов, их модернизации и наполнения запчастями.

— Не секрет, что экспорт SSJ в Европу отчасти сдерживается тем, что этот самолет пока еще не может садиться по так называемой короткой глиссаде. Это важно для тех авиакомпаний, которые летают в перегруженные аэропорты с жесткими слотами. Когда эту особенность планируется устранить?

— Испытания самолета с новыми законцовками крыла проходят достаточно успешно. С точки зрения эффекта этой модернизации мы можем констатировать, что расход топлива действительно снижается почти на 3%. И мы ожидаем, что сможем получить необходимое подтверждение возможности посадок на короткую полосу длиной порядка 1300 метров. При этом коммерческая нагрузка в самолете будет на достаточно приличном уровне даже в сравнении с конкурентами. Первые результаты у нас обнадеживающие. Но окончательно можно будет судить об этом после завершения всего цикла испытаний, который мы должны провести к концу этого года.



Технологическая платформа
«Новые полимерные
композиционные материалы
и технологии»



**17.08
2018**

Всероссийская научно-техническая конференция
**«ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ
МАТЕРИАЛЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ.
Трансфер инноваций из авиации в приоритетные
сектора экономики России»**,
посвященная дню воздушного флота Российской Федерации

Оргкомитет:
8-499-263-88-84
Email: pkm@viam.ru
www.viam.ru



г. Ульяновск, ул. Гончарова, д. 25,
гостиница «Hilton Garden Inn»

Фахретдинов С.Б.

Объединение юридических лиц
«Союз производителей композитов», Председатель Правления
Председатель Комитета «Деловой России»
по развитию ГЧП и взаимодействия бизнеса и госкомпаний

Инновационные закупки в госкомпаниях

В современной практике немало методов взаимодействия крупных предприятий с компаниями малого и среднего бизнеса. Исходя из задач, которые госкомпании ставят перед собой, можно выделить две стратегические цели по организации взаимодействия с субъектами малого и среднего предпринимательства (далее — МСП).

Первая — обеспечение высокой производственной эффективности в виде механизмов использования методов франчайзинга, субконтракта, аутсорсинга, декомпозиции и т.д. Вторая — обеспечение инновационной основы деятельности предприятия.

Инновационное предпринимательство начинается с потребности, в первую очередь, государства к экономическому развитию. Ведь стратегическим фактором обеспечения конкурентоспособности российских товаропроизводителей с высококачественной и сходной по цене импортной продукцией, является технологическое соответствие текущим тенденциям рынка, а также работа на опережение.

К сожалению, в представлении большинства, малый и средний бизнес в России — торговый павильон, парикмахерская, такси, ресторан, интернет-магазин. Задав аналогичный вопрос в Германии, Австрии, Швейцарии, вы услышите в ответ «Der Mittelstand» — множество компаний малого и среднего бизнеса. Например, в Германии — это свыше 3,5 млн небольших компаний, из которых сотни — инжиниринговые и высокотехнологичные. Именно такие предприятия движут экономику Евросоюза вместе с гигантскими концернами. Они производят инженерные расчеты, отдельные детали и узлы, создают электронную начинку для автогигантов — BMW, Volkswagen, Daimler и другие. О применении инноваций в дорогах в Европе и говорить не стоит. Мы все знаем качество европейских дорог.

А что в России? У нас развитие малого и среднего бизнеса лишь в последние годы пошло 10-ти миллионными шагами, соответственно, такими же темпами начинают внедряться инновации.

Первым шагом, предпринятым государством в поддержку развития и становления инноваций, стало законодательное закрепление определенной квоты закупок инноваций у субъектов МСП.

С 2016 года в силу вступили изменения законодательства, касающиеся закупки инновационной,



высокотехнологичной продукции, в том числе у компаний малого и среднего бизнеса. Годовой объем закупки такой продукции у субъектов МСП определяется как увеличенный на 5% совокупный годовой объем договоров, заключенных по результатам закупки инновационной продукции за прошлый год.

Показательным примером того, что данная преференция для бизнеса работает является Государственная компания «Автодор». Ключевыми задачами внедрения инноваций в строительстве транспортной инфраструктуры являются повышение долговечности автомобильных дорог и сооружений на них и сохранение их высоких потребительских качеств для обеспечения надежности, безопасности и снижения нагрузки на окружающую среду. Рассмотрим на примере Государственной компании «Автодор», как можно успешно взаимодействовать с инновационным бизнесом в собственных интересах.


Государственная компания «Автодор» осуществляет закупочную деятельность в соответствии с Федеральным законом 223-ФЗ¹. Основным видом деятельности компании является организация строительства и реконструкции, эксплуатации автомобильных дорог, переданных или передаваемых ГК «Автодор» в доверительное управление.

Совместно с Минэкономразвития России Государственная компания «Автодор» выступила инициатором изменений в Постановление Правительства РФ №1352² в части урегулирования особенностей участия субъектов МСП при реализации комплексных долгосрочных договоров жизненного цикла по проектированию, строительству, обустройству и содержанию автомобильных дорог федерального значения.

Особенностями реализации таких проектов являются обязательное привлечение внебюджетных инвестиций, их долгосрочность, а также обязанность обеспечить наряду с проектированием и строительством автомобильных дорог их последующее

¹ Федеральный закон от 18.07.2011 № 223-ФЗ «О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц»

² Постановление Правительства РФ от 11.12.2014 № 1352 «Об особенностях участия субъектов малого и среднего предпринимательства в закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц»



комплексное обустройство, ремонт, содержание, выполнение функций оператора и ряд иных.

Малый и средний бизнес не способен выполнить подобный объем обязательств по таким договорам в силу ограниченности финансовых, трудовых и других ресурсов. В итоге такие закупки были исключены из расчета годового объема закупок у субъектов МСП, но при этом была предусмотрена обязанность для заказчика и генподрядчика привлекать субъекты МСП к исполнению таких договоров по договору субподряда первого уровня.

Объем договоров субподряда, заключенных с субъектами МСП, будет учитываться при расчете годового объема закупок у малого и среднего бизнеса, в том числе закупки инноваций, предусмотренного Постановлением Правительства РФ №1352. При этом субъекты МСП получают возможность участвовать в исполнении комплексных долгосрочных договоров жизненного цикла на весь период их реализации.

Государственная компания «Автодор» установила требование о привлечении к исполнению договора субподрядчиков из числа субъектов МСП в объеме не менее 9% от стоимости договора. Утвержден Перечень товаров, работ, услуг, удовлетворяющих критериям отнесения к инновационной продукции, высокотехнологичной продукции. Также в компании действует Программа партнерства между Государственной компанией «Автодор», дочерними обществами и субъектами МСП. Участники Программы партнерства получают аванс в размере не менее 30% от суммы договора при проведении закупок, участниками которых являются только субъекты МСП.

Не многие из госкомпаний могут похвастаться подобной работой с малым и средним инновационным бизнесом. А именно подобные инициативы позволяют развиваться не только самой Государственной компании, но и стране, и обществу в целом.

Композитные материалы — одни из наиболее технологичных и эффективных материалов современности, соответственно и конкурентоспособных. Но как происходит их закупка в госкомпаниях?

По статистическим данным, рынок композитных материалов России ежегодно растет на 20%. На 2017 год рынок композитных материалов России составил около 53 млрд рублей, за пять лет с 2012 года он вырос в 3,5 раза с 12 млрд рублей.

Предполагается, что к 2020 году рынок композитных материалов вырастет до 120 млрд рублей.

Правительство Российской Федерации ставило задачу нарастить объем потребления композитных материалов с 0,26 до 1,5 кг на человека к 2020 и возродить позиции советской промышленности.

В качестве основных причин отставания России на рынке композитных материалов назывались:

1. Отсутствие российского сырья для композитов и оборудования,
2. Неразвитость современной нормативной базы,
3. Нехватка квалифицированных кадров в отрасли,
4. Разрозненность игроков рынка и отсутствие эффективных объединений,
5. Ограниченный доступ к финансовым ресурсам.

Для выполнения поставленной задачи был разработан ряд документов, регламентирующих производство и использование композитных материалов, создана система их каталогизации. Также в стране начали внедряться отраслевые и региональные программы по применению таких материалов в ключевых отраслях экономики, таких как строительство, энергетика, транспорт и другие. К 2020 году должны будут работать минимум 8 программ на федеральном уровне и 20 на региональном.

Большое внимание также уделяется проблеме стандартизации. С 2010 года разработано 462 стандарта, из них утверждены 355. В 2018 году планируется ввести еще 107 документов. Также разработано 25 сводов правил, 4 классификатора, 16 сметных нормативов и 5 профессиональных программ подготовки, чтобы новые, в том числе композитные, материалы нашли активное применение в различных сферах промышленности.

Тем не менее госкомпаниям неохотно включают композитные материалы в перечень закупаемых инновационных товаров, особенно в перечень закупаемых у субъектов МСП.

В крупных компаниях вследствие короткого горизонта планирования руководство не продвигает инновационную повестку. При этом низкая инновационная активность в течение долгого времени приводит к отсутствию в компаниях компетенций и процессов, необходимых для внедрения инноваций. Обязательная 5% квота закупок инноваций госкомпаниями поэтому и не начала сразу работать. Результат мы увидим лишь по итогам 2018 года.

Для инновационного развития поставщиков основными барьерами являются отсутствие у них средств на инновации и ограниченный рынок сбыта из-за высокой степени вертикальной интеграции крупных компаний и высоких барьеров для входа. При этом сложившиеся на российском рынке условия — например, текущая система ценообразования госзаказа и ограниченная конкуренция со стороны иностранных компаний — не создают необходимых стимулов для развития инноваций в крупных компаниях. Наряду с этим у государства отсутствуют стратегический подход к отраслевым стандартам и последовательная политика финансовой поддержки инноваций, что также негативно отражается на инновационной активности.

Еще одним барьером для внедрения инноваций служит сложная процедура многократного прохождения сертификации продукции при участии в закупках госкомпаний.

Для решения проблем в первую очередь необходимо создание долгосрочной мотивации для руководства крупных компаний, условий для инновационного развития поставщиков и регуляторных стимулов. Закупка инновационной продукции в госкомпаниях каждый год должна увеличиваться в процентном эквиваленте. При этом должна выстраиваться работа именно с малым и средним бизнесом — основным поставщиком инноваций.

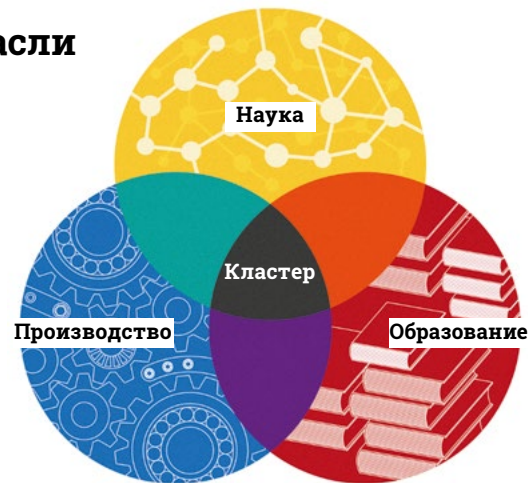
Орлова Н.А., к.т.н.

Ассоциация «НП «Алтай поликомполит», исполнительный директор

Коробщикова Т.С., к.т.н.

МБУ «Бийский бизнес-инкубатор», директор

Кластерный подход к развитию композитной отрасли в Алтайском крае



Развитие отрасли композитных материалов — это не только вопрос престижа страны, но и национальной безопасности, включая переход на новый технологический уровень.

Алтайский край исторически входит в относительно небольшую группу регионов России, в которых производства, связанные с переработкой полимерных наполненных, композиционных и энергонасыщенных материалов, и соответствующие области науки в значительной степени определяют специализацию экономики. Действующие предприятия и организации имеют значительный потенциал для развития на их основе эффективного территориально-отраслевого комплекса (кластера).

Алтайский полимерный композитный кластер — один из шести кластеров, созданных в Алтайском крае, и один из четырех в регионе, входящих в число инновационных. Спустя два года с начала официального партнерства ведущих предприятий композитной отрасли и научно-образовательных учреждений стало понятно, что кластерный подход в области создания новых материалов уместен, как ни в одной другой сфере. Ведь изделия, на которых специализируется композитный кластер, массово используются в самых разнообразных отраслях экономики — от медицины и пищевого производства до автомобилестроения и космической промышленности.

Главная цель территориального кластера — создание благоприятных условий для производства и широкого применения современных и эффективных композитов, конструкций и изделий из них для электроэнергетики, угольной, нефтяной, оборонной промышленности, а также решение вопросов импортозамещения. Алтайский полимерный композитный кластер создан для решения целого ряда задач: увеличения объемов производства продукции композитной отрасли в регионе, создания новых производств и высокопроизводительных рабочих мест, а также развития сектора исследований и разработок, включая кооперацию в научно-технической сфере.

Начиная с 2014 года региональная площадка по консолидации компетенций в области композиционных материалов и изделий из них объединила ведущие предприятия отрасли и научно-образовательные учреждения Алтайского края. Специализация партнерства — композиционные материалы

на базе термопластичных и терморезактивных полимеров, изделия из наполненных полимеров строительного назначения, для электроэнергетики, угольной, нефтяной и других отраслей промышленности.

Участниками кластера являются предприятия и организации, инфраструктурные организации, научно-исследовательские и научно-образовательные учреждения, находящиеся на территории базирования кластера. Предприятиями и организациями полимерного композитного кластера реализуются государственные задачи по развитию промышленности и повышению ее конкурентоспособности в плане разработки технологий получения полимерных композиционных материалов нового поколения, изделий и конструкций из них, а также задачи по подготовке высококвалифицированных кадров и трансферу технологий в другие сферы экономики и регионы России. Производственные предприятия кластера являются субъектами малого и среднего предпринимательства, и составляют 60% среди всех участников кластера.

Кластер обладает высоким потенциалом в производственном, кадровом и в плане новейших разработок композиционных материалов для различных отраслей. Высокий потенциал обеспечивается тесной кооперацией предприятий с научно-образовательными центрами (ФБГОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», ФГБУН Институт проблем химико-энергетических технологий Сибирского отделения Российской академии наук) от этапа лабораторных исследований до полного сопровождения производственного процесса.

Многие предприятия кластера по качеству своей продукции успешно могут конкурировать с предприятиями других стран.

Так, якорные предприятия кластера и, в том числе — Бийский завод стеклопластиков, уже давно изготавливают нужное оборудование на собственном производстве. С полимерными композитами здесь работают с 1991 года. Бийский завод стеклопластиков и его продукция удостоены более 150 дипломов различных ярмарок и выставок. Среди

партнеров предприятия — известные компании России, Белоруссии, Казахстана, Германии.

В основном это товары строительного и промышленного назначения. Гибкие связи или композитная арматура составляют 70% от общего объема продукции. Самое главное ноу-хау завода на сегодня — стеклокомпозитная штанга для нефтедобычи. В России на сегодняшний день, это практически единственное предприятие, которое делает композитные штанги действительно качественно и профессионально. Предприятие ощущает поддержку не только краевого уровня, но и являлось получателем субсидии по программам поддержки композитной отрасли в Минпромторге России.

Другое якорное предприятие полимерного композитного кластера — АО НПП «Алтик» является первым и пока единственным в России предприятием, получившим разрешение на применение своей продукции для транспортировки метана в шахтах. И здесь уже «заработала» внутрикластерная кооперация.

Основная продукция, выпускаемая предприятием, — композитные трубопроводы для топливно-энергетического комплекса. Из последних инноваций компании «Алтик» — опора для линий электропередач. В компании 75 сотрудников; около 20 из них — инженерные и научные работники. Здесь 2 конструкторских и технологическое бюро, собственное механическое производство и 3 производственных комплекса, суммарной производительностью 150 км стеклокомпозитных труб в год. Целое семейство изделий не имеет аналогов в России и в мире.

Предприятие может производить достаточно сложные, наукоемкие изделия с высоким сочетанием различных качеств и в то же время быть полностью независимым от каких-либо западных технологий.

В кластер «Алтайполикомполит» вошло и производственное объединение «Спецавтоматика», единственное в России, где выпускают наиболее полный спектр оборудования для автоматических систем пожаротушения и охранно-пожарной сигнализации. В последние годы здесь готовились перейти на изготовление корпуса для оросителя из композитов.

Первые образцы изделия изготовлены из стеклонаполненного полиамида. Это позволило снизить до минимума механическую обработку изделия, в результате трудоемкость процесса и цена готового изделия снизились на 50%. Второй плюс этой разработки — отказ от иностранных материалов. Поскольку предприятие впервые начало работать с полимерными материалами, то, используя кооперацию внутри кластера, перенимают опыт и технологии партнеров по кластеру.

В перспективе у предприятия разработка и производство элементной базы и комплекса технических средств автоматического пожаротушения из композиционных материалов и нанокompозитов для оснащения зданий и сооружений в сфере строительства.

За последние два года предприятия кластера активно получали поддержку со стороны Алтайского центра кластерного развития. Компании получили возможность представлять свою продукцию потребителям напрямую на организованных встречах с проектировщиками, коммунальщиками, строителями, дорожниками и т.д. Также были организованы более 10 коллективных выставочных экспозиций на ведущих отраслевых площадках.

Оказаны комплексные услуги в области подтверждения соответствия продукции (сертификация) для предприятий ООО «ПКМ-Алтай», ООО «БЗС», ООО «ИЗС», ООО «АНИКОМ», ООО ТПГ «Росал».

Оказаны услуги по составлению бизнес-планов и ТЭО инвестиционных проектов для предприятий кластера (ЗАО НПП «Алтик», ООО ТПГ «Росал», ООО «Полимерпласт», ООО «АНИКОМ», ООО «Трубопласт-А»).

Сертификация продукции предприятий будет способствовать выходу на новые рынки сбыта, а также повышению конкурентоспособности и доверия потребителей к качеству и безопасности продукции.

Проведены маркетинговые исследования с целью продвижения продукции восьми предприятий кластера (ООО «Полимер», ООО «ПКМ-Алтай», ЗАО НПП «Алтик», ООО «Н-Технология», ООО «Трубопласт-А», ООО «АНИКОМ», ООО «Полимерпласт», ООО «Комбoplast»).

Консультационные услуги по защите прав на результаты интеллектуальной деятельности (патентование разработки «Переключатель потока в вентиляционной системе» в качестве полезной модели) получило предприятие ООО «ПКМ-Алтай».

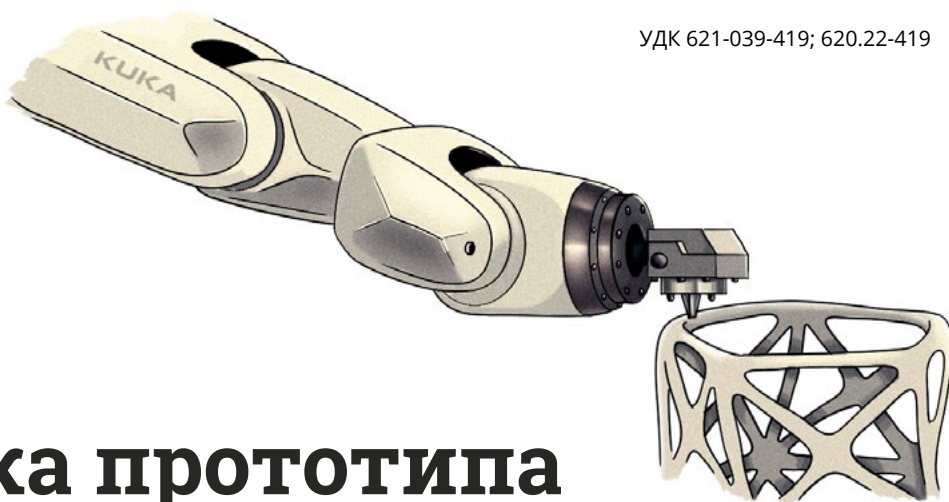
Для реализации большого потенциала в развитии полимерной композитной отрасли необходимо обеспечить рост и развитие смежных отраслей производства, там, где массово используются композитные материалы. Одними из таких отраслей являются строительство и ЖКХ, которые в данный момент находятся в состоянии спада. Поэтому необходимо на государственном уровне приложить усилия к их восстановлению и дальнейшему росту данной отрасли. По мнению предприятий-участников кластера, с целью формирования полноценной композитной отрасли в России необходимо создание новых и модернизация действующих предприятий по производству и расширению сырьевой базы, к которым относятся полимерные и олигомерные связующие и армирующие материалы, пигменты, присадки, необходимые для придания композитным материалам требуемых технических характеристик. Также очень важным является принятие на региональных уровнях решений о создании пилотных проектов в сфере строительства, ЖКХ, энергетики по использованию полимерных композитных изделий и материалов. В целом развитие отрасли композитов возможно только при комплексном подходе и участии всех ветвей власти, науки и бизнеса, говорят участники Алтайского полимерного композитного кластера. Такой процесс в регионе запущен.

М. В. Васильев¹
 В.А. Колесников^{1,2}, к.т.н.
 А.И. Ямаев¹,
 А.В. Азаров^{2,3}, к.т.н.
 А.Р. Хазиев^{1,2,3}, к.т.н.
 Ф.К. Антонов², к.ф.-м.н.
 М.В. Голубев^{1,2}

¹ ООО «Карфидов Лаб»

² ООО «Анизопринт»

³ МГТУ имени Н. Э. Баумана



Разработка прототипа промышленного оборудования для 3D-печати изделий из композитных материалов, армированных непрерывным волокном

Представлена разработка прототипа промышленного оборудования для 3D-печати изделий из композитных материалов, армированных непрерывным волокном на основе многокоординатной системы в виде промышленного робота KUKA KR3 R540. Представлена разработка и приведены результаты расчетов пространственной конструкции рамы оборудования, структурная схема оборудования.

На сегодняшний день пространственное изготовление изделий, таких как, например, детали машин и агрегатов из композитных материалов [1–5], армированных волокнами, является одним из наиболее перспективных направлений развития аддитивных технологий.

Вместе с этим одним из ключевых направлений развития современных производственных технологий является переход к цифровому производству на основе аддитивных технологий, в частности, трехмерной печати (3D-печати) [6, 7]. В настоящее время с помощью 3D-печати уже создаются и эксплуатируются элементы авиационных и космических конструкций. Можно привести следующие примеры: сопла ракетных двигателей — Lockheed Martin [8], топливный бак — RedEye и Lockheed Martin [9], элементы двигателя истребителя F35 — Northrop Grumman [8] и т.д. Компания Boeing уже применяет 3D-принтеры для изготовления около 200 деталей для 10 различных моделей самолетов [10].

Одним из основных перспективных направлений развития методов послойного наплавления (FDM) и стереолитографии (SLA) является 3D-печать изделий из композитных материалов, армированных

непрерывным волокном [11–22]. Такие материалы по удельным характеристикам могут потенциально значительно превосходить материалы, полученные существующими методами 3D-печати. При этом технологии изготовления сохраняют в себе все достоинства технологий FDM и SLA. Главным преимуществом 3D-печати перед традиционными технологиями изготовления изделий из композитных материалов является возможность гибкого управления траекториями армирования. Такая трехмерная печать позволяет наиболее полно реализовать достоинства волокнистого композитного материала и получать изделия, обладающие высокой весовой эффективностью и способностью сопротивляться механическим нагрузкам.

Первые результаты в области 3D-печати изделий из композитных материалов, армированных непрерывным волокном, появились в 2013 году, и сегодня как в США, так и в Европе многие исследовательские центры и частные компании занимаются развитием этого направления аддитивных технологий [11–22]. Одним из наиболее интересных примеров является американская компания Markforged, 3D принтер которой способен печатать композитные детали,

армированные волокнами [11].

Однако к настоящему времени применение композитов в промышленной 3D-печати преимущественно ограничивается использованием хаотически армированных пластиков, наполненных рублеными волокнами, которые обладают существенно более низкими физико-механическими характеристиками по сравнению композитами, армированными непрерывными волокнами [23]. Имеющиеся решения в области 3D-печати непрерывно-армированных пластиков базируются на полужестких технологиях послойного ламинирования термопластичных препрегов (листовых полуфабрикатов), с промежуточной механической обработкой, что не позволяет в полной мере реализовывать все преимущества направленных композитов, обуславливаемые локальной вариацией направления укладки волокон и их непрерывностью, а также оптимизацией внутренней структуры композита [24]. При этом наиболее перспективной с точки зрения реализации всех преимуществ направленно-армированных композитов, необходимой гибкости и универсальности, присущей технологиям 3D-печати, является технология автоматизированной выкладки (коэкструзии) армирующего волокна с термопластичным связующим [25].

Использование в качестве связующего термопластичных полимеров избавляет от необходимости последующего отверждения детали после выкладки, а также позволяет изготавливать изделия сложной пространственной формы за счет in-situ полимеризации связующего. Такой подход дает возможность оптимизировать траектории укладки волокон (направления армирования материала) в каждой точке в соответствии с действующими эксплуатационными нагрузками, а также изготавливать конструкции сложной формы, не прибегая к механической обработке, вызывающей разрушение и повреждение армирующих волокон, что может приводить к возникновению краевых эффектов и концентраторов напряжений [26].

Таким образом, в настоящее время промышленных решений, способных изготавливать композитные изделия сложной формы и сложной внутренней (пространственной) структуры, не существует.

Следует отметить, что изделия промышленной линейки MarkX компании Markforged (США) предназначены для печати термопластами, армированными непрерывными углеродными волокнами или наполненными короткими углеродными волокнами. При этом принтеры Markforged способны изготавливать изделия лишь с плоской послойной схемой армирования. Прототип компании Stratasys (США) с рабочим названием «Robotic Composite 3D» предназначен для 3D-печати крупногабаритных изделий и их отделки с возможностью армирования короткими (рублеными) волокнами. Принтер имеет пять осей, однако не позволяет изготавливать изделия из композитов, армированных непрерывными волокнами. Прототип

Atropos компании +Lab (Италия) предназначен прежде всего для изготовления малогабаритных архитектурных конструкций из стеклопластика на основе фотоотверждаемого полимера. Несмотря на то, что используемые в технологии волокна являются непрерывными, фотоотверждаемый полимер не обладает достаточными физико-механическими характеристиками, необходимыми для использования при производстве ответственных силовых элементов конструкций. Таким образом, существующие аналоги не позволяют получать изделия сложной формы и сложной пространственной структуры с высокой температурной стойкостью и высокими механическими характеристиками, обеспечиваемыми непрерывными армирующими волокнами.

В настоящей работе рассматривается разработка прототипа промышленного оборудования для 3D-печати силовых конструктивных элементов из композитных материалов, армированных непрерывными волокнами, при поддержке ФГБУ «Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере» (www.fasie.ru), в рамках выполнения НИОКР по теме «Разработка оборудования для 3D-печати нагруженных конструкций из композитных материалов, армированных непрерывными волокнами» (программа «Интернационализация», проект «M-Era.net»). В разрабатываемом оборудовании используется предварительно пропитанное специальным образом полимерным связующим армирующее волокно, которое непосредственно в процессе печати подается в печатную головку совместно с термопластичным полимером. Таким образом, на выходе получается двухматричный композит, в котором одно связующее обеспечивает надежную пропитку армирующего волокна и адгезию к используемому термопласту, а другое — соединение между собой таких композитных волокон. Указанный подход исключает ограничения, накладываемые на свойства и характеристики одноматричного композита, а также позволяет значительно оптимизировать и удешевить процесс изготовления армирующего волокна за счет подбора полимерного связующего с нужными технологическими характеристиками.

Разработанное оборудование позволит изготавливать в рамках концепции аддитивного, автоматизированного, цифрового производства функциональные детали сложной формы и внутренней структуры с высокими удельными механическими характеристиками для нужд аэрокосмической, автомобильной, медицинской и других отраслей промышленности.

К основным элементам оборудования 3D-печати изделий из композитных материалов относятся следующие компоненты:

- несущая неразъемная рама оборудования для 3D-печати изделий из композитных материалов, закрытая декоративным кожухом;
- многокоординатная кинематическая система с числовым программным управлением в виде промышленного робота со специализированным

программно-аппаратным комплексом управления перемещением;

- печатная головка, расположенная на рабочем звене промышленного робота, изготовленная по технологии Анизопринт.

С помощью компьютерной системы автоматизированного проектирования Siemens NX было произведено вычислительное моделирование нагрузок для анализа геометрии, моделирования и изучения поведения несущей рамы для оптимизации ее конструкции, а также для обеспечения требуемой жесткости, не допускающей отклонения смещений элементов рамы от расчетных значений более чем на 0,1 мм. Материал силовой рамы — сталь. Промышленный робот, позиционирующий печатную головку, на модели представлен абсолютно жесткими невесомыми элементами типа RBE2, связывающими узел приложения нагрузки с четырьмя угловыми узлами установочной плиты. Точки опоры несущей рамы рассматривались как свободные по четырем узлам, соответствующим ножкам рамы. Для предотвращения перемещений рамы, как твердого тела, на центральном узле нижней балки рамы были ограничены перемещения в горизонтальной плоскости и поворот вокруг вертикальной оси. Нагрузка была задана как сосредоточенная сила, приложенная на свободном конце вытянутого манипулятора промышленного робота и действующая вертикально вниз. Величина приложенной нагрузки равна 800 Н, что соответствует утроенному весу всего промышленного робота с полезной нагрузкой в виде печатной головки. Коэффициент 3 (три) применен как коэффициент безопасности, учитывающий динамичность эксплуатационных нагрузок, а также возможное возникновение аварийных случаев. В ходе выбора схемы было рассмотрено и рассчитано несколько вариантов пространственной композиции рамы, описание которых опускается. Окончательный вариант рамы, удовлетворяющий требованиям по жесткости, необходимым для обеспечения необходимого качества работы оборудования для

3D-печати, представлен на рисунке 1. Расчетная масса рамы составила 241 кг.

Результаты конечно-элементного анализа приведены на рисунке 2. По результатам видно, что при заданной нагрузке максимальный прогиб не превышает 0,1 мм, что соответствует требованию по жесткости рамы.

Для дополнительной проверки выполнения требований по жесткости был проведен анализ деформированного состояния рамы для других расчетных случаев, соответствующих разным (нецентральным) положениям рабочего элемента промышленного робота в рабочей области рамы оборудования для 3D-печати. Наиболее критичным оказался случай, когда печатная головка находится над дальним, по отношению к месту крепления опоры промышленного робота, углом рабочей области. Результаты показывают, что для этого случая нагружения значения прогиба укладываются в заданные значения.

Основываясь на результатах статического анализа при выборе композиционной схемы рамы было решено, что данный вариант является наиболее рациональным с точки зрения массы конструкции и удовлетворяет заданным требованиям.

В качестве многокоординатной кинематической системы с числовым программным управлением был выбран промышленный робот KUKA KR3 R 540 со специализированным программно-аппаратным комплексом управления перемещением в виде обособленного модуля управления KR C4 Compact в миниатюрном варианте исполнения.

KUKA KR3 R540 обладает наивысшей точностью позиционирования и повторяемости в своем классе, что делает его наиболее подходящим для использования в разработке оборудования для 3D-печати. Вместе с этим отсутствует повышенная аппаратная избыточность, что позволяет за меньшую стоимость получить повышенные технические характеристики. Промышленный контроллер управления роботом позволяет разрабатывать масштабируемые системы управления и контроля промышленными роботами и другими

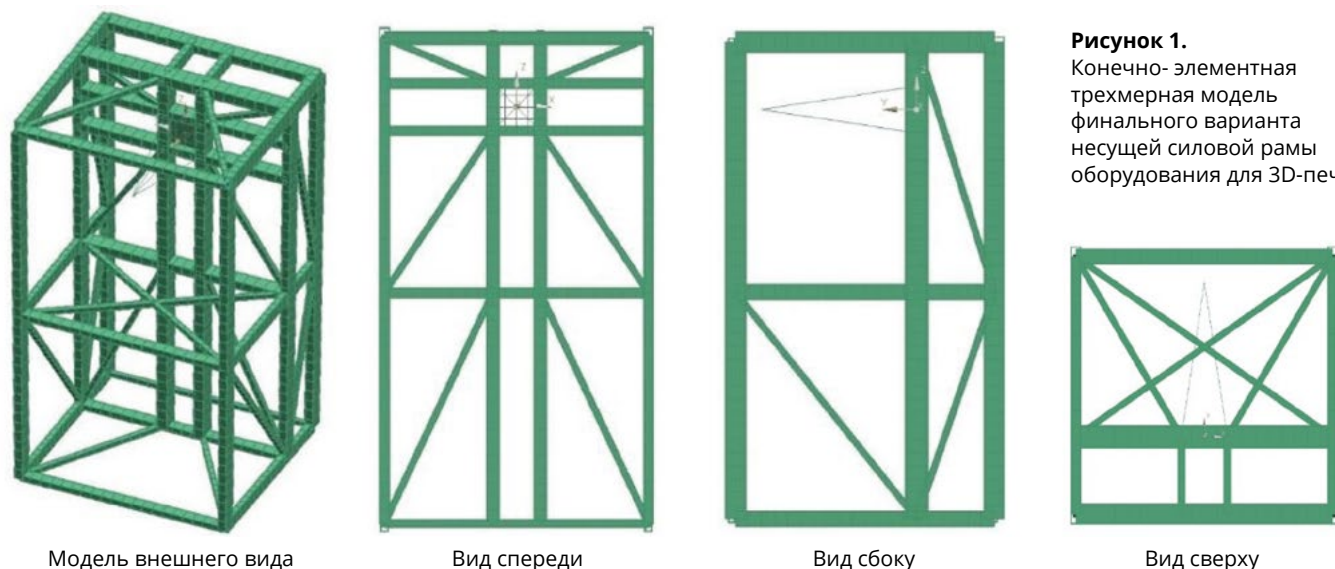


Рисунок 1.
Конечно-элементная трехмерная модель финального варианта несущей силовой рамы оборудования для 3D-печати

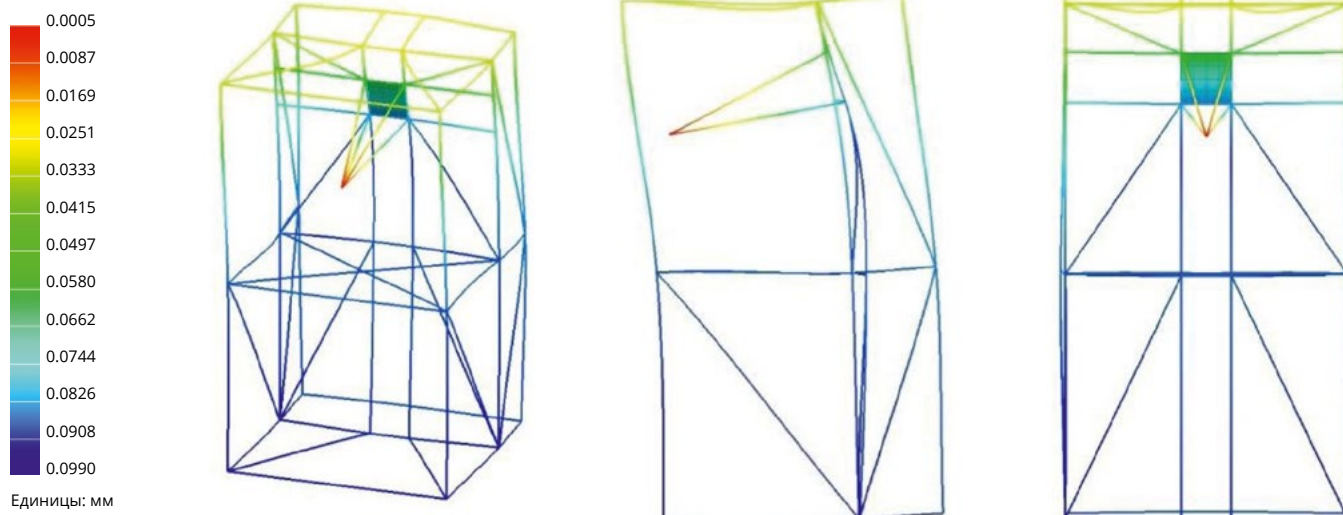


Рисунок 2. Результаты статического анализа окончательного варианта рамы

технологическими единицами, что позволяет осуществлять глубокую промышленную интеграцию различных технологий.

Одной из основных составляющих прототипа оборудования для 3D-печати является печатная головка, выполненная по технологии Анизопринт. Головка устанавливается на рабочий орган промышленного робота.

Печатная головка по технологии Анизопринт обладает следующими особенностями: при компактной конструкции обладает возможностью установки по любой пространственной схеме компоновки и крепления кронштейна к рабочему узлу используемого механизма. Головка имеет возможность охлаждения экструдера с целью предотвращения нештатного прекращения подачи пластика вследствие перегрева пластиковой нити до ее поступления в камеру экструдера. Обладает специальным соплом экструдера для обеспечения консолидации композита.

К основным характеристикам печатной головки можно отнести следующие параметры: максимальная температура разогрева экструдера до 400°C, поддерживаемые материалы связующего: ПЛА,

АБС, ПА (нейлон), ПЕТ-Г, ПК, ПЭИ. Печатная головка соответствует ТУ 28.29.60-001-46468932-2017.

Модель печатной головки, закрепленной на рабочем фланце промышленного робота KUKA KR3 R540, представлена на рисунке 3.

Работа печатной головки основана на применении технологии 3D-печати двухматричным композитным материалом, армированным непрерывными волокнами [38]. В качестве армирующего компонента используются непрерывные конструкционные (углеродные, стеклянные, органические и др.) волокна, предварительно пропитанные термореактивным связующим, а в качестве основного матричного материала используется термопластичный полимер. В результате получают материалы, сочетающие в себе преимущества композитов на основе термореактивных и термопластичных связующих. Термореактивное связующее обеспечивает связь между моноволокнами в жгуте, а термопластичная матрица, обладая большой предельной деформацией при разрушении, обеспечивает высокие межслоевые механические характеристики материала и ударную прочность.

Для моделирования перемещения промыш-

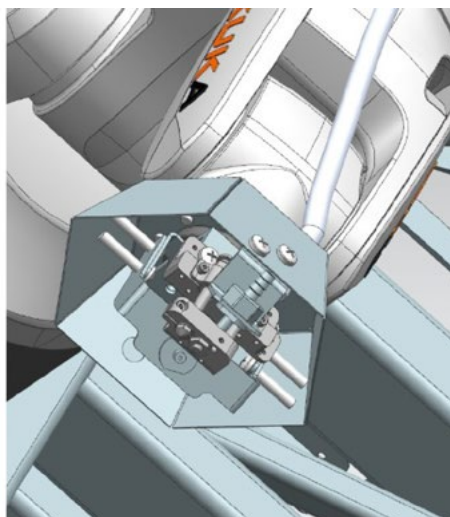
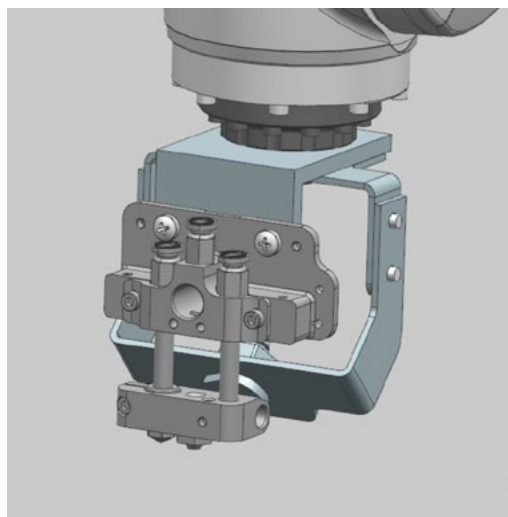


Рисунок 3. Трехмерная модель печатной головки на рабочем органе робота

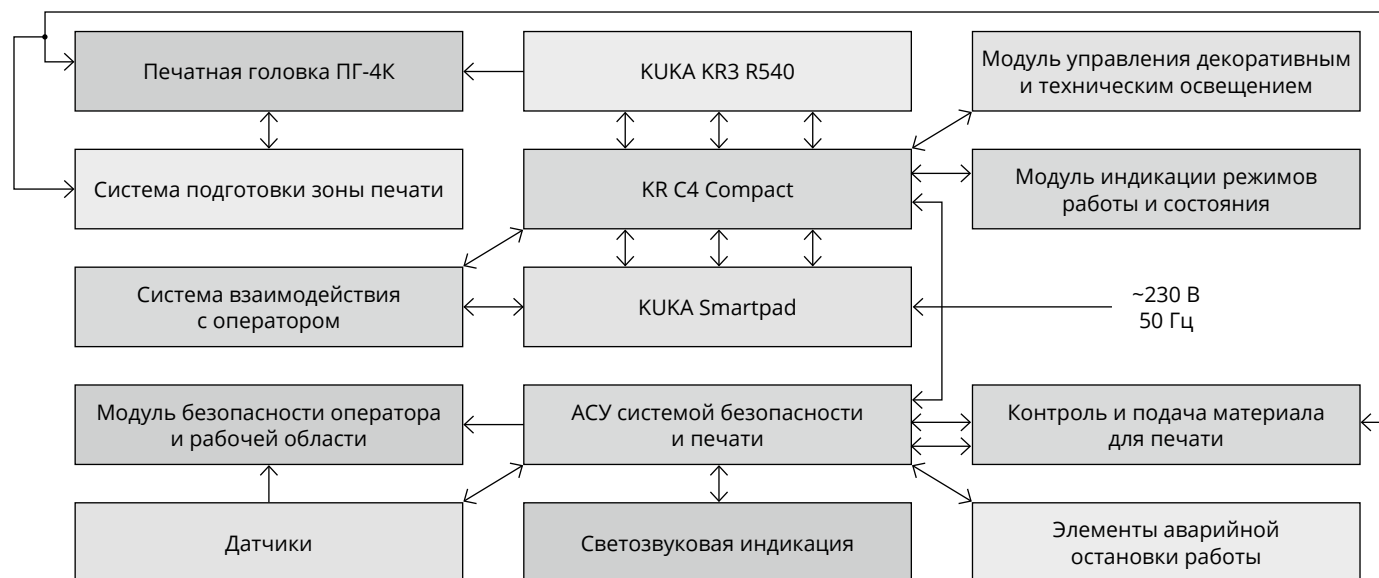


Рисунок 4. Структурная схема оборудования для 3D-печати

ленного робота в рабочей области прототипа оборудования для 3D-печати использовалось программное обеспечение RoboDK 3.2.9

В процессе моделирования положения и движения промышленного робота рассматривались различные варианты положения робота, в частности, рекомендуемые технической и технологической документацией производителя промышленного робота: «На полу», «На потолке» и «На стене».

Для обеспечения соответствия оборудования заявленным характеристикам подходит лишь положение робота «На стене».

Структурная схема оборудования для 3D-печати представлена на рисунке 4.

Оборудование для 3D-печати на основе многокоординатной системы состоит из нескольких основных модулей. Основным элементом оборудования является промышленный робот KUKA KR3 R540 с промышленным контроллером управления KR C4 Compact. К системе управления промышленным роботом также относится пульт управления KUKA SmartPad. На рабочий орган промышленного робота устанавливается печатная головка ПГ-4К в качестве рабочего инструмента, к

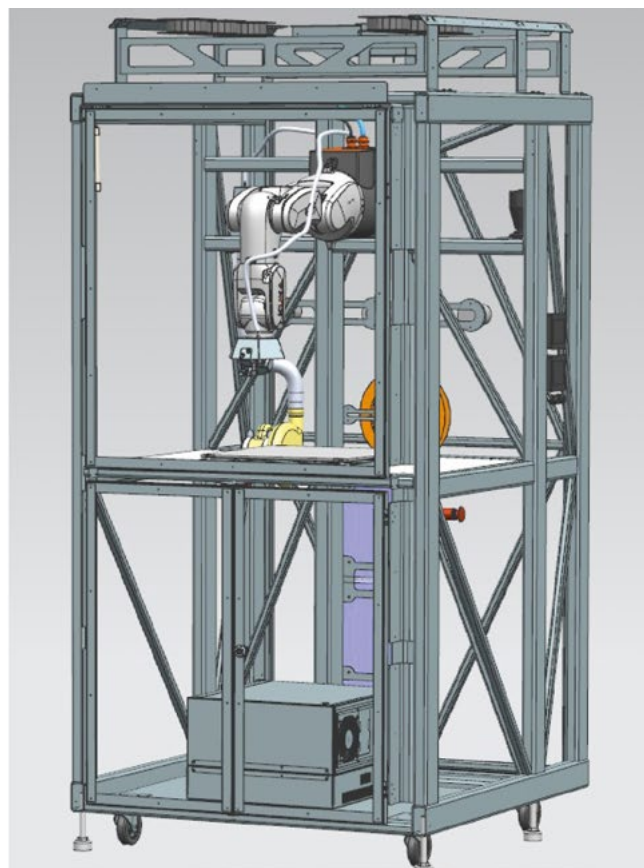
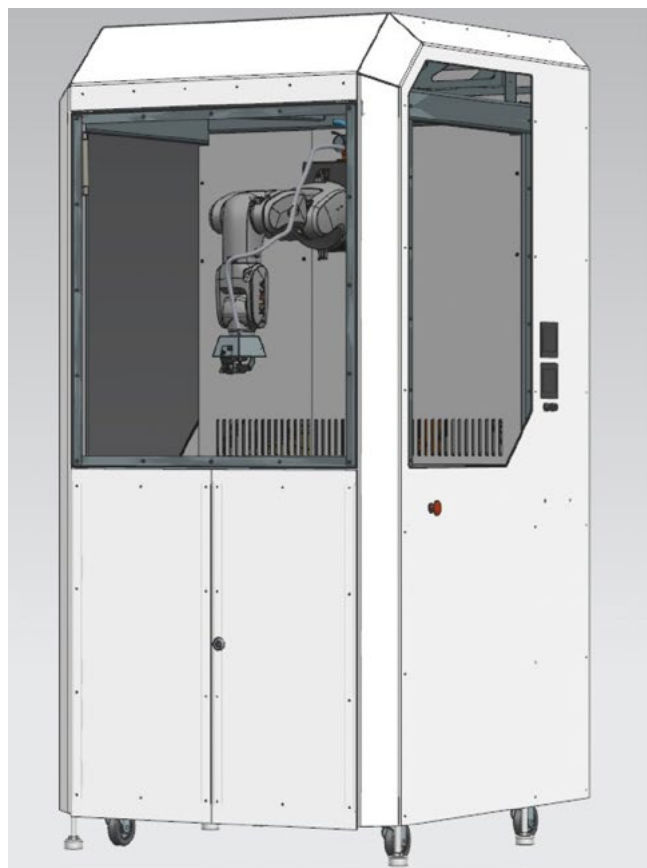


Рисунок 5. Разработанная модель оборудования для 3D-печати

которой подключаются каналы подачи материала для 3D-печати. Подача материала и контроль над ней осуществляется специализированной автоматической системой управления (АСУ), 3D-печатью и системой безопасности, частично интегрированной с контроллером управления промышленным роботом. К функциям АСУ также относится контроль безопасности рабочей области промышленного робота на основе модуля безопасности оператора робота, находящегося в его рабочей области, датчиков, элементов аварийного останова работы промышленного робота и оборудования для 3D-печати и светозвуковой индикации.

Вместе с этим АСУ печати осуществляет управление и контроль над системами подготовки области печати, представляющую собой совокупность технических средств для подогрева и подачи нагретого и ненагретого воздуха в зону печати, а также отвод излишнего тепла из рабочей области промышленного робота, согласно допускам производителя промышленного робота к режимам эксплуатации робота.

Также в состав оборудования входит модуль управления декоративным и техническим освещением и модуль индикации режимов работы и состояния оборудования для 3D-печати.

Разработанная модель оборудования для 3D-печати представлена на рисунке 5.

Для обеспечения высокого качества продукции, изготовленной на оборудовании для 3D-печати, разрабатывается перспективное армирующее волокно на вновь разработанном связующем с меньшей вязкостью при температуре пропитки, с широким технологическим окном, с меньшим модулем упругости с одной стороны, и повышенными значениями максимальной деформации при разрыве — с другой. Связующее демонстрирует хорошую адгезию как к углеродному волокну, так и термопласту.

В дальнейшем планируется изготовление разработанного прототипа, а также проектирование опытных деталей для изготовления с помощью прототипа оборудования для 3D-печати с использованием разработанного перспективного армирующего волокна.

Список литературы

1. Композиционные материалы волокнистого строения. К., 1970; Пластики конструкционного назначения, М., 1974.
2. Конкин А.А., Углеродные и другие жаростойкие волокнистые материалы, М., 1974; Композиционные материалы, пер. с англ., т. 1-8, М., 1978; Наполнители для полимерных композиционных материалов, пер. с англ., М., 1981
3. Сайфулин Р.С., Неорганические композиционные материалы, М., 1983; Справочник по композиционным материалам, под ред. Д.Любина, пер. с англ., кн. 1 2, М., 1988
4. Основные направления развития композиционных термопластичных материалов, М., 1988
5. Handbook of composites, sen ed. by A.Kelly, Ju.N.Robotnov, v. 1, AmsL, 1985.
6. S D.L. Bourell, M. Leu, and D. Rosen, Roadmap for Additive Manufacturing — Identifying the Future of Freeform Processing, Univ. of Texas, Austin, TX, 2009.
7. N. Guo and M.C. Leu, "Additive Manufacturing: Technology, Applications and Research Needs." Front. Mech. Eng., 2013, Vol. 8(3), pp. 215–243.
8. Amrita Jayakumar Why the aerospace industry is investing in 3-D printing June 15, 2014
9. Todd Halterman Redeye and Lockheed Martin Build Enormous Satellite Parts May 7, 2014
10. Daniel Cohen, Matthew Sargeant, and Ken Somers 3-D printing takes shape. January 2014
11. Markforged. [Электронный ресурс]. – URL: <https://markforged.com/>
12. Orbital Composites. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.orbitalcomposites.com/>
13. Ryosuke Matsuzaki, Masahito Ueda, Masaki Namiki and other, Three-dimensional printing of continuous-fiber composites by in-nozzle impregnation // Scientific Reports – 2016.
14. 3D Printer Using Continuous Carbon Fiber Composite Materials [Электронный документ]. – URL: http://www.jscm.gr.jp/3Dprinting/images/introduction_CFRP3Dprinter
15. Composites 2.0 [Электронный документ]. – URL: <http://jscm.gr.jp/3Dprint-ing/images/ueda>
16. Frank van der Klift, Yoichiro Koga, Akira Todoroki, Masahito Ueda, and other, 3D Printing of Continuous Carbon Fibre Reinforced Thermo-Plastic (CFRTP) Tensile Test Specimens // Open Journal of Composite Materials – 2016.
17. +LAB. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.piulab.it/projects/-continuous-fiber-composites>
18. M. Invernizzi, G. Natale, M. Levi, S. Turri and G. Griffini, UV-Assisted 3D Printing of Glass and Carbon Fiber-Reinforced Dual-Cure Polymer Composites Materials // Materials, 2016, 9(7), 583.
19. S.E. Bakarich, R. Gorkin, Marc in het Panhuis, and G. M. Spinks, Three-Dimensional Printing Fiber Reinforced Hydrogel Composites // ACS Applied Materials & Interfaces, 2014, 6 (18), pp 15998–16006
20. M. Eichenhofer, J.I. Maldonado, F. Klunker, and P. Ermanni, Analysis of Processing Conditions for a Novel 3D-Composite Production Technique // 20th International Conference on Composite Materials, Copenhagen, 19-24th July 2015
21. X. Tian, T. Liu, C. Yang, Q. Wang, D. Li, Interface and performance of 3D printed continuous carbon fiber reinforced PLA composites // Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, Volume 88, September 2016, Pages 198-205.
22. Y. Zhang, W. De Backerb, R. Harikb, A. Bernard, Build Orientation Determination for Multi-material Deposition Additive Manufacturing with Continuous Fibers // Procedia CIRP, Volume 50, 2016, Pages 414-419.
23. Э. С. Зеленский, А. М. Куперман, Ю. А. Горбаткина, В. Г. Иванова-Мумжиева, А. А. Берлин Армированные пластики — современные конструкционные материалы Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева), 2001, т. XLV, № 2
24. Термопластичные углепластики: Специальные однонаправленные материалы для авиационного машиностроения. д-р Анатолий Жие (Dr. Anatole Gilliot) Хеннинг Швиль (Henning Schwill) Михаил Фролов. II международный технологический форум «Инновации. Технологии. Производство» Рыбинск-2015
25. Н. А. Демкович, И. А. Волков, Е. И. Яблочников Применение систем численного моделирования при внедрении новых производственных технологий. Машиностроение и машиноведение
26. С. Н. Чвалун, Л. А. Новокшонова, А. П. Коробко, П. Н. Бревнов Полимер-силикатные нанокompозиты: физико-химические аспекты синтеза полимеризацией in situ. Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева), 2008, т. LII, № 5.



MSC Nastran™

**Князев Э. Ю.**

ООО «Эм-Эс-Си Софтвэр Рус»

(подразделение MSC Software Corporation в России и странах СНГ)

Руководитель технического отдела

Виртуальная разработка и оптимизация конструкций из композиционных материалов в MSC Nastran

Современным компаниям необходимо быстро реагировать на изменения запросов потребителей, использовать новые возможности и постоянно повышать эффективность своей работы, в том числе и за счет активного внедрения инновационных технологий компьютерного моделирования, анализа и оптимизации выпускаемых изделий. В настоящее время в машиностроении активно развивается тенденция использования конструкций из композиционных материалов. Изделия на основе композиционных материалов обладают уникальными эксплуатационными характеристиками прочности, долговечности, надежности, а также зачастую имеют более низкую стоимость изготовления, совокупную стоимость обслуживания, расхода топлива и т.д.

Интенсивное внедрение композиционных материалов требует построения расчетных моделей и методов, учитывающих особенности структуры и поведения этих материалов. К числу таких особенностей относятся их анизотропия, слоистый характер и сравнительно низкая прочность и жесткость в направлениях, не совпадающих с направлением армирования. В совокупности эти особенности существенно усложняют расчетные модели. В то же время разработка конструкций с применением только натуральных испытаний особенно затруднена в случае использования композиционных материалов. Поэтому необходимо применять современные методы компьютерного моделирования и интегрированный комплекс систем высокого уровня для проведения подробных расчетов прочности, устойчивости, долговечности, разрушения, динамического поведения, аэроупругости, теплопередачи, акустики, мехатроники и т. д. для создания

конкурентоспособной продукции. Для решения всех этих задач корпорация MSC Software предлагает своим пользователям самые передовые технологии, построенные на базе применения единой многодисциплинарной интегрированной среды для виртуальной разработки изделий в рамках всего предприятия или даже групп предприятий, холдингов и производственных объединений.

Использование композитов продолжает постоянно расти. Аэрокосмическая промышленность лидирует в применении композитных конструкций, однако в производстве автомобилей, спортивного инвентаря, потребительских товаров, энергетике и медицинской промышленности также инвестируются значительные средства в создание материалов с заданными свойствами ввиду лучших характеристик и лучшего весового совершенства, которые имеют такие материалы.

Композитные конструкции могут обеспечить значительные преимущества по сравнению с традиционными материалами, однако эффективное использование этих материалов имеет свою цену в проектировании и разработке. Современные композитные конструкции очень сложны и имеют в своем составе большое количество зон с различными свойствами материалов (рисунок 1). Также крайне важно обеспечить работу композитов для всех эксплуатационных нагрузок. Однако поскольку натурные испытания могут быть очень дорогими, ведущие производители обращаются к надежным и проверенным решениям компьютерного моделирования от MSC Software.

Это в первую очередь программный комплекс MSC Nastran — конечно-элементный решатель общего назначения, в котором реализованы специальные

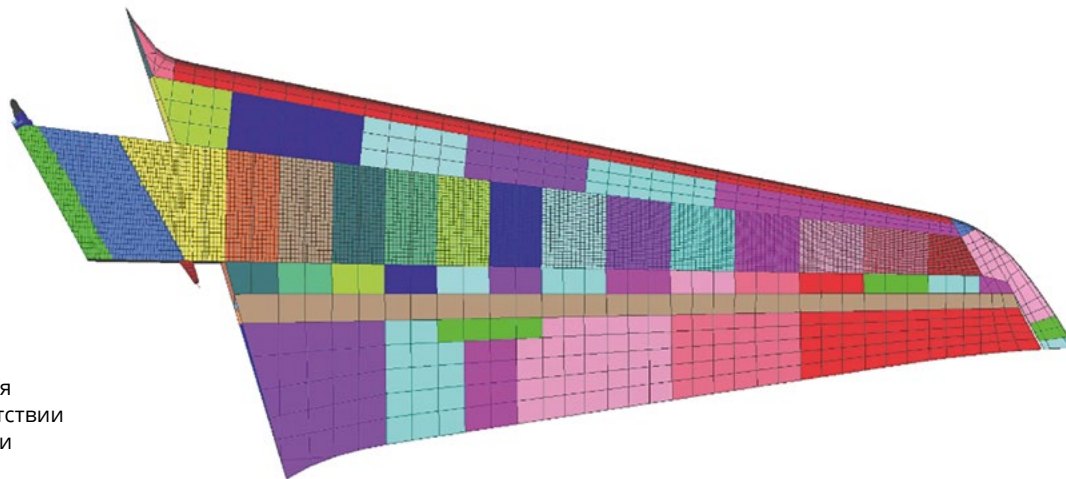


Рисунок 1.

Композитная конструкция с выделенными в соответствии с различными свойствами материалов зонами.

возможности по выполнению расчетов с учетом особенностей композиционных материалов.

Поскольку свойства композиционного материала часто являются ортотропными или даже анизотропными, важно понять их поведение, без чего невозможно корректно разработать новую конструкцию. MSC Nastran предоставляет возможности для моделирования композитов в одно-, двух- или трехмерной постановке. Данный программный комплекс позволяет проводить несколько типов расчетов, включая:

- Линейную и нелинейную статику;
- Линейный и нелинейный анализ переходных процессов;
- Анализ собственных частот;
- Анализ устойчивости;
- Прямой и модальный частотный отклик;
- Расчет переходных характеристик прямым или модальным методом;
- Передача тепла;
- Теплопрочностной расчет.

Кроме того, возможности, доступные для однородных структур, также реализованы для композитных конструкций:

- Эффективные итерационные алгоритмы для решения нелинейных задач;
- Поддержка учета эффекта больших перемещений и деформаций;
- Температурно-зависимые свойства материалов.

Композиционные материалы в MSC Nastran можно создавать различными способами. Слоистая модель используется для описания традиционных слоистых композитов. Данная модель показана на рисунке 2, она состоит из слоев, ориентация каждого из которых определяется углом θ . Каждый слой характеризуется индивидуальным материалом (обычно с 2D ортотропными свойствами) и постоянной толщиной. Данная модель использует классическую теорию слоистых композитов для вычисления мембранных, моментных и мембранно-моментных расчетных матриц жесткости слоистых панелей. В этой теории используются две основных гипотезы: нормали поверхностей во время деформации пакета остаются нормальными,

а также в каждом слое в плоском напряженном состоянии все поперечные напряжения равны нулю.

Помимо различных способов по заданию пакетов слоистых материалов для MSC Nastran, с помощью программного комплекса Patran можно непосредственно создавать анизотропные материалы, свойства которых вычисляются по различным моделям. Это модели Halpin-Tsai. Данные материалы представляют собой двухфазную модель композиционного материала, состоящую из изотропной матрицы (связующего) и волокон. Материал волокон может быть поперечно-изотропным, ортотропным, изотропным.

В Patran возможно задать пять различных моделей Halpin-Tsai: непрерывные волокна, короткие волокна, непрерывная лента, короткая лента и включения в форме частиц.

В модели Uniform Continuous Fiber (однородное непрерывное волокно) используется изотропная матрица (связующее) и непрерывные, однородные, цилиндрические и поперечно-изотропные волокна. В результате получается композит с изотропными в поперечном направлении свойствами.

В модели Uniform Discontinuous Fiber (однородное прерывистое волокно) матрица также изотропная, а волокна прерывистые, однородные, цилиндрические и поперечно-изотропные. В результате теоретически получается поперечно-изотропный материал.

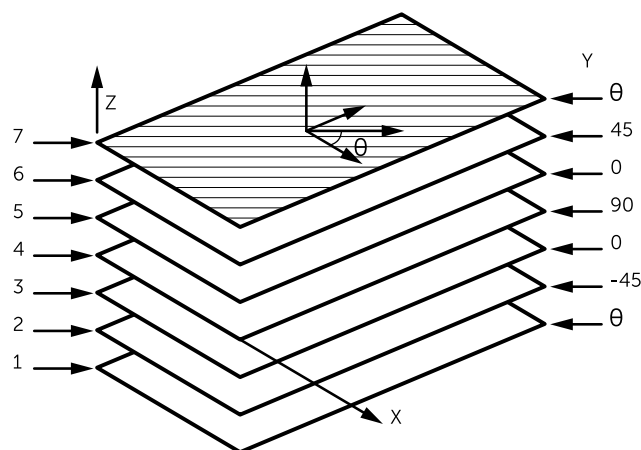


Рисунок 2. Традиционная модель слоистого композита

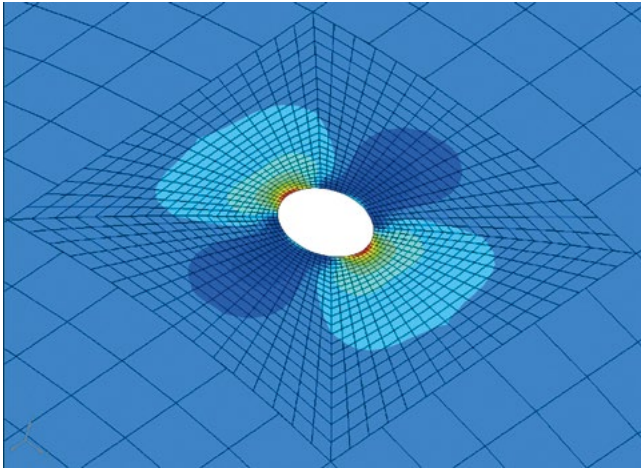


Рисунок 3. Прогрессирующее разрушение в композитной конструкции

В модели Uniform Continuous Ribbon (однородная непрерывная лента) используется изотропная матрица, а наполнитель представлен в виде непрерывных однородных ортотропных с прямоугольным сечением лент.

В модели Uniform Discontinuous Ribbon (однородная прерывистая лента) используется изотропная матрица, а наполнитель представлен в виде прерывистых однородных ортотропных с прямоугольным сечением лент.

Модель Particulate Composite (композит с мелкодисперсным наполнителем) представляет собой изотропную матрицу, упрочненную мелкодисперсным наполнителем. В результате композит приобретает изотропные свойства. Для вычисления величин используются уравнения Halpin-Tsai.

Еще одна модель материала позволяет моделировать коротковолокнистые композиционные материалы (Short Fiber). Эта модель используется для вычисления свойств коротковолокнистых композитов, ориентация волокон которых может быть описана как нормальное распределение. В плоскости ориентация волокон может быть представлена в виде кривой Гаусса: схема интегрирования «Монте-Карло» используется для внесения нормального распределения в ориентацию волокон однонаправленного материала, которым обычно

бывает коротковолокнистый «Halpin Tsai» композит или «Halpin Tsai» прерывная лента.

Другими словами, модели «Halpin Tsai» используются для синтеза свойств однонаправленного материала (свойств волокон, матрицы и их объемного соотношения), а данная модель используется для преобразования однонаправленного композита в материал, направления волокон которого можно описать нормальным распределением. Данный подход позволяет смоделировать эффект «разброса» ориентации волокон в композитах из тканых структур и технологических погрешностей, тем самым предотвращая завышение жесткостных характеристик материала.

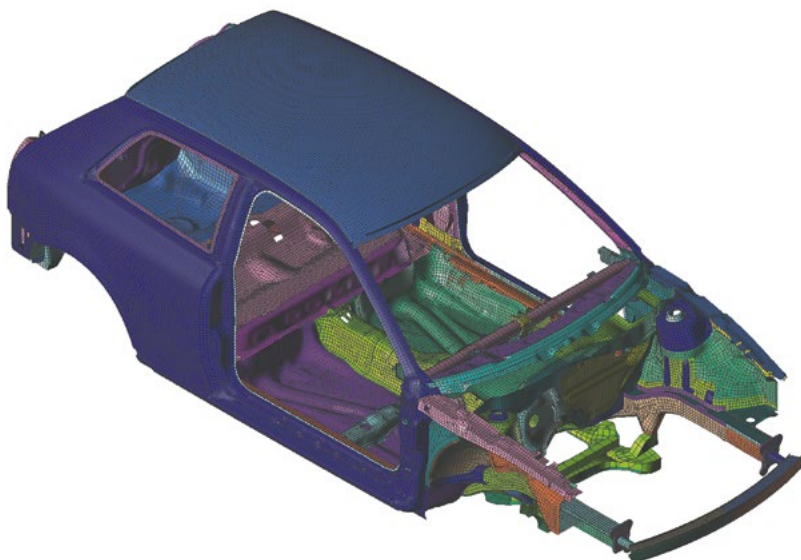
При создании сложных сборок очень важно правильно учесть контакт между различными деталями. Контактное взаимодействие может быть создано для любого вида расчета, что особенно важно, когда есть несколько компонентов в модели и нет предварительных знаний о зонах контакта. MSC Nastran делает настройку контакта простым и интуитивно понятным, что не только позволяет экономить силы и средства при моделировании, но также позволяет проводить расчет с повышенной точностью. Возможность MSC Nastran по расчету контактного взаимодействия в линейной постановке значительно расширяет возможности по эффективному моделированию и быстрому расчету сложных композитных конструкций.

В композитах со слоистой структурой за время жизненного цикла могут разрушиться несколько слоев. Разрушение накапливается в композитах постепенно и ведет в дальнейшем к окончательному разрушению. Таким образом, для разработки оптимальных, с точки зрения долговечности, композитных конструкций важно понять механизмы повреждения и разрушения. Пример прогрессирующего разрушения в композитной конструкции приведен на рисунке 3.

С помощью анализа прогрессирующего разрушения в MSC Nastran инженеры могут контролировать ослабление конструкции и деградацию несущей способности. Пользователи могут выбрать механизм разрушения из ряда критериев, в том числе критерии Максимальных напряжений, Максимальных деформаций, Хилла, Хоффмана, Цая-Бу, Хашина, Пака и других.

Расслоение является общим механизмом разрушения в слоистых структурах (рисунок 4). Если связь между слоями не является достаточно сильной, она может разрушиться, что приведет к ослаблению конструкции и даже полному разрушению. Моделирование когезивной зоны, реализованное в MSC Nastran, вводит специальные интерфейсные элементы, используемые для моделирования связи между поверхностями. Эти элементы, в том числе и нулевой толщины, могут пройти обратимое или необратимое повреждение и обеспечить более точное моделирование расслоения.

Техника виртуального закрытия трещины (VCCT) стала популярной в расчете скорости высвобождения энергии из-за своей простоты и применимости



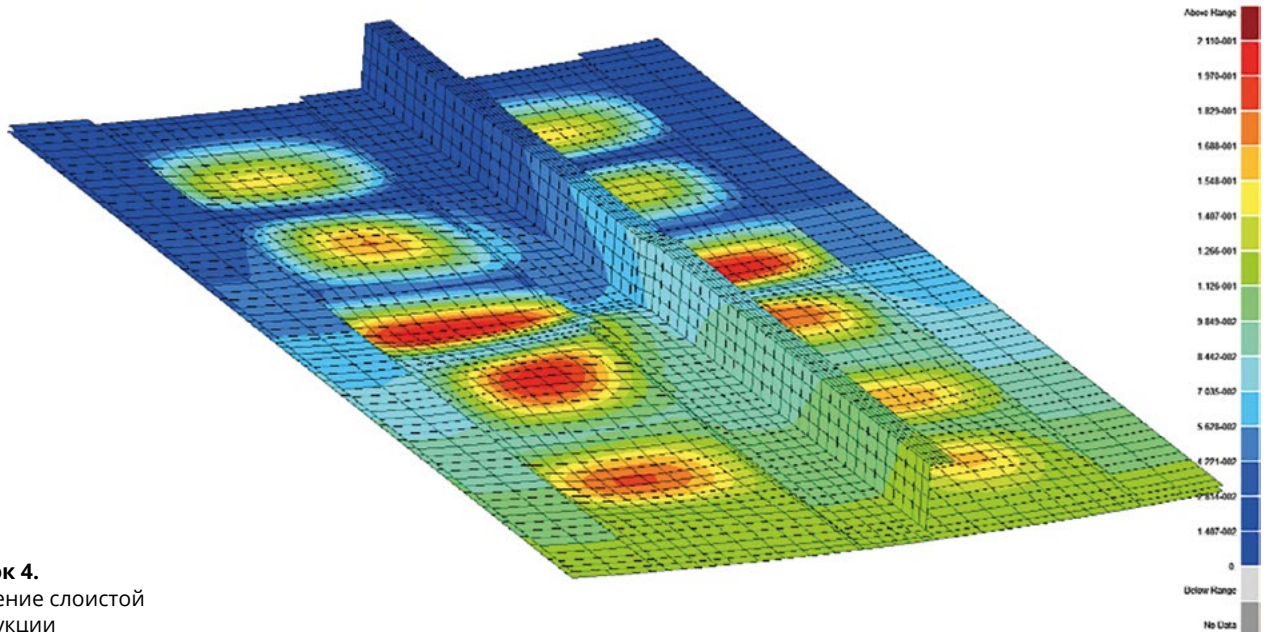


Рисунок 4.
Расслоение слоистой конструкции

к всем видам роста трещины. Эта возможность может быть использована для анализа трещин как в двумерной, так и в трехмерной постановке. Она также может быть использована для анализа распространения фронта трещины на границе раздела двух склеенных тел. С автоматическим расчетом разрушения клеевого контакта пользователи могут оценить прочность склейки и характеристики поврежденной конструкции.

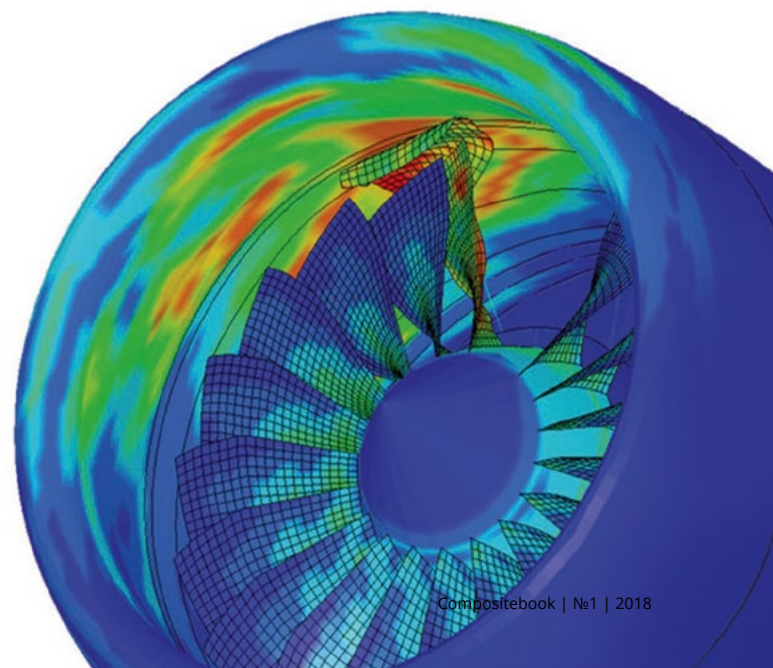
Конструкции из композиционных материалов, как правило, разрабатываются в соответствии с конкретными задачами. В связи с этим важно иметь возможность оптимизировать свойства подобных конструкций, используя не метод «проб и ошибок» на натуральных экспериментах, тратя при этом большие материальные и временные ресурсы, а метод виртуального моделирования и инженерного анализа. Программный комплекс MSC Nastran дает возможность оптимизировать конструкцию и найти оптимальные значения проектных переменных при заданной целевой функции и наложенных проектных ограничениях. Например, можно использовать данный программный комплекс для вычисления толщины отдельного слоя и его ориентации при минимизации веса и удовлетворении требований прочности, жесткости и долговечности. Использование проектных переменных и ограничений MSC Nastran, которые могут принадлежать различным расчетам, дает возможность получить лучшее оптимальное решение.

Программный комплекс MSC Nastran постоянно развивается, при этом используются последние достижения численных методов и вычислительной техники. Для слоистых композитов расчет требует обширных вычислительных ресурсов. Благодаря применению передовых решателей и, как следствие, эффективному использованию имеющихся ресурсов, MSC Nastran быстрее дает точные результаты. Кроме того, стоит принять во внимание преимущества многопроцессорных си-

стем для параллельных вычислений, повышающих производительность компьютерных расчетов.

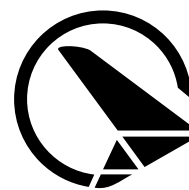
Учитывая большой накопленный опыт корпорации MSC Software в создании, сопровождении и поддержке интегрированных систем для разработки композитных конструкций для ведущих мировых и Российских компаний, а также реальные достижения этих компаний в области практического применения данных систем, очевидно, что технологии и системы корпорации MSC Software представляют большой практический интерес для компаний, занимающихся разработкой композиционных материалов и конструкций из них.

Используя высокий отечественный потенциал и высокоэффективные и надежные технологии MSC Software, и весь опыт корпорации по работе с мировыми промышленными лидерами, наше предприятие имеет уникальную возможность выйти на лидирующие позиции в области разработки и производства инновационной продукции на основе широкого применения современных композиционных материалов.



По материалам пресс-службы АО «АэроКомпозит»

Россия возвращает статус авиационной державы



АэроКомпозит
Акционерное Общество

Последние несколько лет авиационное сообщество пристально следит за новым проектом российских специалистов — пассажирским самолетом МС-21. Торжественная выкатка, первый полет, беспосадочный перелет лайнера. За время работы над созданием новой машины, на ее различных этапах, появлялись скептики, относящиеся с сомнением к применению новых технологий и инноваций. Разработать и внедрить абсолютно новый продукт, сделать шаг и стать первым — большой риск, особенно в такой отрасли, как авиастроение, где приоритетом номер один является безопасность людей. Однако российские специалисты, вопреки скепсису, смогли поставить МС-21 на композитное крыло нового поколения, изготовив все силовые элементы конструкции методом вакуумной инфузии. Новая разработка позволила сделать для пассажирского судна крыло большого удлинения с суперкритическими профилями нового поколения.

На сегодняшний день такие длиномерные монолитные конструкции не делает никто в мире.

7 марта в Париже на международной выставке JEC World — 2018 прошла церемония награждения финалистов JEC Innovation Awards. В номинации Aerospace-Application победителем стала компания «АэроКомпозит», та самая, в которой костяк специалистов во главе с генеральным директором Анатолием Гайданским с 2008 года «вынашивал» инфузионную технологию и дал ей жизнь. За композитный «Оскар», как называют награду в кулуарах мероприятия, пришлось соперничать с представителями Германии (Fraunhofer ICT) и

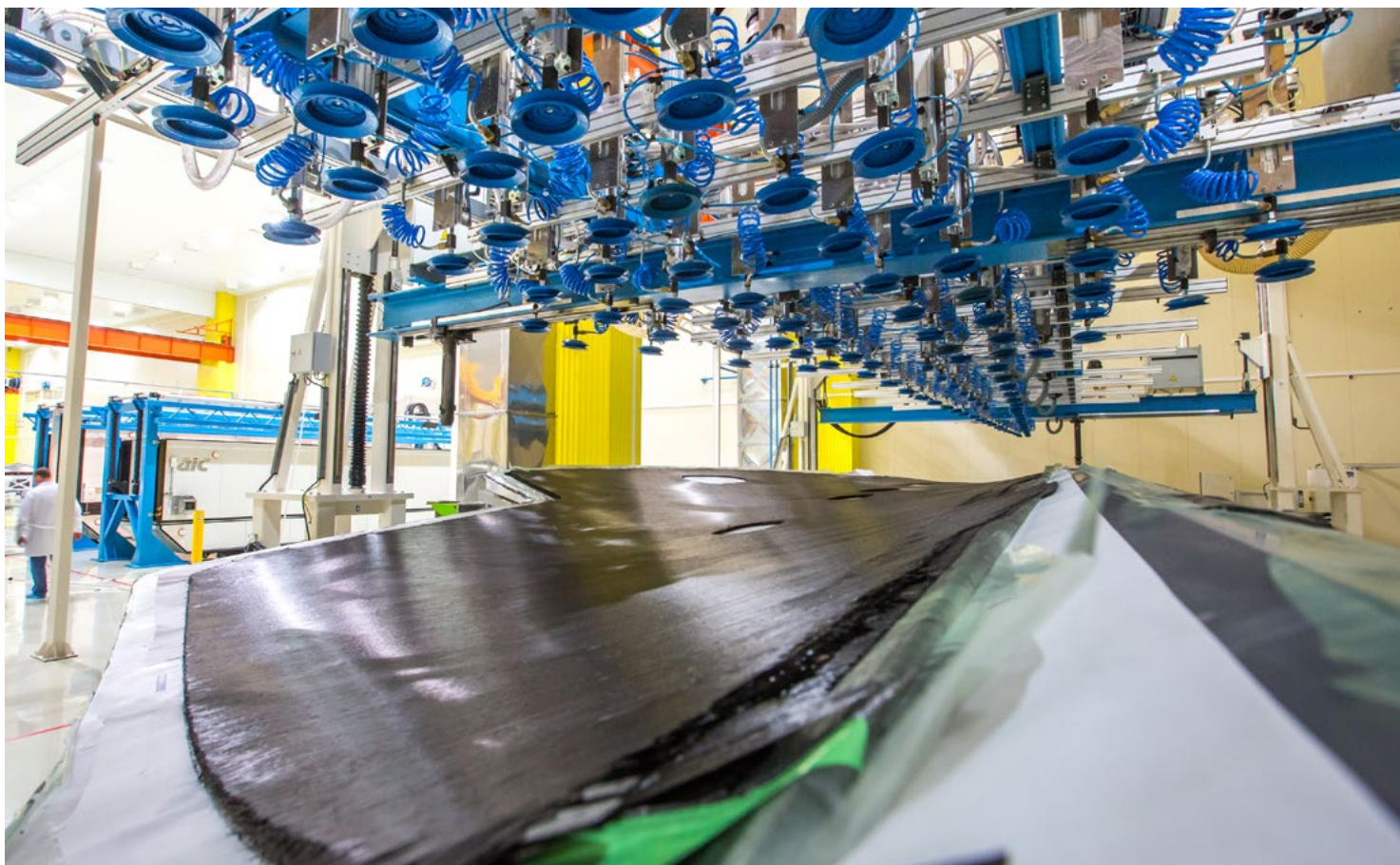
Швейцарии (University of Applied Sciences Rapperswil). Победила Россия.

«АэроКомпозит» начал свой путь десять лет назад, в 2008 году, когда в Объединенной авиастроительной корпорации было принято решение создать специализированный центр компетенций, который бы занимался разработкой и внедрением композитных технологий. Перед молодым коллективом российских специалистов, подключившихся к проекту МС-21, встал вопрос — применение какой технологии позволит создать композитный продукт не только с абсолютно новыми техническими характеристиками, выгодный с экономической точки зрения, но прежде всего отвечающий требованиям авиационной безопасности.

С этого момента началась кропотливая исследовательская работа. Пришлось вновь погружаться в изучение мирового опыта применения композиционных материалов и имеющихся на тот момент технологий в авиастроении. Сначала все изучалось на бумаге, потом были заключены контракты на поставку материала для изготовления первых образцов. Совместно со специалистами комплекса прочности ФГУП «ЦАГИ» были изучены свойства материалов различных групп по разным технологиям. Остановились на инфузионной. Первые опыты с ней проводились в СССР и за рубежом еще в начале 70-х годов, но ниша создания силовых элементов на ее основе никем не была освоена. Для проведения испытаний было изготовлено свыше 3500 конструктивно-подобных образцов.

По мере наполнения конструкторскими и технологическими кадрами «АэроКомпозит» приступил к изготовлению прототипов консолей крыла (9 метров в длину) на производственных площадках зарубежных партнеров. Для испытаний в ФГУП «ЦАГИ» по рабочей конструкторской документации было изготовлено 4 прототипа кессона крыла — два для статических и два для ресурсных испытаний. Выкладка конструкций проходила вручную углеродным материалом шириной в 1,5 метра. Качество получаемого, геометрически сложного изделия, не всегда удовлетворяло специалистов. В связи с этим руководителем «АэроКомпозита» Анатолием Гайданским было выдвинуто предложение поставщикам композиционных материалов (Cytec Engineered Materials и Hexel) — создать под реализацию проекта МС-21 сухой углеродный материал в виде ленты шириной в четверть дюйма для автоматической выкладки изделия. Именно





это ноу-хау закрепило за российскими специалистами статус первопроходцев не только в области внедрения метода вакуумной инфузии, но и автоматизации процесса выкладки изделия. Первый этап испытаний в ФГУП «ЦАГИ» завершили в конце 2011 года. Эта работа показала, что инфузионная технология позволяет организовать оптимальный для программы самолета цикл изготовления изделия. Использование сухого углеродного наполнителя позволяет создавать определенные заделы заготовок (преформ) композитных конструкций, которые могут храниться неограниченное время, а в нужный момент могут быть пропитаны и дальше обработаны, в отличие от применения препрега в автоклавной технологии.

Разработка специалистов «АэроКомпозита» была закреплена двумя российскими патентами, продолжилась отработка технологии в специально созданной на базе «АэроКомпозита» Опытной лаборатории технологий и конструкций из ПКМ. Одновременно встал вопрос о необходимости строительства заводов.

24 августа 2011 года в стенах лаборатории изготовили первую панель. Спустя два месяца была сделана трехстрингерная панель, а 28 ноября 2011 года появилась полуразмерная пятистрингерная панель, которая легла в основу обшивки крыла МС-21. Проведенные лабораторные исследования позволили обрести уверенность в правильности принятых решений и выбранной технологии. По сравнению с автоклавным формованием деталей из препрегов метод вакуумной инфузии имеет ряд

значительных преимуществ. Он позволяет создавать интегральные силовые конструкции за один технологический цикл, исключая дополнительные стыки конструкции и крепеж. Стоит отметить, что применение низкотемпературных печей вместо автоклавов для полимеризации связующего позволяет значительно снизить производственные затраты. Преимуществом инфузионной технологии по сравнению с автоклавной является и безопасность производства (автоклавы относятся к классу взрывоопасного оборудования).

Для строительства завода под реализацию проекта создания композитного крыла и внедрения метода вакуумной инфузии выбрали город Ульяновск. Производственные мощности расположились на площади свыше 90 000 м². Для производства силовых композитных конструкций: лонжеронов, панелей крыла, панелей центроплана, а также дренажных коробов было изготовлено специальное оборудование. Специалисты «АэроКомпозита» на основании автоматизации процесса разработали ряд роботизированных комплексов для реализации специфики инфузионной технологии. Разработанное оборудование минимизирует влияние человеческого фактора, обеспечивая высокую точность и качество изготовления конструкций.

На сегодняшний день схематично процесс создания изделий на предприятии выглядит следующим образом. При помощи установок автоматической выкладки длинномерные элементы конструкции формируются послойно из сухой углеродной ленты (например, панель консоли крыла длиной



18 метров). Затем происходит контролируемая пропитка всей конструкции в вакууме в специальном термоинфузионном центре без применения избыточного давления. После отверждения связующего и получения детали идет механическая обработка излишков материала и, собственно, ее подготовка на сборку.

Наряду с разработкой инфузионной технологии российские специалисты создали на заводе «АэроКомпозит-Ульяновск» уникальное сборочное производство. По принципам создания подобного сборочного производства в России нет, да и в мире присутствуют только отдельные элементы подобного производства. Линия сборки отъемной части крыла самолета МС-21 была разработана с учетом специфики длинномерных композитных конструкций. Ее особенностью является то, что окончательное формирование отъемной части крыла происходит последовательно на специализированных сборочных станциях. При этом стапель сборки кессона крыла не является статической конструкцией, а перемещается от одной станции сборки к другой в соответствии с технологическим процессом.

В апреле 2015 года на Иркутский авиационный завод — филиал ПАО «Корпорация «Иркут» был доставлен первый композитный центроплан с элементами отсека фюзеляжа для сборки первого летного образца самолета МС-21.

Известно, что и Airbus сейчас рассматривает для гражданского лайнера крыло, созданное по инфузионной технологии. И в США экспериментируют с инфузионными технологиями и используют их для

производства некоторых элементов конструкций самолетов (например, гермошпангоут Boeing 787). Однако решатся ли западные коллеги на организацию новых производств — вопрос открытый.

Анализируя полученный результат прочностных испытаний композитных кессонов МС-21-300, проведенных в ЦАГИ в 2017 году, генеральный директор АО «АэроКомпозит» Анатолий Гайданский отметил: «Конструкция на основе инфузионной технологии выдержала нагрузку больше расчетной. Мы имеем дополнительный запас на действие неблагоприятных факторов: на разброс свойств, влагонасыщение, эксплуатационные повреждения, в конце концов, на недостаток опыта эксплуатации композитных конструкций. В 2017 году и в наступившем мы вели и ведем огромный объем испытаний, в том числе в рамках сертификации. Испытываем образцы-свидетели, которые созданы вместе с изготовлением панелей, лонжеронов и прочих изделий, а также образцы, вырезанные из собственно деталей из ПКМ. Результаты испытаний образцов показывают, что разброс свойств находится в допустимом диапазоне. Это говорит о стабильности технологических процессов. Поэтому мы «заморозили» основные технологические процессы. Все изделия выходят с очень большой долей повторяемости, практически не возникает недетерминированных дефектов, которые мы не могли бы объяснить. Поэтому мы можем констатировать, что с точки зрения технологии, мы фактически готовы к переходу на серийное производство».

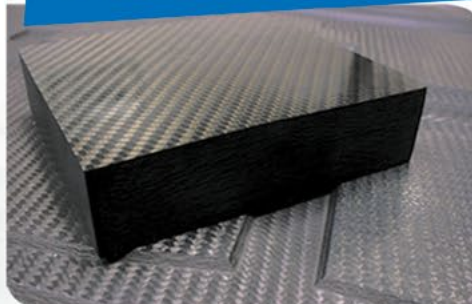
МИРОВОЙ, САМЫЙ КРУПНЫЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬ

МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ВАКУУМНЫХ ПРОЦЕССОВ • МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ
КОМПОЗИТНОЙ ОСНАСТКИ • КОМБИНИРОВАННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

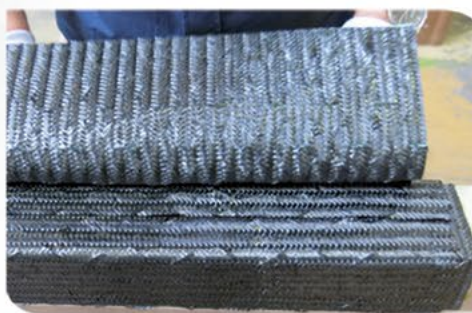
► Пленки с шириной
до 16 м



► Материалы для
оснастки Toolmaster®



Новинка Beta TX670 DISCO



► Combo-Tech



Живая демонстрация



- Вакуумные плёнки
- Разделительные плёнки
- Жертвенные ткани
- Дренажные и впитывающие материалы
- Разделители для оснастки (не жидкости)
- Герметизирующие жгуты
- Липкие ленты
- Материалы для оснастки
- Материалы для вакуумной инфузии
- Резина
- Вакуумные штуцеры и шланги

www.airtechonline.com



AIRTECH
ADVANCED MATERIALS GROUP

Tel. +1 714 899 8100
www.airtechonline.com
airtech@airtechintl.com

AIRTECH
EUROPE Sarl

Tel. +352 58 22 82 1
www.airtech.lu
sales@airtech.lu

TYGAVAC
ADVANCED MATERIALS LTD

Tel. +44 161 947 1610
www.tygavac.co.uk
sales@tygavac.co.uk

AIRTECH
ASIA LTD

Tel. +86 22 8862 9800
www.airtech.asia
airtech.asia@airtechasia.com.cn

БОЛЬШЕ ЧЕМ ПРОИЗВОДИТЕЛЬ, МЫ - ТЕХНИЧЕСКИЙ ПАРТНЕР!

Францев М. Э., к.т.н.
Инжиниринговая компания
«Нептун-Судомонтаж», Директор

УДК 629.12.001

Проценко В. В.
Судостроительная компания
«Нептун-Судомонтаж», Директор



Проектное обоснование и верификация расчетов прочности надстройки из композитов пассажирского амфибийного судна на воздушной подушке

Введение

Выполненные исследования [1–3, 11, 12] показывают, что наиболее предпочтительным для современного пассажирского амфибийного судна на воздушной подушке (далее АСВП) является сочетание легких сплавов для конструкций собственно корпуса и композиционных материалов для конструкций надстройки. Теоретически использование полимерных композитов для изготовления надстройки пассажирского АСВП позволяет обеспечить аэродинамическое совершенство формы надводной части судна в сочетании с необходимой экономией веса конструкции.

Проектирование судовых корпусных конструкций из композитов только на основе учета действующих на них эксплуатационных нагрузок позволяет существенно снизить их массу. Например, теоретически конструкция из композитов на основе углеродного волокна на 45–50% легче по отношению к аналогу из легких сплавов. При этом одновременно происходит снижение расходов в течение жизненного цикла конструкции как минимум на 25%, что может повлечь за собой существенное снижение срока окупаемости затрат на строительство судна. Пока углеродное волокно дорого, но по сообщениям в специализированных периодических изданиях к 2020 году ожидается снижение цен на него до 10 \$ США за кг, что сделает конструкции из композитов на основе углеродного волокна вполне конкурентоспособными.

Отечественное судостроение обладает опытом создания пассажирских АСВП, имеющих надстройки

из композитов. В качестве примеров можно привести АСВП проектов 18801, 18802, 18803 «Пума», проектов 15060 и 15053 «Ирбис», проектов МАРС-2000 и МАРС-3000, проектов АРКТИКА, а также ряд других судов (рисунок 1). Вместе с тем, пока не существует детально разработанной теории проектирования надстроек из композитов для данного типа судов. Отсутствие такой теории в ряде случаев приводит к избыточному весу надстройки из композитов, что в свою очередь ведет к снижению полезной нагрузки АСВП или ухудшению его амфибийных качеств, а часто и тому и другому. Неправильные технологические решения при проектировании в свою очередь влекут за собой преждевременное разрушение композитных конструкций надстроек АСВП и другие проблемы.

Высокие эксплуатационные характеристики АСВП может обеспечить только эффективная оптимальная надстройка из композитов, имеющая минимальное снижение прочности в процессе эксплуатации. Под оптимальной конструкцией из композита понимается конструкция, работающая наилучшим образом при эксплуатационных нагрузках и удовлетворяющая заданному критерию оптимальности. Под эффективностью конструкции понимается степень интеграции ее элементов в единую (не сборную) конструкцию, отнесенную к затратам на ее жизненном цикле. Поэтому эффективность конструкций, а также технологичность их создания и сопровождения на жизненном цикле приобретают особую актуальность. Одним из центральных вопросов обеспечения жизненного цикла эффективной



Рисунок 1. Амфибийные суда на воздушной подушке, имеющие корпус из легких сплавов и надстройку из композитов: 1 — АСВП «Ирбис», 2 — «Пума», 3 — МАРС 2000, 4 — МАРС 3000, 5 — АРКТИКА 4, 6 — АРКТИКА 4Д

оптимальной подсистемы «Надстройка АСВП из композитов» при проектировании является обеспечение ее характеристик прочности и долговечности в течение экономически обоснованного жизненного цикла.

Материалы и методы

Известно, что наибольшую долю в совокупной структуре прямых расходов на эксплуатацию АСВП составляют расходы на топливо. Поэтому, при обосновании основных принципиальных решений в проекте АСВП целесообразно анализировать его интегральные расходные характеристики, включающие полную массу судна, его скорость, мощность главных двигателей, их удельный расход топлива, а также характеристики полезной нагрузки судна — дедвейт и его отдельные статьи. Наибольший интерес среди таких интегральных характеристик представляют:

- Коэффициент утилизации по дедвейту (полезной нагрузке) в виде:

$$\eta = \frac{DW}{D} \quad (1)$$

- Расход топлива на перемещение 1 т дедвейта на 1 км пути в виде:

$$P_{DW} = \frac{qN}{D\eta v} \quad (2)$$

- Расход топлива на перемещение 1 пассажира на 1 км пути в виде:

$$P_{Пасс} = \frac{qN}{\eta v} \quad (3)$$

- где: D — полная масса;
 N — мощность главных двигателей;
 DW — дедвейт (полезная нагрузка);
 q — удельный расход топлива двигателей на номинальном режиме;
 v — скорость крейсерского хода;
 n — пассажироместимость.

Рассмотрим принципы повышения характеристик эффективности АСВП, реализуемых на этапе проектирования за счет повышения его полезной нагрузки. Представим нагрузку масс амфибийного судна на воздушной подушке в виде:

$$D = \sum_{i=1}^n P_i \quad (4)$$

где P_i — статья нагрузки.

Нагрузка масс также может быть представлена в виде:

$$D = \sum_{i=1}^n P_i = D_{пор} + DW \quad (5)$$

где $D_{пор}$ — водоизмещение порожнем.

Для обеспечения необходимых характеристик экономичности пассажирское АСВП должно иметь наибольшее соотношение между его полезной нагрузкой и полной массой:

$$\eta = \frac{DW}{D} \rightarrow \max \quad (6)$$

Дедвейт АСВП может быть представлен как разность между полной массой судна и его водоизмещением порожнем (собственным весом судна), следовательно:

$$\eta = \frac{D - D_{\text{пор}}}{D} \rightarrow \max \quad (7)$$

$$\eta = 1 - \frac{D_{\text{пор}}}{D} \rightarrow \max \quad (8)$$

$$\frac{D_{\text{пор}}}{D} \rightarrow \min \quad (9)$$

Подробнее нагрузка масс АСВП проанализирована в [3]. Изучив основные статьи нагрузки масс, можно увидеть, что основным резервом увеличения полезной нагрузки АСВП является правильное проектирование его корпуса, заключающееся в оптимальном сочетании массы корпуса, его общей и местной прочности.

Подсистема «Корпус» является доминирующей среди подсистем первого уровня декомпозиции судна, как системы. Масса корпуса, в состав которой входят массы собственно корпуса АСВП и его надстройки входит в качестве слагаемого в уравнение нагрузки и может быть выражена, как:

$$D = \sum P_i = P_k + \sum P_{i-1} = q_k(LBH) + \sum P_{i-1} \quad (10)$$

где: P_k — масса по статье нагрузки «Корпус»
 $\sum P_{i-1}$ — масса по статьям нагрузки без статьи «Корпус»;
 L, B, H — длина, ширина, высота корпуса (с надстройкой);
 q_k — кубический модуль, представляющий собой отношение массы корпуса к его объему, определяемый с помощью анализа баз данных.

Оценим эффект от применения в конструкции АСВП надстройки из композитов. Представим полную массу судна в виде:

$$D = \sum P_i = q_k(LBH) + r_m N + r_T Nt + \sum P_{i-3} \quad (11)$$

где: r_m — измеритель по статье «Механизмы»;
 r_T — измеритель по статье «Топливо»;
 t — продолжительность рейса;
 $\sum P_{i-3}$ — масса по статьям нагрузки без статей «Корпус», «Механизмы», «Топливо».

Если неизвестен измеритель r_T , запас топлива может быть рассчитан также по предполагаемой дальности действия АСВП. В этом случае определяется продолжительность предполагаемого рейса по заданному радиусу действия:

$$t = \frac{2l}{kv} \quad (12)$$

где: t — продолжительность окружного рейса, час;
 l — дальность действия АСВП, км;
 k_2 — коэффициент учитывающий снижение линейной скорости за счет непрямолинейной траектории движения, препятствий и других подобных факторов $1 > k = 0,7-0,8$.

$$P_{\text{топл}} = q_T n N t = \frac{2q_T N l}{k_2 v} \quad (13)$$

где q_T — удельный расход топлива главных двигателей на полной мощности.

Для АСВП мощность главных двигателей может быть представлена как:

$$N = a D v \quad (14)$$

где a — коэффициент пропорциональности, определяемый при анализе базы данных.

Подставив выражение (12) в (9), получаем:

$$D = q_k(LBH) + a r_m D v + a D v r_T + \sum P_{i-3} \quad (15)$$

Снижение массы корпуса за счет применения композитов представим как ΔP_k . Снижение массы корпуса позволяет дополнительно снизить массу главных двигателей за счет снижения потребной мощности, достаточной для поддержания заданной скорости. Кроме того, дополнительно может быть уменьшен запас топлива за счет снижения расходных характеристик двигателей. Образовавшаяся экономия полной массы ΔD может быть направлена на увеличение полезной нагрузки судна (например, увеличение количества пассажиров или прием, в дополнение к имеющимся пассажирам, генерального груза), которое может быть представлено в виде:

$$\Delta D = \Delta DW = \Delta P_k + a r_m \Delta P_k v + a r_T \Delta P_k v t = \Delta P_k (1 + a r_m v + a r_T v t) \quad (16)$$

Анализируя уравнение (16) и возвращаясь к интегральным расходным характеристикам АСВП (1-3), можно увидеть, что за счет увеличения полезной нагрузки происходит улучшение эксплуатационных и, как следствие, экономических качеств АСВП. Для повышения потребительских качеств АСВП также образовавшаяся экономия полной массы частично может быть направлена на повышение запаса топлива и, соответственно, увеличение дальности действия судна. Сохранение первоначальной мощности главных двигателей при снижении массы корпуса влечет за собой увеличение энергооборуженности АСВП, что, как правило, способствует повышению его амфибийных качеств.

Материал корпуса АСВП является подсистемой второго уровня декомпозиции по отношению к подсистеме «Корпус». Характеристики материала

корпуса входят в качестве множителя в уравнение прочности:

$$M_{\max} = k\sigma_0 W \quad (17)$$

где: M_{\max} — предельный изгибающий момент от общего изгиба АСВП в наиболее неблагоприятном случае эксплуатационной нагрузки;
 σ_0 — предел прочности материала;
 k — коэффициент пропорциональности;
 W — момент сопротивления поперечного сечения эквивалентного бруса на миделе судна.

Предельный изгибающий момент при общем изгибе АСВП в наиболее неблагоприятном случае эксплуатационной нагрузки также может быть выражен как:

$$M_{\max} = \frac{DL}{k_1} \quad (18)$$

где k_1 — коэффициент пропорциональности.

Момент сопротивления поперечного сечения эквивалентного бруса на миделе АСВП может быть представлен как:

$$W = \frac{\eta_k F H}{k_1} \quad (19)$$

где: F — площадь поперечного сечения эквивалентного бруса на миделе;
 η_k — коэффициент утилизации профиля эквивалентного бруса.

Приравнявая выражения (18) и (19) получим:

$$\frac{DL}{k_1} = \frac{k\sigma_0 \eta_k F H}{2} \quad (20)$$

Выражение (20) отражает степень влияния материала корпусных конструкций АСВП на его полную массу и, как следствие, на характеристики полезной нагрузки.

Известно, что характеристики сопротивления АСВП включают составляющие, связанные с движением по водной поверхности или твердому экрану, а также составляющие, связанные с его воздушным сопротивлением. Составляющие сопротивления, связанные с движением по водной поверхности или твердому экрану, обусловлены в большой степени конструкцией и формой гибкого ограждения (ГО) воздушной подушки. Составляющие сопротивления АСВП, связанные с его воздушным сопротивлением, в большой степени обусловлены формой его надстройки. [1–3]

В соответствии со сложившейся в отечественном судостроении практикой, наиболее предпочтительным материалом для постройки скоростных судов считаются легкие сплавы. В то же время, придание конструкциям из легких сплавов совершенных аэродинамических форм связано с применением достаточно сложных технологий обработки и, как

следствие, с большими затратами. Поэтому, как было сказано выше, наиболее предпочтительным для подсистемы «Корпус» АСВП является сочетание легких сплавов для собственно корпуса, находящегося внутри ГО, и композитов для надстройки.

Из условия обеспечения прочности корпуса АСВП при общем изгибе (20) может быть выражен предел прочности материала корпуса:

$$\sigma_0 = \frac{2DL}{k k_1 \eta_k F H} \quad (21)$$

Момент сопротивления эквивалентного бруса АСВП без учета площади продольного набора, которая, как правило, невелика, на этом этапе разработки проекта может быть представлен, как:

$$W = \eta_k (B + H) t_{cp} H \quad (22)$$

где t_{cp} — средняя толщина обшивки эквивалентного бруса.

Условие обеспечения общей прочности (17) справедливо как для эквивалентного бруса из легких сплавов, так и для эквивалентного бруса из композитов. Подставив в уравнение общей прочности выражение (22), получаем:

$$\eta_k (B + H) t_{cpKM} H \sigma_{0KM} = \eta_k (B + H) t_{cpLC} H \sigma_{0LC} \quad (23)$$

где: t_{cpKM} , t_{cpLC} — средняя толщина обшивки надстройки из композита и корпуса из легкого сплава;
 σ_{0KM} , σ_{0LC} — пределы прочности, соответственно, композита и легкого сплава.

Выражение (23) является условием совместной деформации корпуса АСВП, изготовленного из легких сплавов и надстройки АСВП, изготовленной из композитов. После преобразования это условие будет иметь вид:

$$\frac{t_{cpLC}}{t_{cpKM}} = \frac{\sigma_{0LM}}{\sigma_{0LC}} \quad (24)$$

Выражение (21) позволяет определить предел прочности композита и его среднюю толщину при условии совместной деформации при общем изгибе корпуса, состоящего из нижней части (собственно корпуса АСВП), изготовленной из легких сплавов, и верхней части (надстройки АСВП), изготовленной из композита. Средняя толщина обшивки надстройки t_{cp} также может быть определена из уравнения прочности в виде:

$$t_{cp} = \frac{DL}{k_1 \eta_k (B_{габ} + H) H \sigma_{0KM}} \quad (25)$$

Полученное значение средней толщины надстройки АСВП из композитов, определенное из условия обеспечения общей прочности, также проверяется по условиям обеспечения местной прочности и при необходимости корректируется.

Известно, что наибольшую часть массы корпуса АСВП составляет масса наружной обшивки, а на

долю набора, фундаментов и подкреплений редко приходится более 15% массы корпуса. [1–3, 12] Поэтому на начальных этапах расчетов массы и прочности корпус АСВП может рассматриваться как оболочка. Представим массу корпуса АСВП в виде двух слагаемых:

$$P_{\text{кор}} = P_{\text{ЛС}} + P_{\text{КМ}} = \rho_{\text{ЛС}} b_{\text{ЛС}} t_{\text{СРЛС}} a_1 (LB + 2BH^* + 2LH^*) + \rho_{\text{КМ}} b_{\text{КМ}} t_{\text{СРКМ}} a_2 \delta_{\text{Н}} (L_{\text{Н}} V_{\text{Н}} H_{\text{Н}})^{2/3} \quad (26)$$

где: $P_{\text{кор}}$, $P_{\text{ЛС}}$, $P_{\text{КМ}}$ — масса корпуса, масса его части из легких сплавов и масса надстройки из композитов;
 L , B — длина и ширина корпуса;
 H^* — высота борта корпуса из легких сплавов;
 $L_{\text{Н}}$, $V_{\text{Н}}$ — габаритная длина и ширина надстройки;
 $H_{\text{Н}}$ — высота надстройки;
 $\delta_{\text{Н}}$ — коэффициент полноты формы надстройки;
 a_1 , a_2 — коэффициенты пропорциональности;
 $b_{\text{ЛС}}$ — коэффициент, позволяющий учесть массу набора в массе корпуса из легкого сплава;
 $b_{\text{КМ}}$ — коэффициент, позволяющий учесть массу набора в массе композитной надстройки;
 $t_{\text{ЛС}}$ — средняя толщина корпуса из легких сплавов;
 $t_{\text{КМ}}$ — средняя толщина надстройки из композитов;
 $\rho_{\text{ЛС}}$ — плотность легкого сплава, определяемая по таблице;
 $\rho_{\text{КМ}}$ — плотность композита, определяемая по формуле:

$$\rho_{\text{КМ}} = \frac{k_{\text{СВ}} \rho_{\text{СВ}} + k_{\text{АРМ}} \rho_{\text{АРМ}}}{2} \quad (27)$$

где: $\rho_{\text{СВ}}$ — удельный вес связующего;
 $k_{\text{СВ}}$ — коэффициент, учитывающий содержание связующего в составе композиции;
 $\rho_{\text{АРМ}}$ — удельный вес армирующих материалов;
 $k_{\text{АРМ}}$ — коэффициент, учитывающий содержание армирующих материалов в составе композиции.

Часть корпуса АСВП, изготовленная из легких сплавов и находящаяся внутри ГО, как правило, имеет упрощенную форму. Наличие переборок и другого крупного набора в ней учитывается коэффициентом $b_{\text{ЛС}}$.

При анализе уравнений (4–6, 24) при фиксированных размерах АСВП (L , B , $H = \text{const}$) определяется условие обеспечения минимального водоизмещения порожнем (собственного веса судна) и, соответственно, максимума полезной нагрузки. Минимизация водоизмещения порожнем АСВП обеспечивается за счет минимизации массы корпуса и надстройки при прочих равных других статьях нагрузки. При этом существует необходимость

обеспечения характеристик прочности и долговечности корпуса, то есть его жизненного цикла. Условие минимизации массы корпуса:

$$P_{\text{К}} = \rightarrow \min \quad (28)$$

Как было сказано выше, нижняя часть корпуса АСВП из легких сплавов подвергается ряду эксплуатационных воздействий при движении в расчетном режиме, поэтому при анализе уравнения (26) можно увидеть, что для АСВП с надстройкой из композитов при фиксированных геометрических размерах корпуса условие его весовой эффективности (28) трансформируется в условие минимизации толщины обшивки надстройки:

$$t_{\text{СР}} = \rightarrow \min \quad (29)$$

Можно рассматривать поверхность корпуса и надстройки АСВП в виде двух участков. Первым участком является часть корпуса упрощенной формы, находящаяся внутри ГО. Она, как правило, изготавливается из легких сплавов. Вторым участком является поверхность надстройки (рубки) судна, которую целесообразно изготавливать из композиционных материалов. Обе части входят в состав эквивалентного бруса и обеспечивают общую прочность АСВП.

Рассмотрим элемент поперечного сечения корпуса и надстройки длиной ΔL . (рисунок 2) Выделим на поверхности нижней части корпуса элементарную дугу $S_{\text{К}i}$, а на поверхности надстройки $S_{\text{Н}j}$. Отнесем к площадке $S_{\text{К}i} \Delta L$ массу всех конструкций G_i , находящихся на этой площадке. Соответственно, к площадке $S_{\text{Н}j} \Delta L$ будет отнесена масса всех конструкций G_j , находящихся на этой площадке. Тогда масса первого участка может быть представлена как:

$$P_1 = \sum \sum G_i S_{\text{К}i} \Delta L \quad (30)$$

Масса второго участка может быть определена как:

$$P_2 = \sum \sum G_j S_{\text{Н}j} \Delta L \quad (31)$$

Определим моменты относительно плоскости мидель — шпангоута и основной плоскости для каждого элементарного участка. Соответственно, для нижней части (собственно, корпуса) и верхней части (надстройки) корпуса АСВП запишем:

$$M_{1x} = \sum \sum G_i S_{\text{К}i} X_i \Delta L \quad (32)$$

$$M_{2x} = \sum \sum G_j S_{\text{Н}j} X_j \Delta L \quad (33)$$

$$M_{1z} = \sum \sum G_i S_{\text{К}i} Z_i \Delta L \quad (34)$$

$$M_{2z} = \sum \sum G_j S_{\text{Н}j} Z_j \Delta L \quad (35)$$

Масса всего корпуса АСВП равна:

$$P_1 + P_2 = \sum \sum G_i S_{\text{К}i} \Delta L + \sum \sum G_j S_{\text{Н}j} \Delta L \quad (36)$$

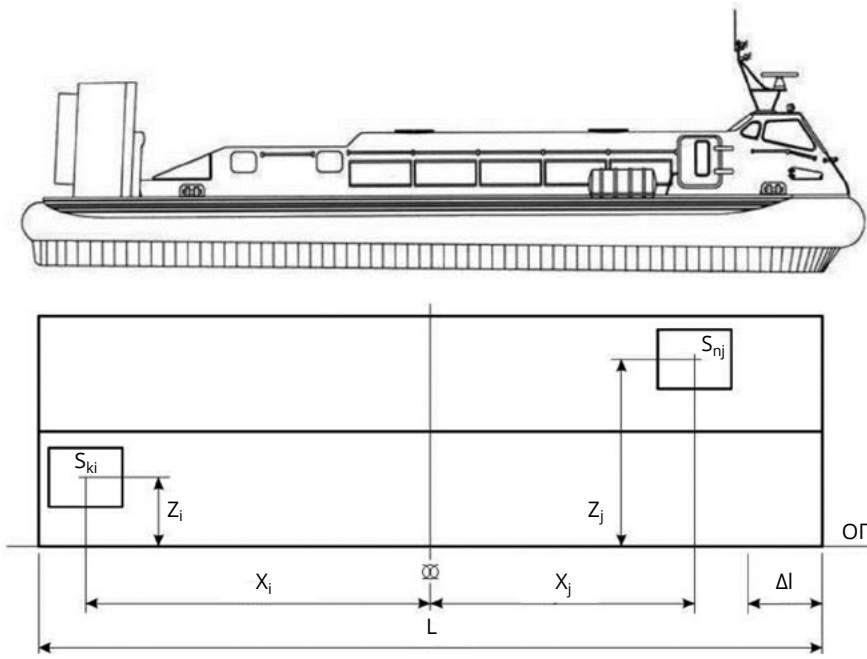


Рисунок 2. Расчетная схема для определения массы корпуса АСВП, сочетающего в конструкции легкие сплавы и композиционные материалы

Координаты его центра тяжести определяются, как:

$$X_{gk} = \frac{(M_{1x} + M_{2x})}{P_k} = \frac{(\sum \sum G_i S_{ki} X_i \Delta L) + (\sum \sum G_j S_{nj} X_j \Delta L)}{\sum \sum G_i S_{ki} \Delta L + \sum \sum G_j S_{nj} \Delta L} \quad (37)$$

$$Z_{gk} = \frac{(M_{1z} + M_{2z})}{P_k} = \frac{(\sum \sum G_i S_{ki} Z_i \Delta L) + (\sum \sum G_j S_{nj} Z_j \Delta L)}{\sum \sum G_i S_{ki} \Delta L + \sum \sum G_j S_{nj} \Delta L} \quad (38)$$

Используя выражения (30–38), варьируя толщину и другие характеристики материалов корпуса и надстройки АСВП, можно оптимизировать массу корпуса и надстройки судна, обеспечивая положение центра тяжести судна в соответствии с условиями, определенными из уравнения ходкости и необходимого дифферента. Изменение весовых и механических характеристик материалов корпуса и надстройки АСВП позволяет, в определенных пределах, управлять положением центра тяжести по высоте, что дает возможность влиять на характеристики остойчивости судна.

Надстройка пассажирского амфибийного судна на воздушной подушке представляет собой многослойную оболочку обтекаемой формы, изготовленную из полимерных композитов. Надстройка крепится по периметру к металлическому корпусу судна, изготовленному из алюминиевых сплавов, с помощью соединений, технология изготовления которых достаточно отработана.

В дополнение к нагрузкам от общего изгиба корпуса АСВП, на поверхность его нижней части, изготовленной из легких сплавов, действует комплекс локальных статических и динамических нагрузок. Поверхность надстройки из композитов подвергается эпизодическим внешним воздействиям локальных нагрузок, имеющих существенно меньшую величину и принципиально иной характер. Конструкции корпуса и надстройки АСВП обеспечивают прочность при действии этих различающихся нагрузок, поэтому имеют различную площадь поперечного сечения и, соответственно, различную массу единицы поверхности.

Особенности конструкции корпусов судов из

композитов в целях расчета местной прочности позволяют применить положения теории тонких оболочек. Поэтому можно рассматривать каждый элемент поверхности корпуса и надстройки как отдельную пластину или оболочку. При этом вся поверхность корпуса и надстройки разбивается на семейство многослойных пластин и оболочек из композитов, для каждой из которых существует методика расчета. Это семейство пластин и оболочек позволяет с достаточно высокой степенью достоверности описать практически любую поверхность корпуса АСВП и его надстройки из композитов. Такая разбивка, являясь достаточно условной, в то же время позволяет упростить задачу в пределах достоверности.

При практическом расчете оболочек реальная анизотропная структура может быть заменена эквивалентной по механическим свойствам ортотропной, имеющей одинаковые с первой нормальные модули упругости и коэффициенты Пуассона в различных направлениях. Элемент многослойной конструкции при этом рассматривается как пластина или оболочка, состоящая из n числа слоев, изготовленных из ортотропных материалов (рисунок 3). Метод расчета анизотропной конструкции, основанный на сведении ее к ортотропной, позволяет с достаточной для практических целей точностью решить целый ряд инженерных задач. [4]

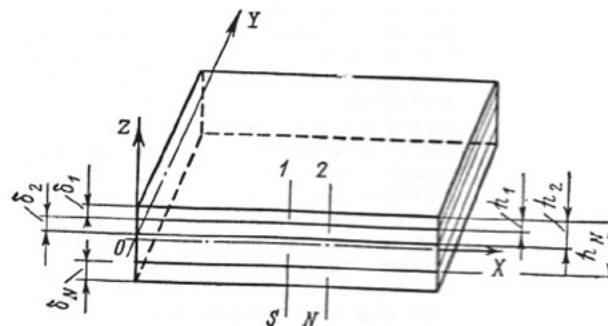


Рисунок 3. Элемент многослойной конструкции

Создание конструкции из композита представляет собой решение триединой задачи. Это выбор армирующих и связующих материалов для композита (стеклокомпозит, углекомпозит), разработка его конструкции (схем армирования, послойной структуры, определение мест расположения подкрепляющих и усиливающих элементов конструкции, закладных деталей и др.), а также технологии его изготовления (контактное формование, вакуумная инфузия и проч.). На этапе разработки проекта надстройки АСВП рассматриваются все эти вопросы.

Проектирование надстройки из композитов пассажирского АСВП по критерию весовой эффективности с позиций обеспечения характеристик ее долговечности представляет собой взаимосвязанную последовательность принятия проектных решений, опирающихся на специально разработанные методы и технологии. Оно увязано с общей схемой оптимизации проектных характеристик АСВП. Появляется возможность обеспечить пассажирскому судну, имеющему в конструкции крупный элемент из композитов в виде надстройки, необходимые эксплуатационные качества, включая обеспечение технико-экономических требований. Требование весовой эффективности надстройки АСВП из композитов обуславливает ограничение ее толщины и связанные с этим повышенные требования к ее прочности и устойчивости в течение всего жизненного цикла.

Для проектирования и изготовления эффективных оптимальных судовых корпусных конструкций из композитов предпочтительны технологии формования, способные изменять параметры оптимизации конструкций в широких пределах. При этом функциональные возможности технологий проектирования и осуществления процессов формования должны быть согласованы для работы в установленных диапазонах изменения параметров оптимизации. При разработке таких согласованных технологий возникает новый класс задач, которые требуют согласованных решений как на техническом уровне, так и на уровне исследований.

К согласованным задачам относятся также задачи конструкторского и технологического проектирования. Известно, что оптимальные анизотропные конструкции несут нагрузки различной физической природы (силовые, тепловые, световые, избыточная влажность, низкие температуры и др.) которые вызывают существенные механические напряжения в материале. Их нужно армировать в соответствии с совокупностью (схемой) направлений (траекторий) распространения напряжений (деформаций) внутри тела конструкции. При этом армирующие

материалы должны располагаться в теле судовой корпусной конструкции из композита установленным при оптимизации образом. Это эквивалентно построению модели процесса формообразования, использующей найденные значения параметров оптимизации, найденные эквивалентные реализуемые траектории и очередность укладки армирующих материалов на изменяющуюся поверхность выкладки, а также ограничению исполнительной системы формообразования. В результате такого проектирования можно получить виртуальную пространственную модель армированной анизотропной конструкции, которую можно подвергнуть анализу. Несколько итераций подобного анализа и синтеза приведет к технологически реализуемой оптимальной конструкции.

Связной задачей является задача обеспечения качества композита при ограниченной производительности исполнительной системы формования и ограниченном времени жизни связующего материала, которая сводится к задаче синтеза соответствующих схем армирования и одновременной пропитки их связующим. В настоящее время существуют возможности создания конкурентоспособных технологий и обеспечивающей их инфраструктуры, позволяющих обеспечить высокие эксплуатационные качества крупных элементов скоростных судов из полимерных композитов за счет создания эффективных оптимальных судовых корпусных конструкций из этих материалов.

Известно, что использование различных технологий изготовления судовых корпусных конструкций из композита сопровождается появлением технологических дефектов типа расслоение (непроклей), которые влекут за собой снижение характеристик прочности (рисунок 4). В дальнейшем под влиянием доминирующих факторов эксплуатации возможен рост внутренних дефектов типа расслоение технологической природы, а также возникновение и последующий рост внутренних дефектов типа расслоение эксплуатационной природы. Это обстоятельство требует от проектанта выполнения при оценке прочности судовой корпусной конструкции из композитов специального расчета, направленного на учет влияния внутренних дефектов технологической и эксплуатационной природы на прочность элемента конструкции [5–7].

Способ расчета прочности элемента судовой корпусной конструкции из композита, содержащего внутренние дефекты типа расслоение, выполняется в следующей последовательности:

- определяются внешние нагрузки, действующие на элемент судовой корпусной конструкции из

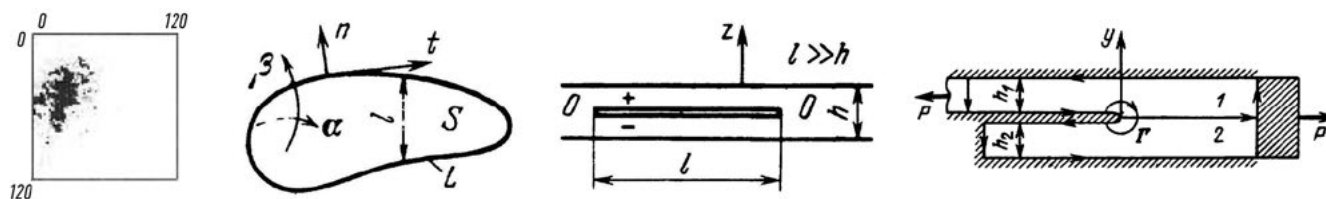


Рисунок 4. Базовые модели дефекта типа расслоение (По Черепанову Г. П.)

композиатов, содержащий внутренние дефекты типа расслоение, в режиме нормальной эксплуатации;

- определяется расчетная схема элемента судовой корпусной конструкции из композиатов в месте выявленного дефекта для целой конструкции и для этой же конструкции, содержащей дефект;
- введением понижающих коэффициентов определяются расчетные параметры (модуль Юнга, коэффициент Пуассона), позволяющие учесть изменение характеристик долговечности композиционного материала для данного элемента корпусной конструкции;
- производится расчет прочности для элемента конструкции, в котором выявлен дефект, для целостного состояния;
- производится расчет прочности для элемента конструкции, в котором выявлен дефект, при наличии дефекта;
- производится сравнение полученной величины напряжения, действующего в элементе судовой корпусной конструкции из композиатов для случая ее целостного состояния, с величиной предельно допустимого напряжения, определенного с учетом изменения характеристик долговечности композиционного материала в процессе эксплуатации для проверки правильности расчетной схемы элемента конструкции;
- производится сравнение полученной величины напряжения, действующего в расслоившемся элементе судовой корпусной конструкции из композиатов, с величиной предельно допустимого напряжения, определенного с учетом изменения характеристик долговечности композиционного материала в процессе эксплуатации;
- производится сравнение полученной величины напряжения, действующего в расслоившемся элементе судовой корпусной конструкции из композиатов, с величиной предельно допустимого напряжения, вычисленного из условия разрушения.

Предел утраты прочности конструкции определяется достижением геометрическим параметром (площадью) внутреннего дефекта типа расслоение величины, при которой действующие в конструкции напряжения превышают предельно допустимый уровень, установленный нормами проектирования. В качестве опасных напряжений принимаются пределы прочности стеклокомпозита при сжатии, растяжении и сдвиге, уменьшенные в соответствии с ожидаемым влиянием эксплуатационных факторов, либо эйлеровы напряжения связи, определенные с учетом сдвига. Назначение опасных напряжений для судовой конструкции из композитных материалов производится дифференцированно, в зависимости от условий работы той или иной связи. Нормы опасных напряжений учитывают длительность и характер действия нагрузки, а также изменение работоспособности конструкций с различным армированием в зависимости от этих факторов.

Оценка изменения прочностных свойств кон-

струкции представляет собой сопоставление ее прочности, проверенной в соответствии с действующими нормами проектирования для новой конструкции, и прочностных свойств той же конструкции, рассчитанных с учетом наличия в ней внутренних дефектов типа расслоение, возникших в процессе эксплуатации и имеющих определенную площадь. Она производится одновременно двумя способами:

- путем вычисления нормальных расчетных напряжений от местного изгиба в месте расслоения дискретно, без рассмотрения пограничных областей, и сравнения полученных значений напряжений с предельно допустимыми значениями напряжений, вычисленными с учетом старения композита для данной связи корпуса;
- подстановки измеренной дефектоскопом величины площади дефекта в формулу Гриффитса или в формулу Ирвина и вычисления при помощи этих формул значения величины критического напряжения, в предположении, что размер дефекта данной площади является критическим.

В случае если величина полученного критического напряжения превышает предельно допустимое значение напряжения, вычисленное с учетом старения композита для данной связи корпуса, размер дефекта превышает предельно допустимое значение.

Как было сказано выше, особенности конструкции надстройки АСВП из композиатов позволяют применить положения теории тонких оболочек, когда каждый элемент надстройки рассматривается как отдельная многослойная оболочка, для каждой из которых существует своя методика расчета. Необходимо отметить, что большинство участков надстройки АСВП имеет трехслойную структуру с легким средним слоем (рисунок 5).

Расчет многослойных оболочек из материалов с различными упругими характеристиками конструктивных слоев и упругими свойствами каждого слоя в разных направлениях требует вычисления жесткостей каждого слоя. Суть преобразований приведенных жесткостей состоит в том, что для общего случая конструктивно многослойных оболочек с ортотропными слоями, отличающимися по геометрическим размерам и материалам, упругие свойства приводятся к условному изотропному материалу внутреннего слоя. Параметры жесткостей конструкции приводятся к срединной поверхности оболочки. При расчете оболочек при выводе формул пренебрегается влиянием сближения внешних и внутренних слоев, что позволяет принять модуль упругости заполнителя в направлении нормали к срединной поверхности равным бесконечности. Принимается равным нулю нормальный модуль упругости заполнителя, то есть в выражение изгибной жесткости трехслойной конструкции вводятся данные только несущих слоев. Учет анизотропии производится использованием приведенных модуля упругости и коэффициента Пуассона, вычисленных как среднее геометрическое этих величин по

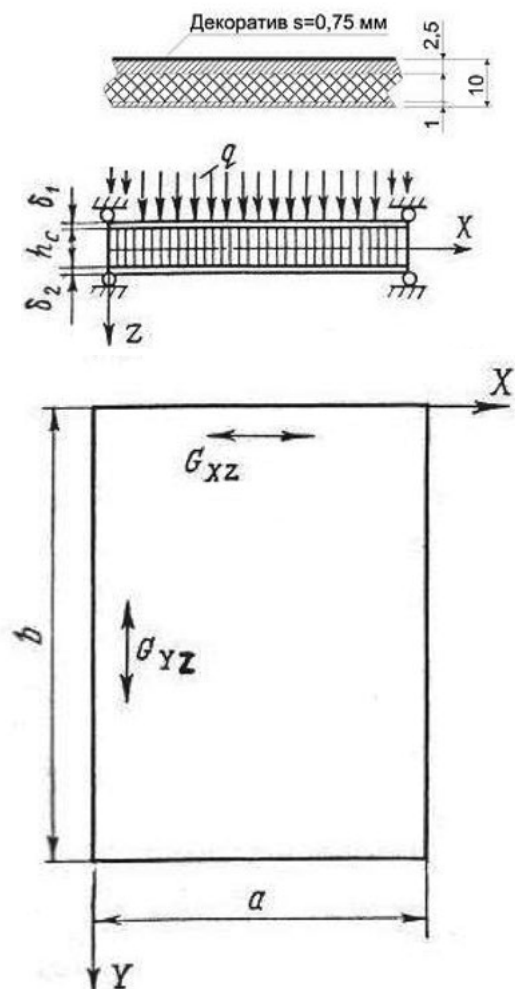


Рисунок 5. Пример расчетной схемы плоской трехслойной пластины с легким средним слоем

направлениям осей координат композиционного материала. [4]

Так, например, величина $E_{пр}^i$ определяется в случае анизотропии материала для пластины двухслойной конструкции или трехслойной конструкции с легким наполнителем по формуле:

$$E_{пр} = [E_{1и}E_{2в}E_{1н}E_{2н}]^{1/4} \quad (39)$$

где $E_{1в}, E_{2в}, E_{1н}, E_{2н}$ — модули упругости по направлениям соответственно для верхнего и нижнего слоев.

Для ортотропной панели коэффициенты Пуассона могут быть определены как:

$$\nu_{в} = [\nu_{1и}\nu_{2в}]^{1/2}, \nu_{н} = [\nu_{1н}\nu_{2н}]^{1/2} \quad (40)$$

где $\nu_{1в}, \nu_{2в}, \nu_{1н}, \nu_{2н}$ — коэффициенты Пуассона по направлениям соответственно для верхнего и нижнего слоев. [6]

При разрезанном среднем слое с малой жесткостью могут возникать существенные взаимные смещения внешнего и внутреннего слоев оболочки. Существует методика, позволяющая учитывать нелинейные деформации поперечного сдвига.

Напряжения в i -элементе абсолютно жесткой

целой пластины определяются как:

$$\sigma^i = \frac{M_{изг}^i E_{пр}^i (z - z_0)}{D_i} \quad (41)$$

где: $M_{изг}$ — изгибающий момент в центре пластины или в опорном сечении;
 $E_{пр}$ — приведенный модуль упругости;
 z — половина расстояния между срединными поверхностями слоев;
 z_0 — смещение нейтральной поверхности от срединной;
 D_i — цилиндрическая жесткость на изгиб.

Приведенный модуль упругости определяется как:

$$E_{пр}^i = [E_{в}E_{н}]^{1/2} \quad (42)$$

где $E_{в}, E_{н}$ — модули упругости соответственно верхнего и нижнего слоев.

Цилиндрическая жесткость на изгиб для целой трехслойной несимметричной пластины с легким наполнителем определяется как:

$$D = \frac{E_{в}\delta_{в}^3}{12(1-\nu_{в}^2)} + \frac{E_{в}\delta_{в}}{1-\nu_{в}^2} \left(H - z_0 - \frac{\delta_{в}}{2} \right)^2 + \frac{E_{н}\delta_{н}^3}{12(1-\nu_{н}^2)} + \frac{E_{н}\delta_{н}}{1-\nu_{н}^2} \left(z_0 - \frac{\delta_{н}}{2} \right)^2 \quad (43)$$

где H — высота сечения пластины. [4]

Напряжения в i -элементе абсолютно жесткой расслоившейся пластины определяются как:

$$\sigma_{рас}^i = \frac{M_{изг}^i E_{пр}^i (z - z_0)}{D_{рас}^i} \quad (44)$$

Цилиндрическая жесткость на изгиб для расслоившейся трехслойной несимметричной пластины с легким наполнителем определяется как: [4]

$$D_{рас} = \frac{E_{в}\delta_{в}^3}{12(1-\nu_{в}^2)} + \frac{E_{н}\delta_{н}^3}{12(1-\nu_{н}^2)} \quad (45)$$

Учитывая сложные конфигурации дефектов, с определенной степенью достоверности, размер дефекта может быть представлен как:

$$l = \sqrt{S_D} \quad (46)$$

где S_D — площадь дефекта, определенная дефектоскопом.

Тогда формула расчета критического напряжения в районе расположения дефекта с использованием критерия Гриффитса будет иметь вид:

$$\sigma_c = \left[\frac{\gamma E_{пр}}{\pi(S_D)^{1/2}(1-\nu^2)} \right]^{1/2} \quad (47)$$

Формула расчета критического напряжения с использованием критерия Ирвина примет вид:

$$\sigma_c = K_c \left[\frac{1}{\pi(S_d)^{1/2}} \right]^{1/2} \quad (48)$$

Величины γ или K_c , определяемые экспериментальным путем, принимаются по справочной литературе. [7]

Условие обеспечения прочности конструкции в зоне расслоения может быть записано как:

$$\sigma_{\text{рас}}^i \leq \sigma_0 \quad (49)$$

Условие нераспространения дефекта может быть записано как:

$$\sigma_{\text{рас}}^i \leq \sigma_c \quad (50)$$

В случае невыполнения условия (49, 50) можно говорить о достижении дефектом размеров, при которых при эксплуатационных нагрузках может возникнуть его уверенный рост.

Известно, что при развитии расслоения на величину, меньшую некоторой критической, между краями остаются некоторые остаточные упругие спайки, уменьшающие действующие в зоне расслоения напряжения. Лишь при достижении некоторого критического расстояния между слоями эти спайки окончательно разрушаются, и слои композита перестают каким-либо образом взаимодействовать друг с другом [5]. Благодаря наличию этих спаек расчетные формулы обеспечивают запас в безопасную сторону и, опираясь на выполненный расчет, предъявляется требование ремонта корпусной конструкции, когда до ее разрушения еще далеко.

Как было сказано выше, в настоящее время не существует полноценной теории проектирования надстроек из композитов АСВП. Поэтому при создании надстройки АСВП проекта «Нептун-23», которая была разработана только на основе учета действующих на нее эксплуатационных нагрузок, и при сертификации проекта по Правилам Российского Речного Регистра (далее РРР), перед проектантом и экспертом РРР, рассматривавшим

данный проект, в роли которого выступал один из авторов этой статьи, встал ряд вопросов по обоснованию некоторых проектных методик, в первую очередь, в области расчетов прочности.

В результате для выполнения прочностных расчетов надстройки АСВП проекта «Нептун-23» был выбран ряд методик из области проектирования судов на подводных крыльях (далее СПК) с корпусами и надстройками, изготовленными из легких сплавов. Далее эти методики были адаптированы для надстройки из полимерного многослойного композита.

Год спустя под руководством одного из авторов статьи в МГТУ им. Баумана в рамках одной из Федеральных целевых программ была разработана методика проектирования надстройки из композитов пассажирского СПК, включающая проектные обоснования расчетов прочности. Но при сертификации проекта АСВП «Нептун-23» по Правилам РРР эти методики еще не были разработаны.

Определение исходных матричной и армирующей фаз композита и схем армирования, а также обоснование выбора материалов, схем и способов закрепления закладных деталей надстройки при проектировании надстройки АСВП проекта «Нептун-23» при проектировании было произведено с учетом предполагаемых технологий ее изготовления. Для обеспечения необходимых экономических параметров изделия при изготовлении его малой серией было применено контактное формование. В качестве основных матричных и армирующих материалов для изготовления надстройки были применены стеклоткань, стеклоткань и полиэфирная смола. В качестве материала легкого среднего слоя надстройки из композитов были использованы пенопласты.

Для верификации прочностных расчетов надстройки из композитов пассажирского АСВП «Нептун-23» было принято решение производить ее исследования методами неразрушающего контроля в процессе эксплуатации судов этого проекта на их жизненном цикле.

Одним из наиболее удобных мест для выполнения данной работы было Самарское речное пассажир-



Рисунок 6. Амфибийное судно на воздушной подушке проекта «Нептун-23»

ское предприятие (г. Самара), в эксплуатации которого на протяжении ряда лет находятся три АСВП проекта «Нептун-23», введенные в эксплуатацию с разницей в один год. Эти АСВП эксплуатируются в основных расчетных режимах: при движении на открытой воде, при движении по битому льду, при движении по целому льду, по торосам и пр.

При исследовании АСВП «Нептун-4», «Нептун-7», «Нептун-8» находились на ступель-тумбах на территории причальной стенки Речного вокзала города Самары. Доступ ко всем судовым корпусным конструкциям из композитов был обеспечен в основном с наружной стороны в связи с тем, что внутренние поверхности конструкций из композитов в пассажирских помещениях и в ходовых рубках закрыты зашивками и изоляцией. Поэтому внешний осмотр и исследование методами неразрушающего контроля производились при одностороннем доступе.

Внешнему осмотру и исследованиям методами неразрушающего контроля подвергались: наружные поверхности ходовой рубки, наружные поверхности надстройки в районе пассажирского салона, район воздухозаборников нагнетателей. Только внешнему осмотру подвергались двери и крышки люков. Только внешнему осмотру подвергались также кольцевые насадки воздушных винтов правого и левого бортов в связи с тем, что доступ к их внутренним поверхностям был невозможен без демонтажа ограждений насадок, а доступ к их наружным поверхностям был невозможен без демонтажа облицовок насадок.

В качестве инструмента неразрушающего контроля использовался акустический дефектоскоп ДАМИ-С, реализующий импедансный метод и метод свободных колебаний. В качестве основного метода неразрушающего контроля в приборе реализован импедансный амплитудно-фазовый метод звукового и ультразвукового контроля в частотном диапазоне 1...40 kHz с применением сухого точечного контакта при одностороннем доступе.

Учитывая многообразие сочетаний конструктивных элементов, схем армирования и расположения подкреплений в надстройке АСВП из композитов, обнаружение внутренних дефектов типа расслоение (непроклей) опиралось на сочетание различных методов неразрушающего контроля, реализуемых дефектоскопом, в сочетании с различными преобразователями. Выбор метода контроля и типа преобразователя определялся экспериментально для каждого элемента конструкции.

При контроле элементов конструкций с внутренними элементами, обладающими газонаполненной структурой (пенопластами), контролю подвергались слои, расположенные до газонаполненной структуры. При этом наибольшее внимание было уделено наиболее нагруженным связям, расположенным в верхнем поясе эквивалентного бруса, имеющим наибольшее влияние на обеспечение общей прочности АСВП. Подробнее такого рода исследования описаны в [8–9].

Исследование методами неразрушающего контроля производилось со следующими целями:

- определение качества проектирования и изготовления конструкции, а также адекватности применения проектных методик расчета прочности, разработанных конструктивных схем изделия, технологий его изготовления и исходных материалов для формования композита;
- выявление мест расположения внутренних дефектов типа расслоение технологической природы для последующего определения степени влияния этих дефектов на прочностные характеристики элементов конструкции, а также корректировки технологических процессов изготовления;
- соотнесение этих мест с известными из анализа опыта эксплуатации АСВП местами вероятного возникновения различных дефектов эксплуатационной природы для последующей оценки возможности дальнейшего развития внутренних дефектов типа расслоение в процессе эксплуатации.

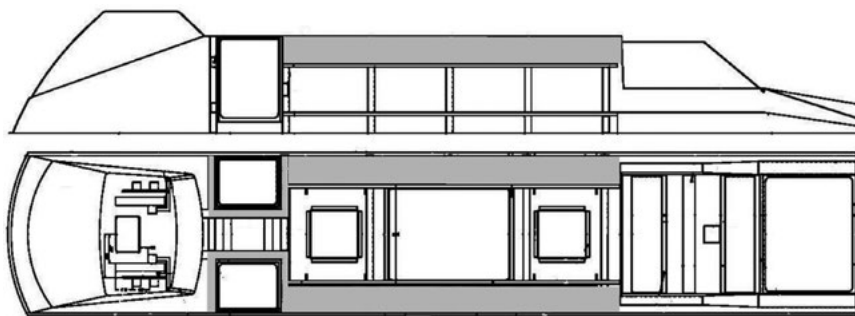
При записи результатов дефектоскопии указывалась площадь дефектов, координаты их месторасположения, метод дефектоскопии, марка и номер дефектоскопа, марка и номер преобразователя, а также размеры выявляемых дефектов.

Сохранение полученных данных о размерах дефектов и координатах мест их расположения в протоколе контроля с указанием координат от базовых плоскостей и осей изделия позволяет дискретно, через определенные промежутки времени наблюдать за изменением размеров дефектов в течение всего жизненного цикла судна. Результаты нескольких последовательно проведенных исследований позволяют получить динамику изменения размеров дефектов, пригодную для оценки методами регрессионного анализа.

Результаты и обсуждение

По результатам исследований надстроек АСВП проекта «Нептун-23» методами неразрушающего контроля по каждому из объектов исследования составлена карта расположения внутренних дефектов типа расслоение, позволяющая в дальнейшем следить за их развитием в процессе эксплуатации судна. На основе анализа карт была составлена обобщенная схема расположения внутренних дефектов типа расслоение на надстройках АСВП проекта «Нептун-23» (рисунок 7).

В результате выполненных исследований установлено, что в основном в надстройках имеются внутренние дефекты типа расслоение (непроклей) технологической природы. Их размеры, количество и места расположения подтверждают, что в целом качество изготовления надстроек АСВП проекта «Нептун-23» соответствует требованиям технических условий и нормативных документов [10]. Внутренние дефекты типа расслоение (непроклей) технологической природы имеют малую площадь, признаваемую нормативными документами допустимой, поэтому дополнительные расчеты прочности надстройки, учитывающие наличие в элементах надстройки дефектов, не

**Рисунок 7.**

Обобщенная схема расположения внутренних дефектов типа расслоение (выделено серым цветом) на надстройке АСВП проекта «Нептун-23», полученная по результатам дефектоскопии

потребовались. Хотя, безусловно, эти дефекты являются концентраторами напряжений.

В то же время в местах вероятного возникновения максимальных нагрузок, определенных расчетами прочности, внутренних дефектов типа расслоение эксплуатационной природы обнаружено в основном не было. Это подтверждает тот факт, что композит надстройки пока воспринимает эксплуатационные нагрузки без разрушения.

Выполненная верификация прочностных расчетов надстройки из композитов пассажирского АСВП путем ее исследования методами неразрушающего контроля в процессе эксплуатации подтвердила адекватность примененных проектных методик расчетов прочности надстройки АСВП «Нептун-23», что позволяет в дальнейшем использовать данные методики при проектировании других судов этого типа.

По результатам исследований были сформулированы рекомендации по доработке технологических процессов изготовления надстроек, а также дополнительные проектные обоснования по применению исходных материалов для композита надстройки. Верификация прочностных расчетов надстройки из композитов пассажирского АСВП путем ее исследования методами неразрушающего контроля в процессе эксплуатации позволяет использовать эти расчеты в качестве базы при сертификации

других судов этого типа по Правилам РРР.

Дальнейшие исследования надстроек АСВП проекта «Нептун-23» методами неразрушающего контроля на жизненном цикле позволят рассмотреть вопросы изменения прочности композита, связанные с его старением под влиянием неблагоприятных эксплуатационных факторов, таких как солнечная радиация, низкие температуры и ряд других.

Заключение

Необходимо отметить, что проектирование надстроек АСВП проекта «Нептун-23» из композитов только на основе учета действующих на них эксплуатационных нагрузок, наряду с другими проектными решениями, позволило обеспечить судну эксплуатационные характеристики, существенно превышающие аналогичные характеристики судов-конкурентов. Так, например, АСВП проекта «Нептун-23» имеет коэффициент утилизации по полезной нагрузке на 13,7% больший, чем у АСВП проекта АРКТИКА-4Д, при расходе топлива на 1 пасс-км более чем в 4,2 раза меньшем, чем у этого АСВП, при одинаковой пассажировместимости.

Это преимущество обеспечено в том числе за счет проектирования надстройки из композитов по принципам весовой эффективности и с позиций обеспечения характеристик долговечности.

Список литературы

1. Андреев Г. Е., Кудрявцев А.С., Проценко В.В., Рубинов А.В., По воде и по суше (Очерки о разработке и применении судов-амфибий) – М. ИНИЦ Роспатента, 2002. – 272 с.
2. Францев М. Э. Использование параметрических методов на ранних этапах разработки проекта амфибийных судов на воздушной подушке, полностью или частично изготовленных из композитов. Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, № 1, 2014 стр. 172-179
3. Францев М. Э. Проектное обоснование повышения полезной нагрузки амфибийного судна на воздушной подушке за счет применения в его конструкции композиционных материалов. Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р. Е. Алексеева, № 1, 2015 стр. 197-202
4. Лизин В. Т., Пяткин В. А. Проектирование тонкостенных конструкций. М: Машиностроение, - 2003 – 447 с.
5. Баженов С. Л. и др. Полимерные композиционные материалы: Научное издание / Баженов С. Л., Берлин А. А., Кульков А. А., Ошмян В. Г. – Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2010, 354 с.
6. Черепанов Г. П. Механика разрушения многослойных оболочек. Теория трещин расслаивания. Прикладная математика и механика. 1983. Т. 47. Вып. 5. С. 832 – 845.
7. Францев М. Э. Определение степени потери прочностных свойств и оценка возможности разрушения судовой корпусной конструкции из композиционного материала в зоне развития эксплуатационного дефекта типа расслоение. Конструкции из композиционных материалов, № 1, 2016, стр. 67-73
8. Францев М. Э. Дефектоскопия корпусов судов из композиционных материалов, находящихся в эксплуатации, акустическими методами неразрушающего контроля. Дефектоскопия, 2013, № 1, стр. 3-11
9. Францев М. Э. Исследование надстройки из композитов пассажирского судна на подводных крыльях акустическими методами неразрушающего контроля. В мире НК, № 4, 2016, стр. 13-17
10. ОСТ5.9102-87 «Стеклопластики конструкционные для судостроения. Методы неразрушающего контроля», Л., ЦНИИТС, 1987, 36 с.
11. Greene E. Marine composites. Second Edition. Eric Greene Associates, Inc., Annapolis, 1999, p. 377
12. Yun L., Bliault A., Theory Design Air Cushion Craft. Arnold a member of the Hodder Headline Group, London, 2000, p. 631.

А. С. Бейвель¹, к.т.н.
С. Ю. Ветохин²
А. В. Гералтовский²
В. П. Полиновский³, к.т.н.

¹ ООО «НИИ «МИГС»

² Союзкомпозит

³ ООО «Композит Сольюшен»

Полимерные композиты в транспортном строительстве и мостостроении

Начало применения полимерных композитов в транспортном строительстве относится к 80-м годам прошлого века. Один из первых в мире композитных мостов был построен более 35 лет назад в Китае в 1982 году. В настоящее время количество построенных в мире композитных мостов с учетом ежегодного роста объемов приближается к 500 шт. [1, 2].



Рисунок 1. Водоотводный лоток на железнодорожной линии



Рисунок 2. Монтаж центрального пролета пешеходного моста через железнодорожные пути в районе платформы «Чертаново» Московской Павелецкой дороги

В России композитные материалы как несущие конструктивные элементы стали впервые применяться фирмой ООО НПП «АпАТЭК» начиная с 1993 года в качестве композитных накладок стыковых соединений рельсов на железнодорожных магистралях. К 2014 году объем применения композитных накладок изолирующих стыков железнодорожных рельсов составил 684 206 комплектов [3].

Другими композитными элементами, массово применяемыми на железных дорогах начиная с 1999 г., являются водоотводные лотки (рисунок 1), протяженность которых к 2014 г. приблизилась к 200 км [3].

Первый в России композитный пешеходный мост был построен у платформы Чертаново Павелецкой ж.д. в ноябре 2004 г. [4]. Пролетное строение выполнено в виде трехпролетной фермы с проходной частью по низу и открытым верхним поясом, с пролетами длиной 13.2 + 15 + 13.2 м и установлено над железнодорожными путями, расположенными в выемке земляного полотна. Ширина моста 3 м, вес 19 тонн. Время монтажа составляло около 4 часов (рисунок 2).

Через полгода, в июле 2005 г., у платформы Косино Московской ж.д. был сооружен второй мост с пролетами 17 + 17 м и тремя композитными сходами шириной 5 м и 4 м. Общая масса конструкций моста 55 тонн. Время монтажа пролетных строений 4,5 часа.

На обоих мостах с момента начала их эксплуатации фирмой — изготовителем конструкций ООО НПП «АпАТЭК» ведется мониторинг напряженно-деформированного состояния.

В 2007 г. при совместном участии научной, проектной, эксплуатирующей и производственной организаций АО ЦНИИС, ГБУ «Гормост», АО «Союздорпроект» и ООО НПП «АпАТЭК» были разработаны Технические условия «Конструкции пешеходных мостов из композиционных материалов», с использованием основных положений которых к настоящему времени запроектировано и построено более 40 пешеходных мостов [3], в том числе с пролетами до 33 м (рисунок 3). Первый в России автодорожный мост длиной 18.5 м



Рисунок 3. Пешеходный путепровод на трассе М-4 «ДОН» (Расчетный пролет 32.9 м). Построен в июле 2013 г.

через реку Пашенка (рисунок 4) запроектирован и построен летом 2014 г. (ООО «ОПОРА» и другими организациями).

Мост содержит две главные решетчатые балки, выполненные из набора отдельных пултрузионных профилей, скрепленных между собой болтами по типу фермы Тауна, и железобетонную плиту проезжей части, установленную на главных балках (рисунок 4).

Мониторинг моста осуществляется силами Сибирского Государственного Университета Путей Сообщения.

В 2011 г. при совместном участии Союзкомполит, ООО УК «РУСКОМПОЗИТ» и ОАО ЦНИИС был разработан стандарт организации СТО 00204961-004-2011 «Пешеходные мосты и путепроводы из полимерных композитов. Технические условия». Стандартом установлены требования для крупноблочных цельнокомпозитных пешеходных мостов и путепроводов, изготовленных с применением метода вакуумной инфузии (рисунок 5). Начиная с 2013 г. группа компаний «РУСКОМПОЗИТ» запроектировала и построила 8 композитных пешеходных мостов с пролетами 16–26 метров (таблица 1, рисунок 6). В период с 2016 г. ГК «РУСКОМПОЗИТ» в содружестве с рядом организаций успешно ведет разработку и испытания конструкций временного композит-



Рисунок 4. Гибридный автомобильный мост через реку Пашенка длиной 18,5 м



Рисунок 5. Технологический цех по изготовлению коробчатых пролетных строений методом вакуумной инфузии

Таблица 1. Эксплуатируемые мосты, изготовленные методом вакуумной инфузии

Расположение моста	Полная длина, м	Количество пролетов/длина пролета, м	Габарит по ширине, м	Год строительства
с. Старобалтачево, республика Башкортостан	19,9	1/19,9	2,25	2013
трасса М1 «Беларусь», 251 км	42	2/21	3	2013
с. Ленино, г. Липецк	26	1/26	3	2015
с. Хрущевка, г. Липецк	20,5	1/20,5	3	2015
с. Подгорное, г. Липецк	20,5	1/20,5	3	2015
г. Псков	21	1/21	3	2016
с. Верхний Карачан	16	1/16	3	2017
г. Уфа	51	2/26	3	2017



Рисунок 6. Пешеходный переход на трассе М-1 «Беларусь»

ного моста, который планируется поставить на вооружение ВС РФ (Рисунок 7).

Временный мост имеет пролет 16 м и расчетную грузоподъемность 60 т. Доля композитных материалов в общей массе пролетного строения составляет не менее 80%.

Ряд преимуществ ПКМ по сравнению с традиционными материалами, которые используются в строительстве, predetermined успешное применение композитных конструкций в мостостроении:

- снижение массы пролетного строения на 30–50% по сравнению со стальными и в 2–3 раза по сравнению с железобетонными;
- сокращение времени монтажа, например, монтаж пешеходного инфузионного пролетного строения длиной 21 м не превышает 45 минут;
- снижение эксплуатационных расходов за счет коррозионной устойчивости композитов с расчетным сроком службы не менее 50 лет;
- радиолокационная незаметность, являющаяся одним из важных показателей современного беспокойного мира.

Кроме того, впервые для мостостроения установлены конкретные требования к характеристикам пожарной опасности материалов конструкций из полимерных композитов. Настоящие требования установлены действующими стандартами на композитные мостовые конструкции и соответствуют группе 2 по горючести, воспламеняемости, дымообразующей способности и токсичности.

Основываясь на накопленном опыте проектирования и строительства композитных пешеходных мостов в России, а также с учетом рекомендаций CUR 96 («Рекомендации 96. Применение пластмасс, армированных волокном в несущих конструкциях зданий и сооружений», известные по латинской аббревиатуре как CUR 96), по творческой инициативе Объединения юридических лиц «Союз

производителей композитов» в 2011–2015 гг. были разработаны первые в России национальные стандарты, регламентирующие применение композитов в несущих конструкциях пешеходных мостовых сооружений:

- ГОСТ Р 54928–2012 «Пешеходные мосты и путепроводы из полимерных композитов. Технические условия» (разработчики: Филиал АО ЦНИИС НИЦ «Мосты», Объединение юридических лиц «Союз производителей композитов»);
- ГОСТ 33119–2014 «Конструкции полимерные композитные для пешеходных мостов и путепроводов. Технические условия» (разработчики: Объединение юридических лиц «Союз производителей композитов», ЗАО «Институт «ИМИДИС», ООО НПП «АпАТЭК»);
- ГОСТ 33376–2015 «Секции настилов композитные полимерные для пешеходных и автодорожных мостов и путепроводов. Общие технические условия» (разработчики: Объединение юридических лиц «Союз производителей композитов», ЗАО «Институт «ИМИДИС»).

Эти стандарты в настоящий момент являются основополагающими для расчета, проектирования и испытания мостовых композитных конструктивных элементов в нашей стране.

С использованием положений указанных стандартов и основываясь на опыте строительства и проектирования композитных мостов, в настоящее время разработаны и находятся на утверждении:

- проект Изменения № 2 СП 35.13330.2011 «СНиП 2.05.03-84* «Мосты и трубы»;
- проект Изменения № 2 СП 46.13330.2012 «СНиП 3.06.04-91 «Мосты и трубы», разработанные на основе опыта сборки пултрузионных пролетных строений и отраженных в СТО НОСТРОЙ 2.29.112-2013 «Мостовые сооружения. Строительство деревянных и композитных мостов. Часть 2.



Рисунок 7. Опытный образец мобильного композитного моста ТММ-7.

Сооружение пешеходных мостов из полимерных композитных материалов»;

- проект Изменения № 2 СП 79.13330.2012 «СНиП 3.06.07-86 «Мосты и трубы. Правила обследования и испытаний»;
- проект свода правил «Конструкции из полимерных композитных пултрузионных профилей. Правила проектирования»*;
- проект ОДМ «Методические рекомендации по оценке технического состояния конструкций из полимерных композиционных материалов на автомобильных дорогах», в которых учтен опыт обследования и испытания композитных пешеходных мостов.

Анализ разработанных в России нормативов, регламентирующих применение композитных конструкций в транспортном строительстве и мостостроении в частности, показывает, что в настоящий момент существует система взаимосвязанных между собой основных нормативных документов, позволяющая осуществлять проектирование, строительство, обследование и испытания как композитов, так и композитных сооружений в целом (таблица 2, на следующей странице).

Наличие системы нормативных документов различных уровней, включая стандарты организаций, национальные и межгосударственные стандарты,

своды правил, создает условия для осознанного и уверенного применения этих новых материалов в транспортном строительстве, уточнения их поведения в эксплуатируемых конструкциях и совершенствования разработанных норм.

Вместе с тем необходимо отметить, что в рассматриваемой системе документов отсутствует несколько очень важных для развития композитного мостостроения нормативов, таких как мониторинг изменения свойств композитов и напряженно-деформированного состояния конструкций в процессе эксплуатации мостов, с уточнением значений частных коэффициентов надежности по материалу, а также требования по эксплуатации подобных мостовых сооружений.

Выводы

1. В настоящее время в России разработана система нормативных документов, которая позволяет осуществлять проектирование, строительство, обследование и испытание композитных конструкций транспортного назначения.

2. Основной задачей настоящего этапа является практическое применение разработанных норм с накоплением данных по проектированию, строительству и эксплуатации композитных мостов с целью разработки новых и совершенствования действующих нормативных документов.

Список литературы

1. В. П. Полиновский. Полимерные композиционные материалы для пролетных строений пешеходных мостов и переходов. «Дороги». Москва, ноябрь 2013г.
2. Д. С. Жиленко. Структура и динамика развития мирового рынка композиционных материалов и конструкций. Тр. НПП АПАТЭК «Актуальные проблемы в области создания конструкций из композиционных материалов в работах молодых специалистов «АПАТЭК». Вып. 4, стр. 5-7. М. 2007 г.
3. А. Е. Ушаков. Преимущества полимерных композитных материалов. Опыт и перспективы внедрения полимерных композитных материалов в инновационных проектах Российских железных дорог. Доклад на заседании секции научно-технического совета ОАО «Российские железные дороги». 18 ноября 2014 г.
4. А. Е. Ушаков и др. Современные конструкции мостов из стеклопластиковых материалов. Сб. научн. Трудов ОАО ЦНИИС, вып.240. с. 136 – 156, М. 2007 г.

Таблица 2. Основные нормативные документы для композитных конструкций транспортного назначения

Проектирование	Строительство	Обследования и испытания
Национальные и межгосударственные стандарты		
ГОСТ Р 54928–2012 «Пешеходные мосты и путепроводы из полимерных композитов. Технические условия»; ГОСТ 33119–2014 «Конструкции полимерные композитные для пешеходных мостов и путепроводов. Технические условия»; ГОСТ 33123–2014 «Трубы водопропускные из полимерных композитов. Технические условия»; ГОСТ 33376–2015 «Секции настилов композитные полимерные для пешеходных и автодорожных мостов и путепроводов. Общие технические условия»; ГОСТ 32794–2014 «Композиты полимерные. Термины и определения».	—	ГОСТ 33146–2012 «Дороги автомобильные общего пользования. Трубы дорожные водопропускные. Методы контроля»
Своды правил		
Изменение №2*) СП 35.13330.2011 «СНиП 2.05.03-84* «Мосты и трубы»; СП «Конструкции из полимерных композитных пултрузионных профилей. Правила проектирования»*).	Изменение №2*) СП 46.13330.2012 «СНиП 3.06.04-91 «Мосты и трубы»	Изменение №2*) СП 79.13330.2012 «СНиП 3.06.07-86 «Мосты и трубы. Правила обследований и испытаний»
Отраслевые методические рекомендации		
ОДМ*) «Рекомендации по применению композиционных материалов в конструкциях мостовых сооружений и пешеходных мостов»; ОДМ 218.3.053-2015 «Рекомендации по применению водопропускных труб из полимерных композиционных материалов»; ОДМ) 218.2.057-2015 «Рекомендации по применению на мостовых сооружениях водоотводных лотков из полимерных композиционных материалов»; ОДМ) 218.2.059-2015 «Рекомендации по применению на мостах, путепроводах и тоннелях пешеходных настилов (тротуаров) из композиционных материалов».	—	ОДМ *) «Методические рекомендации по оценке технического состояния конструкций из полимерных композиционных материалов на автомобильных дорогах»
Стандарты организаций и Технические условия		
Временные ТУ на проектирование и технологию изготовления элементов пешеходных мостов из композиционных материалов. НИИ мостов МПС России г. Санкт-Петербург. 2001 г. Временные ТУ 5772-001-013888383-2005 «Конструкции пешеходных мостов из композиционных материалов» (разработанные ОАО ЦНИИС (НИЦ «МОСТЫ»)). ТУ 5772-001-111567537-2007 «Конструкции пешеходных мостов из композиционных материалов (разработанные ОАО ЦНИИС (НИЦ «МОСТЫ»)), ГУП «Гормост», ОАО Союздорпроект, ООО НПП «АПАТЭК»)). ТУ на автодорожное пролетное строение длиной 18 м с железобетонной плитой и многораскосными фермами из композиционных материалов. ЗАО «СибНИИстрой». 2013 г. ТУ 2296-005-39790001-2003 «Стеклопластик марки СППС» (разработанные ООО НПП «АПАТЭК»)). ТУ 5366-052- 6915009120-2008 «Брус клееный из шпона» (разработанные ЦНИИС им. В.А. Кучеренко, ООО «МЛТ»)). СТО 00204961-004-2012 «Пешеходные мосты и путепроводы из полимерных композитов. Технические условия» (разработанный ОАО «Тверьстеклопластик»)). СТО*) «Конструкция опытного пролетного строения малого автодорожного моста из полимерных композиционных материалов» (разработанный ООО «СТЕКЛОНИТ Менеджмент»)). СТО 00204961-009-2011 «Стеклокомпозит конструкционный СКК-500. Технические условия» (разработанный ОАО «Тверьстеклопластик»)). СТО 39790001.03-2007 «Дороги автомобильные общего пользования. Пешеходные мосты и путепроводы. Конструкции дорожно-строительные из композиционных материалов. Технические требования, методы испытаний и контроля (разработанный ООО НПП «АПАТЭК»)). СТО 11567537.01-2008. «Конструкции пешеходных мостов из композиционных материалов, изготавливаемых методом пропитки под давлением. Технические требования, методы испытаний и контроля» (разработанный ООО НПП «АПАТЭК»)). СТО 59589554-005-2012 Стеклопластиковые водопропускные трубы под насыпями автомобильных и железных дорог. Требования и область применения. Технические условия» (разработанный ООО «СТЕКЛОНИТ Менеджмент»)). СТО*) «Гибридные пролетные строения мостов с несущими конструкциями из полимерных композиционных материалов и железобетонной плитой проезжей части» (разработанный ГКУ НСО ТУАД).	СТО НОСТРОЙ 2.29.112-2013 «Мостовые сооружения. Строительство деревянных и композитных мостов. Часть 2. Сооружение пешеходных мостов из полимерных композитных материалов»	ООО «Композит Сольюшен»*). 2014 г. Программа обследований и испытаний автодорожного моста с несущими конструктивными элементами из полимерных композитных материалов.

*) Документы, находящиеся на утверждении или в архивах организаций правообладателей).

Мобильные дорожные покрытия МДП-МОБИСТЕК

технологичное решение для
обустройства временных дорог



малый вес



многократное
использование



положительная
плавучесть



модульная
концепция



экологическая
безопасность

ГРУППА КОМПАНИЙ
РУСКОМПОЗИТ

117638, Москва, ул. Одесская, 2, БЦ ЛОТОС
+7(495) 223 77 22
info@ruscompozit.com
www.ruscompozit.com

Янабаев Р. М.

АО «ОС Стекловолокно»

Заместитель генерального директора
по развитию бизнеса в России и СНГ

История создания и развития применений стекловолокна

Стекло было известно древним египтянам и финикийцам, они же научились его расщеплять на волокна. Однако никакого практического интереса, кроме как декоративного, стекло и стекловолокно в ту пору не представляли.

Во второй половине 19 века Джон Плеэр разработал паровыдувной метод производства волокна, так появилась минеральная вата, которая стала применяться в качестве теплоизоляционного материала, а чуть позднее Герман Хаммесфак, усовершенствовав этот метод, получил патент на производство прочной и огнестойкой стекловолокнистой ткани.

В 30-х годах прошлого века стекольная промышленность в Соединенных Штатах переживала не лучшие времена. Многие стекловаренные печи простаивали, так как сухой закон и Великая депрессия вызвали резкое снижение спроса на стеклянные изделия. С другой стороны, изобретение высокоскоростных машин-автоматов для производства бутылок Майкла Оуэнса еще больше усугубило проблему: ее высокая производительность способствовала закрытию заводов и сокращению персонала.

В сложившейся ситуации руководство стекольной компании Owens-Illinois начала искать что-то новое, что можно было бы сделать из стекла, помимо бутылок и стаканов. В 1931 году Owens-Illinois наняла Джеймса Слэйтера в качестве консультанта по разработке стеклблоков. Однажды Джеймс, находясь в производственном цехе, обнаружил несколько волокон, свисавших с перекладин крыши на заводе в Олтоне, Иллинойс. Он предположил, что более тонкие волокна могут стать хорошим фильтрующим материалом. Слэйтер, в свою очередь, нанял Джона Р. «Джека» Томаса в качестве штатного научного сотрудника и Дейла Клейста, в качестве ассистента.

В 1932 году экспериментальный фильтр начал использоваться на заводе Owens Illinois по производству бутылок в Колумбусе, Огайо. Модификация конструкции печи по изготовлению бутылок для молока обеспечила непрерывную подачу стекла. Чуть позже в том же году Owens-Illinois внедрила пылеулавливающий фильтр для печи как первый коммерческий продукт из стекловолокна. Это случилось приблизительно в то же время, когда

изготовители печей начали устанавливать воздушодувки, чтобы получить то, что получило название «печь с принудительной тягой».

В августе того же года Дейл Клейст, младший ассистент Томаса, предпринимал попытки сплавить половины строительного стеклблока вместе так, чтобы получилось герметичное соединение. Клейст использовал специальный пистолет, в который заправлялись стеклянные стержни. Однако вместо непрерывного потока расплавленного стекла из пистолета выходили лишь тонкие стеклянные нити, которые никак не помогали ему решить свою задачу, однако потенциал и эффективность полученного стекловолокна были им оценены, а коллегами и руководством поддержаны.

Последовала серия проектов по расширению мелкосерийного производства стекловолокна до масштабов, позволяющих производить стекловолокно в коммерческих объемах. За открытие и последовавшую исследовательскую работу имени Клейста, Томаса и Слэйтера были позднее увековечены в зале славы изобретателей.

В 1935 году Уильям Э. Левис из Owens-Illinois и Амори Хаутон из Corning Glass Works решили объединить свои знания и разделить расходы дальнейшей разработки стекловолокна. Несмотря на то, что реального рынка стекловолокна в те времена не существовало, два лидера были впечатлены тем потенциалом, который они увидели для этого материала — стекло обычно считается твердым и хрупким, однако в форме волокна оно становилось мягким и податливым. Из шарика диаметром около одного дюйма можно получить более 1000 миль тончайших стеклянных нитей прочнее стали.

В 1936 году был запатентован товар Fiberglas.

К 1937 году затянувшийся экономический спад и конкуренция со стороны усовершенствованных форм стекловаты заставили Owens-Illinois запустить завод по производству фильтрующих и изоляционных материалов в Ньюарке, Огайо, на полную мощность. Непрерывающиеся убытки и расходы на эксперименты навели руководство Owens-Illinois и Corning Glass Works на мысль о выделении направления по производству стекловолокна в отдельную компанию.

Они обратились в стороннюю конструкторскую фирму для изучения ситуации и получили следующую





На этом фото, предположительно сделанном в 1939 году на Всемирной выставке во Флашинг-Медоус, Нью-Йорк, США, изображен Гарольд Бошенштейн (слева), занимавший в то время пост президента и генерального директора недавно открытой компании Owens Corning, и Амори Хаутон, президент Corning Glass Works, занимавший пост первого председателя правления Owens Corning.

еще заключение: «Производственных мощностей для выпуска стекловаты в Ньюарке достаточно для нынешнего объема продаж обеих компаний. Объединение даст возможность значительно сэкономить и обеспечить прибыль даже с учетом состояния рынка 1937 года».

Карл Мегоуэн, ревизор Owens-Illinois, и А.С. Фрилай, бухгалтер Corning Glass Works, завершили исследование, поддержали идею объединения и прогнозировали получение прибыли в 1939 году, при условии, что непредвиденные расходы, связанные с объединением, будут покрыты в 1938 году.

Неопубликованная история компании Owens Corning, написанная покойным Джоном Маршаллом Брайли, занимавшим в компании пост старшего вице-президента и главного юрисконсульта, гласит, что была другая, не менее веская причина, которая не была зафиксирована в документах и не обсуждалась публично: «Производство стекловолна было побочным направлением деятельности каждой компании, которое не получало необходимого внимания со стороны высшего руководства в области продаж и маркетинга или даже производства». Брайли заявил, что объединение приведет к тому, что у данного направления появится свое собственное руководство, «занимающееся исключительно своими вопросами и несущее полную ответственность за результат».

31 октября 1938 года в штате Делавэр были подписаны документы, учреждающие новую компанию. На следующий день было объявлено о создании Owens Corning Fiberglas Corporation с Гарольдом Бошенштейном в качестве президента и генерального директора. Главный офис располагался в Толедо, Огайо. Слэйтер был назначен вице-президентом нового предприятия, а Амори Хаутон из Corning Glass Works — председателем правления.

К концу 1938 года общий объем продаж достиг более 2,5 миллионов долларов, а в компании работало уже 632 человека.

HAS YOUR FURNACE A *stuffed-up* NOSE?

1. About the best friend you can have in your cellar is a forced warm-air furnace.

2. It brings you economical, very clean heat. But you ought to be sure its nose isn't stuffed-up.

3. This nose—through which the furnace gets the air it heats—is called an Air Filter.

4. These filters strain the air as it passes through, remove dust and dirt from it.

5. In time, this dirt plugs these filters up, cuts down the flow of air, wastes fuel, makes your house chilly.

6. Examine your filters now! If they're clogged with dirt, see your furnace dealer and get new Fiberglas® Dust-Stop® filters.
*T. M. Reg. U. S. Pat. Off.

7. Dust-Stops remove dust, dirt, and pollen from circulated air. Made with pure glass fibers, they are safe, efficient—cut down house cleaning.

8. Dust-Stops are easy to put in, and most sizes cost just \$1.50. Save fuel. Put in new Dust-Stops now—and again enjoy clean, even, ample heat.

If you're not already enjoying the comfort of clean, filtered air from your warm-air furnace, get in touch with your furnace man and find how inexpensively an air-filtering attachment can be installed. Write for Booklet B—It's free!

FIBERGLAS® DUSTOP® AIR FILTERS

ST. M. REG. U. S. PAT. OFF.
Manufactured by Owens-Corning Fiberglas Corporation, Toledo, Ohio
See Fiberglas at the Fairs—New York and San Francisco

Некоторые ошибочно полагают, что эти пионеры, стоявшие у истоков Owens Corning, изобрели стекловолно. На самом деле они открыли и разработали коммерчески успешные технологии производства стекловолна. А затем они создали рынок для данной продукции.

Стекло, производимое для теплоизоляции и фильтрации, получило название тип А или A-glass. Новые фильтры нашли свое широкое применение



как в промышленном, так и бытовом применении и первая рекламная компания продуктов на основе стекловолокна была запущена в 1939 году — это была реклама бытового воздушного фильтра от компании Owens Corning.

Примерно в то же время Рей Грин, работая с материалами Fiberglass, разработал первую стеклокомпозитную лодку — так зародились процессы пропитки стекломатов на основе ваты смолами, появился термин «ручная выкладка».

Однако применение стекла в существующем виде было не очень удобным, стекло было по-прежнему технологичным, но хрупким. Путем дальнейших экспериментов с составом стекла и оптимизацией содержания оксида бора, в дополнение к теплоизоляционным и фильтрационным свойствам стекловолокна удалось получить очень хорошие электроизоляционные свойства, исследователи научились наматывать волокна в виде нитей на катушку и производить ткани, которые стали применяться в качестве электроизоляторов.

Именно 1939 год считается годом изобретения, всем известного сегодня, стекловолокна марки E или E-Glass — электротехнического стекловолокна.

Дальнейшие исследовательские работы со стеклокомпозитом, основанные на легкости материалов и их прочности, а также набравшая обороты Вторая мировая война способствовали разработке стеклокомпозитных листов или панелей и их применению в военной авиации.

Дальше все развивалось семимильными шагами: В 1944 году Owens Corning, используя наработки Грина, разработала полностью стеклокомпозитный корпус для лодки с мотором, стали производиться небольшие прогулочные лодки, были разработаны подносы, удочки.

В 1945–1948 годы было разработано рубленое волокно и стекломат на его основе.

По мнению многих специалистов отрасли, Ричард Э. Янг изобрел намотку нити в начале 1940-х годов, а в 1945 году г-н Янг произвел методом намотки первый корпус ракетного двигателя для 5-дюймовой экспериментальной зондирующей ракеты Deacon с использованием стекловолокна и полиэфирной смолы.

В 1950-х годах в некоторых видах реактивных снарядов и ракет использовали корпуса, произведенные методом филаментной намотки: Альтаир, Антарес, Полярис А-2...

В 1952 году был впервые получен всем известный прямой ровинг, который позволил существенно оптимизировать производительность ряда процессов производства изделий из композитных материалов, где по сравнению с тонкими нитями требовалось значительно меньшее количество нитей волокна.

В 1953 году, Owens Corning совместно с «General Motors» разработали и изготовили первый в мире автомобиль Chevrolet Corvette, корпус которого был изготовлен из стеклокомпозита.

В 1954 году в США в продаже появился первый спорткар, корпус которого был сделан из стеклокомпозитов: Kaiser-Darrin. Благодаря своему небольшому весу, чуть менее тонны, автомобиль разогнался до скорости 60 миль (почти 100 км/час) за 15,1 секунды, а его максимальная скорость составляла 160 км/час.

В конце 1950-х — начале 1960-х годов распространение стекловолокна и продуктов на его основе приняло повсеместный характер: от ракет и лопастей вертолетов до душевых кабин, от резервуаров подземного хранения и бассейнов до панелей грузовиков.

Общий объем производства стекловолокна достигает уровня 1 миллион тонн в год. В это время активно развивается технология филаментной намотки: благодаря своей коррозионной стойкости и прочности, химическая и нефтяная отрасли начинают применять композитные трубы высокого давления, разрабатываются и находят свое применение трубы большого диаметра.

В это же время были разработаны высокопрочные стекла марки R и S, в России известные под марками ВМ, ВМП, которые находят широкое применение в первую очередь в аэрокосмической отрасли.

В 1970-х годах применение стекловолокна в аэрокосмической промышленности продолжает расширяться, однако активно продолжает развиваться и производство продукции гражданского назначения: труб высокого и низкого давления для химической и нефтяной отрасли, труб для водоснабжения и сточных вод, стеклокомпозитных емкостей большого объема, лопастей ветроэлектростанций.

Разработанное в это же время щелочестойкое стекловолокно марки Sem-Fil начинают применять в бетонах и смесях, а также в химической отрасли для процессов со щелочами.

Стремясь удовлетворить всевозрастающий рост применения стекловолокна в различных отраслях промышленности и требования к устойчивости композитов в агрессивных средах, компания Owens Corning во второй половине 1970-х годов начинает разрабатывать коррозионностойкое стекловолокно марки E-CR, и с 1980 года выводит его на рынок и начинает регулярно производить в коммерческих объемах.

Эпоха 80–90-х годов продолжает активное распространение композитов, объем производства стекловолокна в начале 80-х достигает 2 миллионов тонн в год, а к концу века преодолевает рубеж 3 миллиона тонн в год:

- продолжают развиваться гражданские направления: бытовая техника, санитария, трубы и емкости;
- автомобильная промышленность активно внедряет термопласты, крупногабаритные кузовные панели, конструкции и элементы подкапотного и внутрисалонного пространства, стеклонаполненные глушители;
- для целей домостроения разрабатываются битумные кровельные материалы на основе стеклотканей и стеклохолстов взамен малоэффективных и недолговечных на основе бумаги;
- стеклохолсты внедряются в структуру линолеумов, увеличивается их прочность, стабильность формы, эстетичность и долговечность;
- стеклокомпозитные профили и арматуру широко применяют в качестве силовых и несущих элементов в конструкциях береговых и мостовых сооружений, подвергаемых постоянному воздействию морской воды, в мостовых сооружениях, а также в качестве оконных и дверных профилей и дверей.

Экономический кризис конца века вынуждает промышленность обратить серьезное внимание на эффективность используемых ресурсов, их долговечность и стоимость содержания и обслуживания, требования экологии заставляют производителей снижать вес автомобилей, увеличивать размеры самолетов, сокращая или как минимум ограничивая количество выбросов в атмосферу на фоне роста населения планеты.

В это время существенное развитие получает ветроэнергетика: повышая эффективность и мощность энергоустановок, производители генераторов и разработчики композитных технологий вынуждены производить все более длинные лопасти, ветроэнергетические установки начинают устанавливать в открытом море — уже сегодня длина лопастей достигает более 80 метров, а мощность генераторов 8 MW, хотя еще на заре 21 века лопасти длиной 35–40 метров и генераторы мощностью 1,5 MW считались максимально возможным решением.

Подобные вызовы вынуждают индустрию композитов разрабатывать гибридные структуры, ком-

бинируя стекловолокно с углеволокном, а в 2006 году компания Owens Corning выпустила на рынок стекловолокно повышенной прочности марки H-glass — аналог ВМ стекловолокна, но высоких тексов и производимое одностадийным способом. Основное его применение в первую очередь было поддержано растущими требованиями увеличения мощности генераторов и, следовательно, длины лопастей, развивается технология ткачества: для производства лопастей применяются исключительно мультиаксиальные и однонаправленные стеклоткани. Сегодня в лопастях содержится как стандартное стекловолокно марки ECR или E, так и H-glass, так и углеволокно.

Помимо лопастей гибридные технологии позволили значительно улучшить свойства композитных материалов по сравнению с традиционными: композиты сегодня широко применяются в качестве структурных элементов в автомобилестроении.

Сегодня рынок композитных материалов, где стекловолокно занимает значительную долю, устойчиво продолжает расти и развиваться. При этом хотелось бы отметить, что темпы роста рынка РФ и СНГ как минимум в два раза превышают общемировые, на фоне Европы потребление стекловолокна в СНГ оценивается сегодня на уровне 100–110 тысяч тонн, в то время как рынок Европы более чем в 10 раз больше, а общий мировой рынок по итогам 2016 года оценивается на уровне 6 миллионов тонн и ожидается, что рубеж в 7 миллионов тонн будет преодолен в ближайшие 3–4 года.

Основные направления развития композитов в настоящее время и ближайшем будущем будут подкреплены глобальными факторами роста, а основной фокус развития скорее всего будет сконцентрирован в области развития технологии гибридных решений для поддержки развития ветроэнергетики и автомобильной промышленности; термопластов для нужд автомобильной продукции, а также производства бытовой техники, филаментной намотки, обеспечивая потребность нефтяной отрасли и инфраструктурных объектов, опыт РФ применения композитной арматуры в гражданском строительстве начнет завоевывать иные горизонты; при этом не стоит забывать о роли военной и аэрокосмической промышленности.

Немаловажную роль в этом процессе на протяжении многих лет в мире играет компания Owens Corning, а в России завод по производству стекловолокна, расположенный в городе Гусь-Хрустальном. Если компания Owens Corning организовала коммерческое производство стекловолокна в 1938 году, то второй завод в мире по производству стекловолокна появился в 1943 году в городе Гусь-Хрустальном, а в Европе первое производство стекловолокна было организовано в Италии, в городе Безана в 1949 году. С 2007 года завод в городе Гусь-Хрустальном принадлежит компании Owens Corning и является крупнейшим производителем стекловолокна на территории РФ, обеспечивая совместно с другими производителями потребности и рост рынка композитов.

Будущее КОМПОЗИТОВ в архитектуре

9 апреля 2018 г.
в Санкт-Петербургском
государственном архитектурно-
строительном университете
состоялось торжественное
вручение призов и дипломов
участникам закрытого конкурса
Архикомпозит: «1.0 Элементы фасада»



Конкурс проводился компанией ArchiComposite group среди студентов II, III и IV курсов архитектурного факультета СПбГАСУ при поддержке Объединения юридических лиц «Союз производителей композитов».

Цель конкурса — популяризация применения композитных материалов в архитектуре.

В СПбГАСУ обучение студентов по специальности «Архитектура» традиционно осуществляется на основе совмещения инженерных знаний с профессиональной художественной подготовкой. Инженерная подготовка включает, среди других специальных технических дисциплин, изучение архитектурного материаловедения. Эта дисциплина дает будущим архитекторам знания в области истории и применения различных материалов в архитектуре, а также о классификации и свойствах современных конструктивных и декоративно-отделочных материалов. Понимание роли строительных материалов необходимо для правильного восприятия архитектурного образа объекта и его практической реализации на стадии проектирования, строительства и эксплуатации.

Одним из таких современных материалов, широко

применяемым в строительстве, в том числе жилых домов (как в многоэтажном домостроении, так и в малоэтажном частном строительстве), является стеклокомпозит.

Организатором конкурса не случайно являлась компания Archicomposite group, имеющая профессиональный опыт в сфере инжиниринга и рабочего проектирования сложных архитектурных конструкций из стеклокомпозитов для архитектурных бюро в России.

Компания помогает архитекторам в разработке сложных технологических решений для реализации уникальных фасадных конструкций. В будущем на базе Archicomposite group планируется создание некоммерческой организации-кластера, объединяющего производителей сырья, оборудования для производства стеклокомпозита, а также выступающего с акцентом на популяризацию знаний о стеклокомпозитных материалах среди студентов архитектурно-строительных вузов страны.

В работе конкурсной комиссии принимали участие преподаватели архитектурного факультета СПбГАСУ, представители Союзкомпозит, строи-



тели и производители стекловолокна и изделий из него в России:

- **Ветохин Сергей Юрьевич** — исполнительный директор Объединения юридических лиц «Союз производителей композитов»,
- **Перов Федор Викторович** — декан архитектурного факультета СПбГАСУ, доцент, кандидат архитектуры, руководитель АБ Петрополис Архитектура,
- **Полянцев Евгений Вадимович** — профессор МАРХИ, кандидат архитектуры, руководитель «MERALстудии»,
- **Дадченко Александр Юрьевич** — Председатель Правления Национального кровельного союза, генеральный директор ООО «Проектно-строительная компания «Алтес»,
- **Янабаев Радик Минниканефович** — заместитель генерального директора по развитию бизнеса в РФ и СНГ ОАО «ОСВ стекловолокно»,
- **Томалак Борис Вилорович** — генеральный директор компании Archicomposite group,
- **Мыцул Анна Александровна** — архитектор, исполнительный директор компании Archicomposite group.

По условиям конкурса студентам необходимо было предложить концептуальное решение для балконов и/или входных групп жилых домов с применением такого современного материала, как стеклокомпозит. Для выполнения конкурсного задания каждому из участников было дано 1,5 месяца. Студенты представили 14 проектов, из которых были выбраны 3 лучших.

По решению жюри победителями конкурса стали:

I место — **Никита Асеев**, студент IV курса Архитектурного факультета (АФ);

II место — **Ксения Гончарова**, II курс АФ;

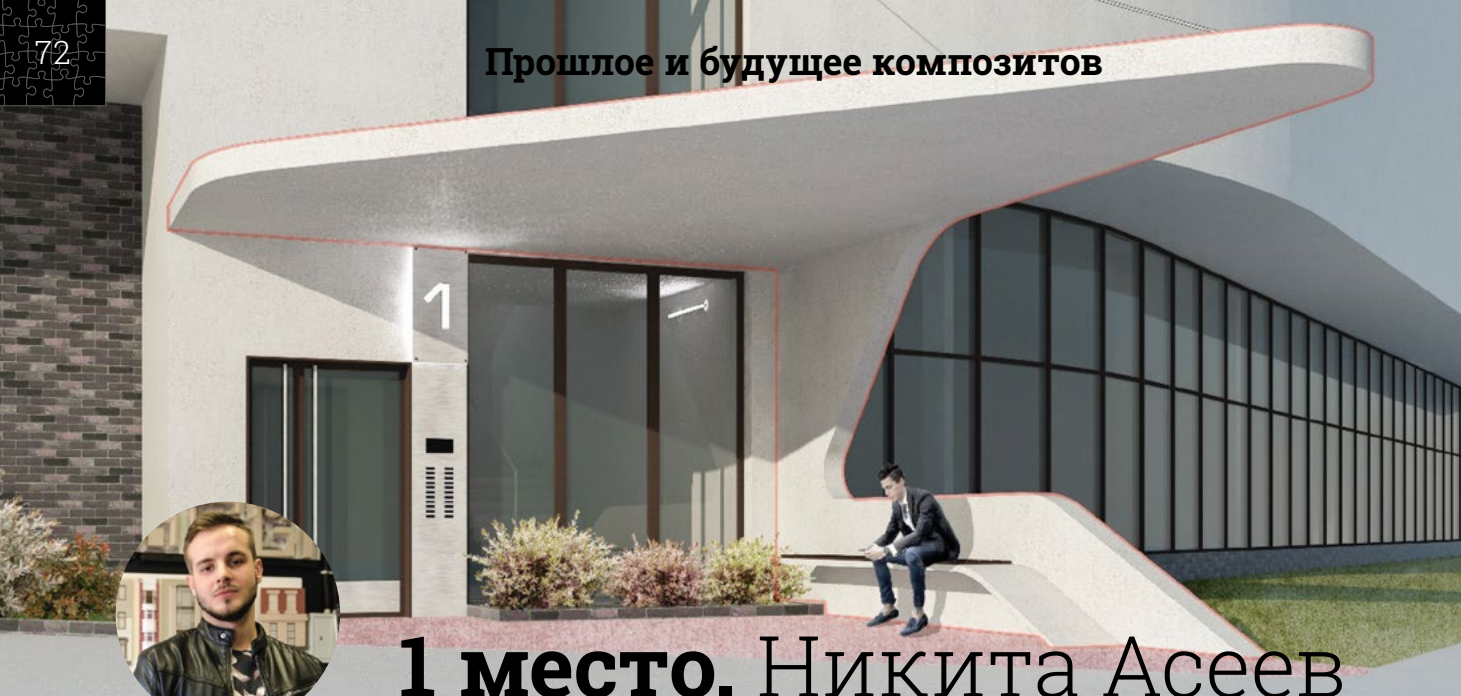
III место — **Андрей Васильев**, III курс АФ.

Критерии отбора:

- понимание конкурсантами сути и технологии изготовления стеклокомпозитных деталей;
- тиражируемость фасадного решения с ограниченного комплекта матриц;
- уникальность стеклокомпозитного решения, рентабельность его использования в конкретном случае;
- архитектурное решение, качество подачи.

Собранный материал может быть интегрирован в будущие проектные решения, разрабатываемые для нового строительства, реконструкции и реновации по всей России. В жюри конкурса вошли практикующие архитекторы, строители и производители стеклокомпозита в России.





1 место. Никита Асеев

Задачей конкурса являлась разработка проекта входной группы жилого дома или фрагмента фасада с детальной проработкой балконов из стеклокомпозита. Я выбрал разработку входной группы секционного жилого дома, так как ранее работал над его созданием в качестве курсового проекта.

Основная цель — сформировать гармоничное сочетание входной группы и жилого дома и доказать, что использование стеклокомпозита не только исключит инородность этого сочетания, но и сделает его более лаконичным и простым.

Стеклокомпозит — современный материал, нашедший свое применение при изготовлении различных фасадных элементов и отделки с их помощью фасадов общественных зданий и частных домов. Инновационный материал позволяет создавать легкие и прочные изделия без ограничения габаритов, что было актуально в разработке входной группы.

Стеклокомпозит обладает замечательными свойствами, такими как:

- Малый удельный вес и высокая прочность**
 При небольшом удельном весе обладает высокими физико-механическими характеристиками. По прочности он сравним с определенными марками стали, что дает возможность изготовления даже большепролетных конструкций. Отсутствие сварных швов также делает его незаменимым в строительстве.
- Низкая теплопроводность**
 Стеклокомпозит обладает низкой теплопроводностью, по теплоизоляционным характеристикам он сравним с деревом. Теплоизоляционные свойства стеклокомпозита можно повысить, создав конструкцию типа «сэндвич», используя между его слоями различные виды пористого наполнителя.
- Долговечность**
 Изделия из стеклокомпозита при нормальной эксплуатации способны прослужить до 70 лет без дополнительных затрат и особого ухода, а высокая ремонтпригодность за счет однотипных модульных конструкций позволяет в кратчайшие сроки отремонтировать поврежденный сегмент в случае его износа или какой-либо непредвиденной ситуации.
- Коррозионная стойкость**
 Стеклокомпозиты обладают высокой коррозионной стойкостью. Являясь диэлектриками, не подвергаются электрохимической коррозии. Также устойчивы к действию различных агрессивных сред, не подвержены воздействию биологической коррозии.
- Низкий температурный коэффициент линейного расширения**
 Изделия из стеклокомпозита не будут расширяться и искривляться летом и зимой, что особенно важно в строительстве.
- Возможность окрашивания в любой цвет**
 Палитра с множеством оттенков на любой вкус дает широкие возможности дизайнерам. Благодаря всем перечисленным свойствам, изделия из стеклокомпозита являются намного более экономичными и практичными, чем изделия из традиционных материалов, и имеют эстетически



Прошлое и будущее композитов

привлекательный вид, что является одним из наиболее важных факторов для каждого архитектора.

Подробно изучив этот материал, я перешел к разработке, оперируя всеми его особенностями. Входная группа представляет собой 3 отдельных модуля: навес, подпорную стенку и скамью, что можно наблюдать на взрыв-схеме.

Идея состоит в том, чтобы грамотно связать эти элементы, образовав единый чистый неделимый объем, организующий комфортное пространство перед входом в здание. Детали входа крепятся к стене и между собой с помощью массивных анкеров,

а надежность консольного навеса дополнительно обеспечивает вантовый трос, который также крепится к стене.

В итоге образуется уютное и в то же время интригующее пространство под парящим крылом, экранированное от коммерческой части здания лихим силуэтом подпорной стенки, в которую, в свою очередь, встроена скамья, покрытая доской.

Таким образом, можно смело сказать, что стеклокомпозит является прекрасным решением в ситуациях, когда необходимо найти золотую середину между простой реализацией и эффектным образом.

2 место. Ксения Гончарова



Разработка входной группы секционного жилого дома меня привлекла в связи с тем, что я обучаюсь на кафедре дизайна архитектурной среды. В каждом курсовом проекте нас учат уделять особое внимание малым архитектурным формам, которые связывают здание с окружением, чем и является в моей работе входная группа — связь внутреннего с внешним пространством.

Каждый человек тесно связан с архитектурой: дом, в котором мы живем, университет, в котором мы учимся, мастерская, в которой работаем. Архитектор — важный человек в формировании этой среды. Каждая идея имеет место быть и это играет немалую роль в том, чем мы будем окружены и как проведем нашу жизнь. Ведь окружающие нас мелочи, несомненно, оказывают большое влияние.

Архитектура подобна гипнозу, вовлекая человека в свое пространство. В тот или иной момент нам может показаться, что мы видим ее насквозь, однако она многогранна и таит в себе множество интересных сторон, которые каждый воспринимает

по-своему. Архитектура, как море, то успокаивает своим штилем, то играет с нами легкой волной, то накрывает бурей эмоций.

Главным материалом для выполнения представленного мною проекта является стеклокомпозит. Он конструктивно стабилен, не восприимчив к ржавлению и гниению, а также к изменениям температуры: пултрузионный профиль выдерживает широкий диапазон температур. Стойкий к деформациям, он не расширяется и не сужается, поэтому в регионах с изменчивыми погодными явлениями, его достоинства будут налицо.

Стоит отметить высокую прочность материала и его долговечность. Несмотря на то, что профиль синтетический, он не выделяет токсических веществ и является абсолютно безопасным как для человека, так и для окружающей среды. Использование стеклокомпозита позволяет сохранить природные ресурсы за счет меньшего количества отходов. Также одним из плюсов использования пултрузионного стеклокомпозитного профиля

является его демократичная цена.

Детали входной группы выполнены по технологии под названием пултрузия — это экономичный метод производства профилированных композитных изделий с постоянной площадью поперечного сечения.

Сферы применения пултрузии имеют колоссальный потенциал, это: строительная арматура, оконные профили и конструктивные элементы для транспорта, и многое другое.

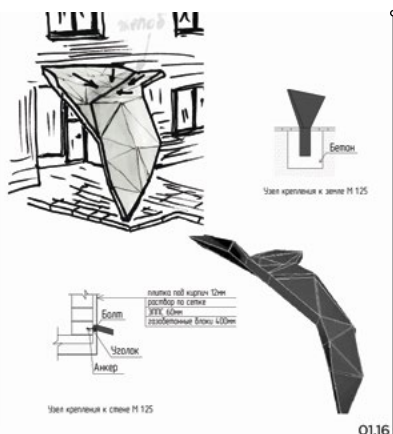
Стеклокомпозитный профиль имеет ряд преимуществ перед традиционными материалами:

- Улучшенные физико-механические свойства;
- Низкий удельный вес;
- Неподверженность коррозии, гниению, короблению;
- Уникальная химическая стойкость;
- Низкий тепловой коэффициент линейного расширения;
- Не выделяет при пожаре сильнодействующего газа-диоксида, в отличие от поливинилхлорида;
- Широкий диапазон рабочих температур;
- Хорошие электроизоляционные свойства.

Пултрузионная технология стремительно завоевывает технологический мир. В России наблюдается активное развитие пултрузионных производств. Это связано с многими причинами, в том числе с ростом интереса к композитным материалам и политикой государства в сфере энергосбережения и снижения стоимости строительства. Поэтому я считаю, что данное решение для входной группы является перспективным как для реновации старых домов, так и для нового строительства.



3 место. Андрей Васильев

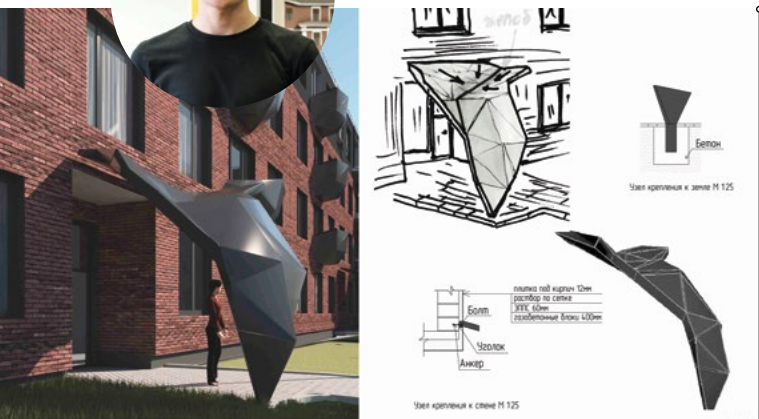


Современные стеклокомпозитные материалы по своим свойствам и областям применения сравнимы с традиционными материалами, а в чем-то их превосходят. Но главное, как мне кажется – это неограниченная возможность создания сложных элементов фасадов, балконов, входных групп и т.д, причем абсолютно любых форм, какие были бы невозможны, скажем, из бетона. Именно это свойство стеклокомпозита я взял за основу при разработке своего проекта.

Проект входной группы выполнен в виде козырька в форме «когтя», состоящего из треугольных плоскостей. Эти плоскости расположены в различных направлениях, что позволяет создать определенную форму козырька, вроде мятой бумаги. «Коготь» аркой спускается от стены и доходит непосредственно до уровня земли.

Плоскости в верхней части «когтя» расположены таким образом, чтобы создать желоб, который отводил бы воду в сторону. Это позволяет не заливать водой подход к входной двери. Козырек имеет две точки опоры, а именно: крепление к стене здания и опора непосредственно на грунт. Он крепится к стене посредством стального уголка, жестко соединенного анкерами к газобетонной кладке.

Место соединения скрыто утеплителем и облицовочным материалом. В том месте, где «коготь» опирается на землю, он защемлен монолитным бетоном. Толщина козырька непостоянна, она постепенно увеличивается сверху вниз, а также в месте, где проходит желоб. Треугольный дизайн козырька подхватывается балконами, создавая повторяющийся мотив.



8th international conference / 8 международная конференция



КОМПОЗИТЫ СНГ

октябрь / october 2018

composites-cis.com

Календарь событий и мероприятий 2018

Дата	Наименование мероприятия	Место проведения	Сайт
25–28 июня	ECCM 2018. 18 th European Conference on composite materials	Греция г. Афины	www.eccm18.org
27–28 июня	Конференция «Будущее индустрии композитов» (Exploring the Future of the Global Composites Industry)	США г. Лас-Вегас	www.globalcompositesconference.com
28 июня	IV Всероссийская конференция «Роль фундаментальных исследований при реализации «Стратегических направлений развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года»	Россия г. Москва	www.viam.ru
30 июля– 3 августа	III Чемпионат профессионального мастерства по методике WorldSkills Госкорпорации «Росатом»	Россия, г. Екатеринбург	www.worldskills.ru
17 августа	Всероссийская научно-техническая конференция «Полимерные композиционные материалы нового поколения. Трансфер инноваций из авиации в приоритетные сектора экономики России»	Россия г. Ульяновск	www.viam.ru
21–26 августа	4-й Международный военно-технический форум «Армия-2018»	Россия г. Кубинка	www.rusarmyexpo.ru
11–13 сентября	4 -я Международная специализированная выставка Импортзамещение	Россия г. Москва	www.imzam-forum.ru
6–9 сентября	12-я Международная выставка и научная конференция по гидроавиации ГИДРОАВИАСАЛОН-2018	Россия г. Геленджик	www.gidroaviasalon.com
25–27 сентября	13-я Международная выставка «Трубопроводные системы коммунальной инфраструктуры: строительство, диагностика, ремонт и эксплуатация» СитиПайп — 2018	Россия г. Москва	www.citypipe.ru
25–27 сентября	10-я Международная выставка по бестраншейным технологиям «NO-DIG Москва»	Россия г. Москва	www.nodig-moscow.ru
10–12 октября	8-я Международная конференция «Композиты СНГ»	Россия г. Сочи	www.composites-cis.com
11 октября	III Всероссийская научно-техническая конференция «Полимерные композиционные материалы и производственные технологии нового поколения» (Посвящается 105-летию со дня рождения д.т.н., профессора Матвея Матвеевича Гудимова)	Россия г. Москва	www.viam.ru

Дата	Наименование мероприятия	Место проведения	Сайт
16–17 октября	9 th International Trade Fair for Composite Materials, Technologies and Products KOMPOZYT-EXPO	Польша г. Краков	www.kompozyty.krakow.pl/gb
16–18 октября	Международная специализированная выставка «Дорога 2018»	Россия г. Казань	www.rosavtodor.ru
16–19 октября	9-я Международная специализированная выставка-форум «ДОРОГАЭКСПО»	Россия г. Москва	www.dorogaexpo.ru
23–25 октября	16-я Международная выставка технологий, оборудования и материалов для обработки поверхности и нанесения покрытий ExpoCoating Moscow	Россия г. Москва	www.expocoating-moscow.ru
23–25 октября	18-я Международная выставка оборудования для неразрушающего контроля и технической диагностики NDT Russia	Россия г. Москва	www.ndt-russia.ru
23–25 октября	15-я Международная выставка испытательного и контрольно-измерительного оборудования Testing & Control	Россия г. Москва	www.testing-control.ru
24–28 октября	5-й Национальный чемпионат сквозных рабочих профессий высокотехнологичных отраслей промышленности по методике WorldSkills (WorldSkills Hi-Tech)	Россия г. Екатеринбург	www.worldskills.ru
25 октября	VI Форум «Композиты без границ»	Россия г. Москва	www.umatex.com
29 октября– 1 ноября	21-я Международная выставка «Химия» 2018	Россия г. Москва	www.chemistry-expo.ru
6–8 ноября	13-я Международная выставка Composites Europe 2018	Германия г. Штутгарт	www.composites-europe.com
22 ноября	12-я Международная конференция «Композитные материалы: производство, применение, тенденции рынка»	Россия г. Москва	www.uncm.ru
26–29 ноября	2-ой Национальный межвузовский чемпионат «Молодые профессионалы (Ворлдскиллс Россия)»	Россия г. Москва	www.worldskills.ru



Крыжановский В. К.
**Инженерный выбор
и идентификация
пластмасс**
«Научные основы и технологии»
Санкт-Петербург
2009 г., 204 с.



Д. Пол, К. Бакнелл
Полимерные смеси
пер. с англ. под ред. В. Н. Кулезнева
в 2-х томах
«Научные основы и технологии»
Санкт-Петербург
2009 г., 1224 с.



В. Шах
**Справочное руководство
по испытаниям пластмасс
и анализу причин
их разрушения**
3-е издание
Пер. с англ. под ред. А. Я. Малкина
«Научные основы и технологии»
Санкт-Петербург
2009 г., 732 с.



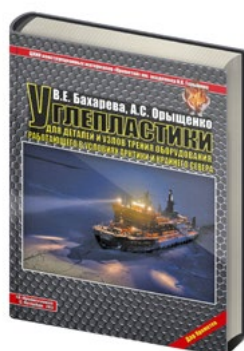
Михайлин Ю. А.
**Конструкционные
полимерные
композиционные
материалы**
2-е издание
«Научные основы и технологии»
Санкт-Петербург
2015 г., 822 с.



Бахарева В. Е., Орыщенко А. С.
**Высокопрочные
стеклопластики
для арктического
машиностроения**
АНО ЛА «Профессионал»
Санкт-Петербург
2017 г.- 224 с.



**Неразрушающий контроль
композиционных материалов**
Сборник трудов 2-ой Международной
научно-технической конференции
НККМ — 2016 «Приборы и методы
контроля качества изделий
и конструкций из композиционных
и неоднородных материалов»
издательство «СВЕН»
Санкт-Петербург
2017 г., 156 с.



Бахарева В. Е., Орыщенко А. С.
**Углепластики для деталей
и узлов трения оборудования,
работающего в условиях
Арктики и Крайнего Севера**
АНО ЛА «Профессионал»
Санкт-Петербург
2017 г., 264 с.



Комаров Г.В.
**Соединения деталей
из полимерных
материалов**
Издательство «Профессия»
Санкт-Петербург
2006 г., 592 с.



**Биоразлагаемые полимерные
смеси и композиты
из возобновляемых источников**
Перевод с англ. под ред. В. Н. Кулезнева
«Научные основы и технологии»
Санкт-Петербург
2013 г., 360 с.



Перепелкин К. Е.
Армирующие волокна и волокнистые полимерные композиты
 «Научные основы и технологии»
 Санкт-Петербург
 2015 г., 380 с.



Крыжановский В. К., Бурлов В. В.,
 Панаматченко А. Д., Крыжановская Ю. В.
Технические свойства полимерных материалов: справочник
 2-е изд., дополненное
 Издательство «Профессия»
 Санкт-Петербург
 2007 г., 248 с.



Композиты на основе полиолефинов
 Пер. с англ. под ред. Кулезнев В. Н.
 «Научные основы и технологии»
 Санкт-Петербург
 2014 г., 744 с.



Михайлин Ю. А.
Волокнистые полимерные композиционные материалы в технике
 «Научные основы и технологии»
 Санкт-Петербург
 2013 год., 752 с.



Кербер М. Л.
Полимерные композиционные материалы. Структура. Свойства. Технологии
 4-е издание
 Издательство «Профессия»
 Санкт-Петербург
 2014 г., 500 с.



Калугина Е. В., Гумаргалиева К. З., Заиков Г. Е.
Полиаканимиды
 «Научные основы и технологии»
 Санкт-Петербург
 2008 г., 232 с.



Михайлин Ю. А.
Специальные полимерные композиционные материалы
 «Научные основы и технологии»
 Санкт-Петербург
 2009 г., 660 с.



Крыжановский В. К., Кербер М. Л., Бурлов В. В.
Производство изделий из полимерных материалов
 Издательство «Профессия»
 Санкт-Петербург
 2008 г., 464 с.



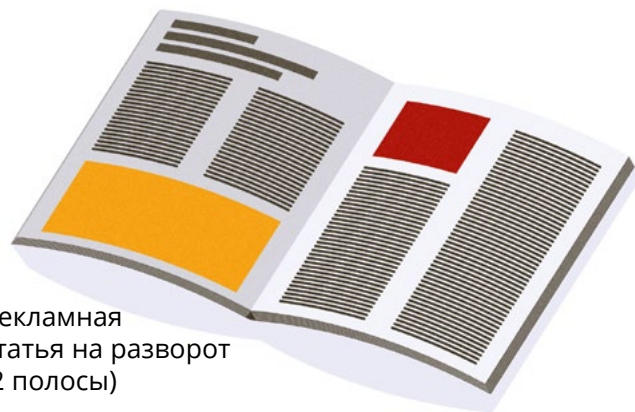
Поцус А.
Клеи. Адгезия. Технология склеивания
 Издательство «Профессия»
 Санкт-Петербург
 2007 г., 384 с.

Формат размещения рекламных материалов в журнале

cb Compositebook



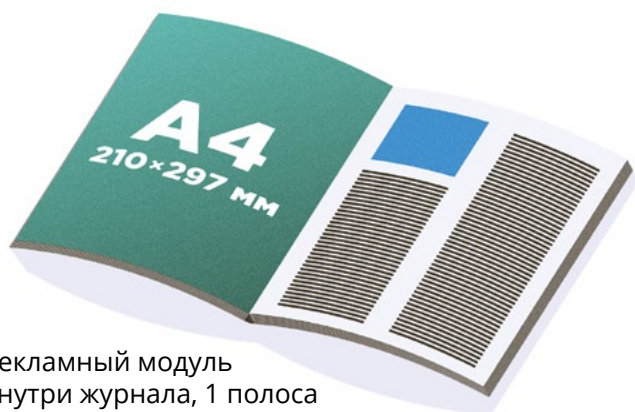
Рекламный модуль на обложке журнала: лицо (210×250 мм) оборот A4 (210×297 мм)



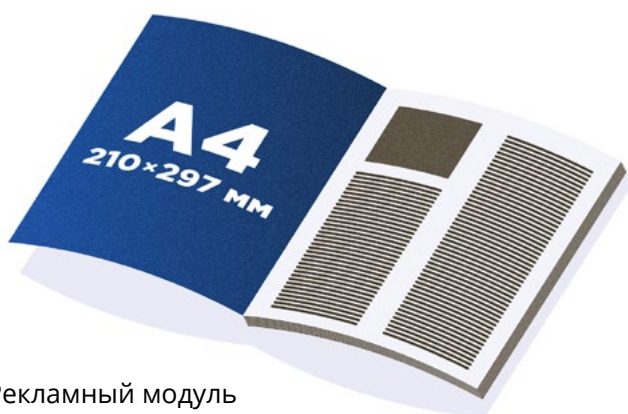
Рекламная статья на разворот (2 полосы)



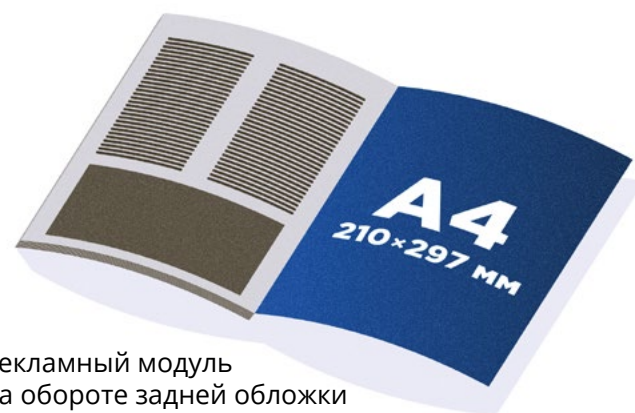
Рекламный модуль на разворот, 2 полосы формат A3 (420×297 мм)



Рекламный модуль внутри журнала, 1 полоса формат A4 (210×297 мм)



Рекламный модуль на обороте обложки, 1 полоса формат A4 (210×297 мм)



Рекламный модуль на обороте задней обложки 1 полоса, формат A4 (210×297 мм)

По вопросам размещения рекламных материалов в журнале обращаться по электронной почте: cbmagazine@mail.ru

Все материалы (в том числе рекламные) должны соответствовать техническим требованиям для публикации в журнале Compositebook



COMPOSITES EUROPE

13-я Европейская выставка-форум, посвященная
композитным материалам,
технологиям их производства и областям применения

WE CONNECT - MATERIALS AND EXPERTS



**Ваш партнер на российском рынке
композиционных материалов**

**06 – 08 ноября 2018
Выставочный центр
Messe Stuttgart, Германия**

www.composites-europe.com

Organised by
 Reed Exhibitions

Partners



Composites Germany



КОМПОЗИТ-ЭКСПО

Двенадцатая международная специализированная выставка

23 - 25 апреля, 2019

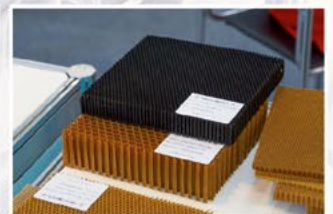
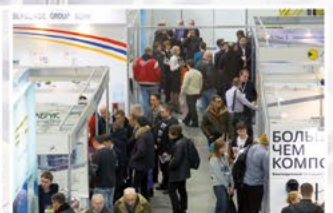
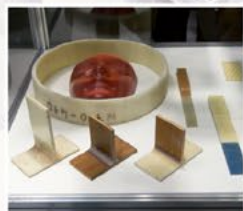
Россия, Москва,
ЦВК «Экспоцентр», павильон 1



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), т.д.
- Полуфабрикаты (препреги)
- Промышленные (готовые) изделия из композитных материалов
- Технологии производства композитных материалов со специальными и заданными свойствами
- Оборудование и технологическая оснастка для производства композитных материалов
- Инструмент для обработки композитных материалов
- Измерительное и испытательное оборудование
- Сертификация, технический регламент
- Компьютерное моделирование
- Утилизация

Специальный раздел:
КЛЕИ И ГЕРМЕТИКИ



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

YouTube youtube.com/user/compoexporusia @compoexporus

Организаторы:

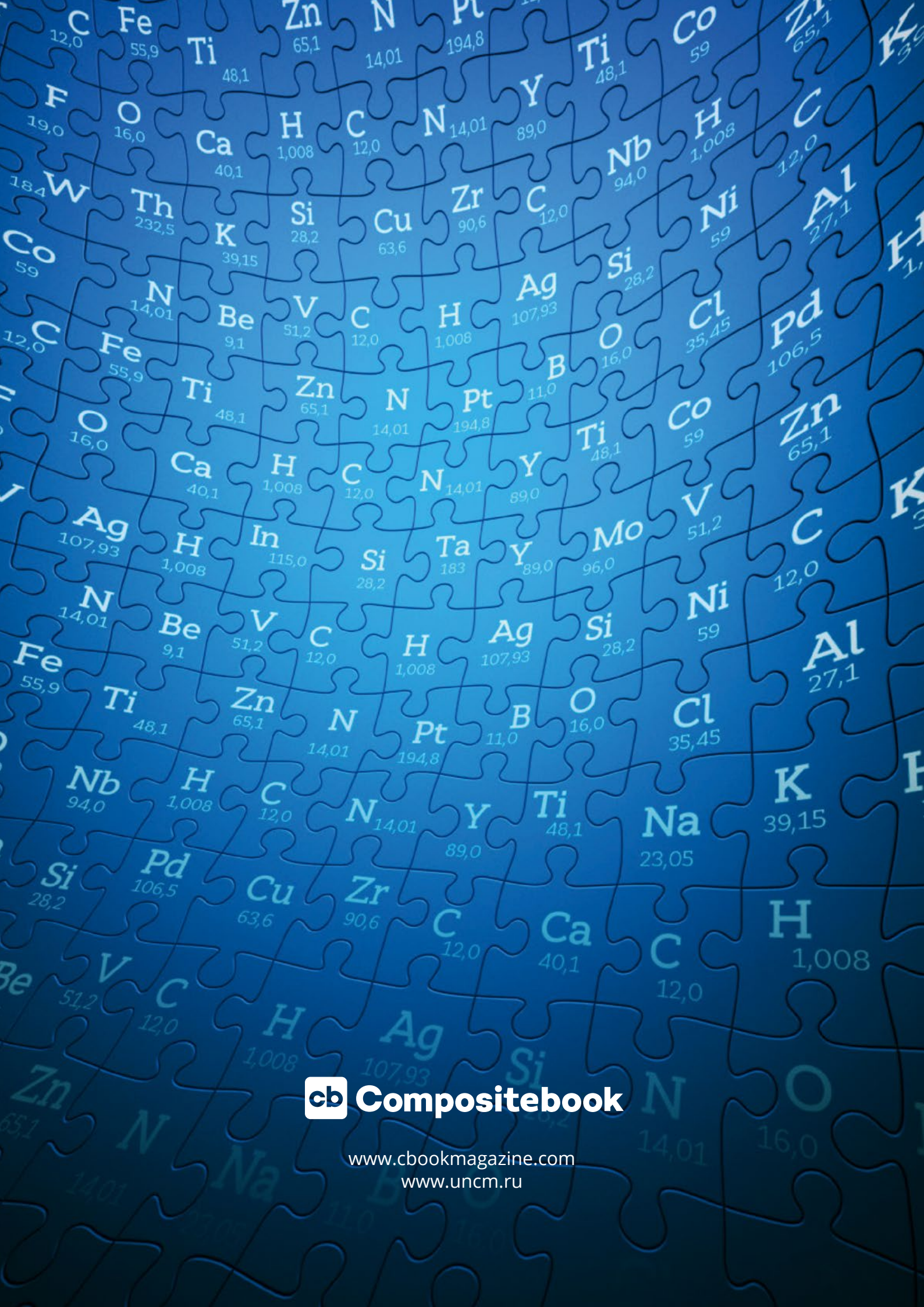




JEC WORLD 2019

Крупнейшая
мировая выставка
композитных материалов
и технологий
их производства

ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР
PARIS NORD VILLEPINTE EXHIBITION CENTRE
12–14 марта, 2019



Compositebook

www.cbookmagazine.com

www.uncm.ru