

# ИЗ ЧЕГО СДЕЛАТЬ БУДУЩЕЕ?

## Материалы нового поколения, технологии их создания и переработки – основа инноваций



*Если соберем волю каждого в одну волю – выстоим!*

*Если соберем совесть каждого в одну совесть – выстоим!*

*Если соберем любовь к России каждого в одну любовь – выстоим!*

**Св. Иоанн Кронштадтский**

*В повседневной жизни нам все чаще приходится иметь дело с различными научными и технологическими решениями, которые, несомненно, открывают человечеству новые возможности. Однако далеко не все задумываются о том, каково значение материалов нового поколения в процессе создания той или иной уникальной конструкции или сложной технической системы. А ведь именно благодаря их применению конструкторам удается реализовать многие прорывные проекты в различных сферах. Внедрение в России материалов нового поколения и современных технологий вполне способно ускорить развитие многих секторов экономики и направлений отечественной промышленности. Ведь сегодня только новые знания, мощный научно-технический задел и создание на их основе конкурентоспособной инновационной продукции могут позволить избежать нашей стране технологического рабства, станут залогом обеспечения ее национальной безопасности и суверенитета.*

*О достижениях и актуальных задачах отечественного материаловедения рассказывает президент Ассоциации государственных научных центров, Генеральный директор Всероссийского научно-исследовательского института авиационных материалов (ВИАМ), академик РАН **Евгений Николаевич КАБЛОВ**.*



### ВИЗИТНАЯ КАРТОЧКА

**КАБЛОВ Евгений Николаевич** (род. 1952 г.) – Генеральный директор института (с 1996 года), академик РАН, доктор технических наук, профессор.

В ВИАМ начал работать сразу после выпуска из МАТИ им. К.Э. Циолковского (1974). Прошел путь от рядового инженера до Генерального директора института. Разработал теоретические основы и экспериментальные методы управления процессами структуро- и фазообразования при кристаллизации охлаждаемых лопаток газотурбинных двигателей из жаропрочных сплавов. Разработал процессы поверхностного модифицирования при равноосном литье и высокоградиентной направленной кристаллизации лопатки с монокристаллической структурой. Эти технологии, получившие широкое применение, позволили увеличить ресурс работы газотурбинных двигателей в 3–5 раз.

Под руководством академика Е.Н. Каблова созданы научные и технологические основы получения полимерных и металлических композиционных материалов, интерметаллидных и других сплавов. В частности, широко известны его работы по созданию четвертого и пятого поколений высокожаропрочных монокристаллических

безуглеродистых рений-рутений содержащих никелевых сплавов и принципиально нового класса жаростойких сплавов на основе интерметаллидов никеля и титана.

Лауреат Государственной премии СССР в области науки и техники (1987), Государственной премии РФ в области науки и техники (1999), Государственной премии РФ в области науки и технологий за 2014 год, премии Правительства РФ за разработку и создание новой техники (2002), премии Правительства РФ в области науки и техники (2010), Международной премии им. А.П. Карпинского в области материаловедения (2006), премии Президиума РАН им. П.П. Аносова (1996).

Первый в России лауреат Международной премии им. А.Н. Туполева (2015).

Награжден орденами «За заслуги перед Отечеством» IV (2002) и III степени (2008), орденом Почета (1998), золотой медалью им. Д.К. Чернова РАН (2009).

**- Евгений Николаевич, как получилось, что возглавляемый Вами институт работает не только в интересах отечественного авиапрома, но и охватывает многие другие сферы нашей промышленности?**

– С момента создания ВИАМ в 1932 году он сразу был задействован в решении самых сложных проблем, когда для реализации конструкторского замысла или какой-либо технической задачи требовались новые материалы. Ведь без их применения сложно создать что-то принципиально отличное от старого. Причем касалось это не только авиастроения. В нагрузку мы традиционно помогаем решать задачи в таких сферах, как бронезащита, двигателе- и станкостроение, энергетика, медицина и автопром. Работы прибавилось и с появлением новых прорывных направлений, таких как атомная энергетика, ракетно-космические технологии, микроэлектроника. Поэтому на всех этапах развития отечественной промышленности значение материалов для разработки новых образцов техники было определяющим. В стенах ВИАМ создается то, что обеспечивает технологическую независимость и обороноспособность страны. При этом наш институт тесно взаимодействовал и продолжает сотрудничать не только со всеми предприятиями Минпромторга, но и многими другими организациями, вузами, заводами, КБ, институтами РАН, государственными научными центрами (ГНЦ).

Особенно важно это было в середине 60-х годов XX века, когда вся советская промышленность, и авиационно-космическая техника особенно, развивалась гигантскими темпами. Однако 90-е годы стали и для страны, и для всех нас сложным периодом, когда начался неумолимый экономический спад и разрушение великого государства, уничтожение военно-промышленного комплекса. В середине 90-х годов наш институт оказался банкротом: задолженность в федеральный, региональный бюджеты и различные фонды составляла около 81 млн рублей (в ценах 1998 г. после деноминации), а оплата расходов на содержание института, не считая заработной платы, составляла 42 млн рублей. При этом портфель заказов был всего 15 млн рублей. Перед нами стояла сложная задача: спасти то, что осталось, и создать нечто новое применительно к изменившимся экономическим реалиям. В итоге долгой тяжелейшей борьбы за право жить и работать в интересах обеспечения национальной безопасности и технологической независимости России ВИАМ не только выстоял, но и получил новое развитие.

В XXI веке основополагающей для научно-исследовательской деятельности института стала программа «Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года». В данном документе, одобренном Научно-техническим советом Военно-промышленной комиссии РФ, был проанализирован отечественный и мировой опыт НИР по созданию материалов и технологий нового поколения, обобщена практика применения и спрогнозированы перспективы их производства во всех отраслях нашей экономики. Сформулированы также принципы создания и последующей переработки материалов нового поколения. Сегодня ВИАМ не

просто предлагает новые материалы, но оценивает создание изделий в ракурсе потребностей современного производства, определенных стратегиями развития таких ведущих интегрированных структур, как корпорации «ОАК», «ОДК», «Вертолеты России», «ОСК», «Росатом», «Роскосмос», «РЖД» и другие.

**- ВИАМ проводит большой объем работ в кооперации со многими предприятиями. С какими российскими регионами институт сотрудничает наиболее активно?**

– Этому направлению ВИАМ уделяет большое внимание. Например, с Республикой Саха (Якутия) мы работаем над созданием арматуры из базальтового волокна, в Ульяновской области реализуем авиационные проекты, в Самарской – активно работаем по программам двигателестроения и авиационно-космического производства, в Республике Мордовия – по материалам для силовой электроники. В Республике Татарстан ВИАМ проводит исследования, связанные с нефтехимическим комплексом и машиностроением, а также авиа- и двигателестроением. Кроме того, в ближайшей перспективе при поддержке президента Татарстана планируется создание в Казани филиала ВИАМ, основным направлением деятельности которого станет производство полимерных композиционных материалов и аддитивные технологии. Тому способствует, во-первых, наличие в регионе развитого промышленного сектора по выпуску основных химических компонентов армирующих наполнителей, во-вторых, присутствие устойчивого рынка сбыта, поскольку конечные потребители композиционных материалов тоже расположены здесь (предприятия авиастроительной отрасли, станкостроения, автопрома и др.). В Башкортостане, также в рамках подписанного с главой Республики соглашения, ВИАМ ведет активную работу с предприятиями газотурбинного двигателестроения, а также образовательными и научно-исследовательскими организациями и промышленными предприятиями: УГАТУ, Институтом проблем сверхпластичности металлов РАН, УМПО. Недавно в рамках кооперации с ОДК мы подписали меморандум о сотрудничестве и взаимодействии, согласно которому на базе УГАТУ планируется создать совместный Центр перспективных литейных и аддитивных технологий. Одним из главных направлений деятельности этого Центра должна стать разработка актуальных технологических решений в области литейного производства, материаловедения, аддитивных технологий в сфере авиагазотурбостроения. Нашим институтом установлены долгосрочные партнерские отношения с 14 регионами. В частности, соглашения о сотрудничестве подписаны с Республиками Мордовия, Саха (Якутия), Башкортостан и Татарстан; Саратовской, Самарской, Московской, Томской и Ульяновской областями; Хабаровским и Пермским краями и др. ВИАМ сотрудничает с 13 национальными исследовательскими университетами и 15 ведущими техническими университетами и вузами, 37 институтами РАН и двумя региональными отделениями, а также более чем со 150 научными организациями и промышленными предприятиями.

**- Помимо научно-исследовательской инфраструктуры, в ВИАМ существует уникальная экспериментально-технологическая и производственная база. Для чего она была создана?**

– В первую очередь, это вызвано необходимостью обеспечения предприятий оборонно-промышленного комплекса небольшими партиями высококачественных, высокопрочных, жаропрочных, функциональных материалов. Крупным промышленным компаниям подобное производство невыгодно, да и не имеют они необходимой технологической инфраструктуры. Однако решать проблему обеспечения гособоронзаказа было необходимо. И в 2002 году Президент России В.В. Путин поддержал идею создания малотоннажных производств на базе института. Это решение обеспечило модернизацию технологической инфраструктуры, позволило наладить выпуск необходимых материалов в требуемом объеме, а также организовать подготовку специалистов. Действующее сегодня в ВИАМ 21 малотоннажное высокотехнологичное производство позволяет выпускать 210 наименований продукции, и тем самым решать как задачи отечественного ОПК, так и в других отраслях нашей промышленности.



**Визит В.В. Путина в ВИАМ (2008 г.)**

Кстати, производим мы не только материалы, но и высокотехнологичное оборудование: например, в кооперации с отечественными партнерами изготавливаем специальные автоматизированные вакуумные плавильно-заливочные и вакуумно-дуговые установки, а также вакуумные установки для нанесения защитных жаропрочных покрытий по ионно-плазменной технологии.

В конце 2015 года ВИАМ провел первую вакуумно-дуговую плавку интерметаллидного титанового сплава на новой отечественной автоматизированной вакуумно-дуговой установке, которая была спроектирована, разработана и изготовлена специалистами конструкторского бюро ВИАМ с использованием систем цифрового проектирования. Создание этой установки и разработку программного обеспечения для нее мы начали год назад в кооперации с российскими предприятиями, когда европейцами были введены ограничения в области сотрудничества в сфере высоких технологий. Итогом работы стало появление этой техники, созданной из отечественных комплектующих и предназначенной для выплавки и переплава жаропрочных

сплавов, специальных сталей и титановых сплавов. Замечу, что многих наших партнеров и заказчиков привлекает сочетание наукоемкого производства и высокотехнологичной экспериментальной базы. Вкупе с профессиональным подходом к решению задач это гарантирует стабильное качество продукции и надежность применяемых материалов.



**Автоматизированная вакуумно-дуговая установка**

Полагаю, из российских НИИ немногие зарабатывают сегодня прибыль. У ВИАМ же в этом плане хорошие показатели, причем почти все средства мы инвестируем в развитие и модернизацию своей научно-производственной базы. Результатом реализации нашей Стратегии стал не только переход на качественно новый научно-технический уровень, но и развитие современных производственных технологий, финансовых инструментов, организационных структур, повышение роли знаний, информации и цифровых технологий в производственных процессах. Все это значительно расширяет традиционное представление о производстве как объекте промышленной политики. Считаю, что это является наглядным примером инновационного развития экономической системы.

Отмечу, что ежегодно институтом разрабатывается более 40 новых марок материалов, почти 150 наших разработок и технологий осваиваются на предприятиях промышленности, около 100 патентов используются в собственном производстве. Сегодня у ВИАМ зарегистрировано более 980 патентов на изобретения, 1300 секретов производства (ноу-хау) и 800 лицензионных соглашений, которые наряду с малотоннажными производствами приносят немалую прибыль. Только за счет продажи авторских прав на изобретения наша выручка за последние четыре года составила в сумме почти 450 млн рублей. По итогам 2015 года институт заработал более 6 млрд рублей, а чистая прибыль превысила 570 млн рублей. И с этой прибыли мы еще в качестве федерального государственного унитарного предприятия в середине июня текущего года заплатим в федеральный бюджет 25 процентов, или около 142 млн рублей. Общий объем всех налоговых сборов за 2015 год составил примерно 1 млрд 200 млн рублей. Примечательно, что все это достиг институт с численностью сотрудников лишь около двух тысяч человек.

**- Сейчас много говорится о применении композитов в различных отраслях промышленности, в том числе авиастроении. Какие достижения в этой области имеются у ВИАМ?**

– Композиционные материалы без сомнения можно отнести к категории наиболее востребованных продуктов современного промышленного производства. В первую очередь их применяют в высокотехнологичных отраслях, в том числе авиационно-космической. Необходимо отметить, что композиты бывают разные: полимерные композиционные материалы (ПКМ), металлические композиционные материалы (МКМ), керамические конструкционные композиционные материалы (КККМ).



#### **Выкладка препрега для автоклавного формования в помещении «чистая комната»**

В настоящее время нет летательного аппарата, в конструкции которого не использовались бы ПКМ, а в некоторых планерах современных самолетов их суммарная доля от общего объема применяемых материалов составляет 60%, в беспилотниках – еще больше.

Для наглядности приведу некоторые цифры. Для нужд предприятий авиационной и ракетно-космической промышленности в ВИАМ разработано в общей сложности более 300 марок ПКМ. При этом новые разработки не уступают, а по ряду характеристик значительно превосходят зарубежные аналоги. В частности, это новое поколение композитов, которое уже применяется в конструкциях пассажирского самолета «Сухой Суперджет», а также в процессе создания ближнесреднемагистрального пассажирского лайнера «Иркут МС-21» (планер, мотогондола двигателя) и высокоскоростного вертолета.

Если говорить более конкретно, то в ВИАМ разработаны высокодеформативные полимерные связующие, калиброванные препреги с высокой точностью весовых характеристик, что позволяет существенно повысить параметры прочности и стабильности всех физико-механических характеристик композитов. Наши новые стекло- и углепластики обладают высокими физико-механическими и эксплуатационными характеристиками по сравнению с зарубежными аналогами.

Например, новый стеклопластик ВПС-48/7781, углепластики ВКУ-39, ВКУ-29 и ВКУ-25 применяются при изготовлении узлов реверсивного устройства,

воздухозаборника и других деталей мотогондолы нового отечественного двигателя ПД-14 (Генеральный конструктор – доктор технических наук, профессор А.А. Иноземцев).



#### **Двигатель ПД-14**

Учеными ВИАМ создан высокопрочный органопластик ВКО-19Л для наружных легких обшивок авиационной техники, представляющий собой листовой композиционный материал. Он предназначен для изготовления герметичных тонколистовых обшивок лопастей несущих винтов вертолетов и элементов самолетов, от которых требуется повышенная устойчивость к динамическим и виброакустическим нагрузкам, эрозионным повреждениям и агрессивным средам. Главными преимуществами ВКО-19Л являются низкое влагопоглощение и высокая удароустойчивость, благодаря чему этот органопластик значительно превосходит зарубежные аналоги, в числе которых и всем известный кевлар.

Для пылезащитного устройства перспективного вертолетного двигателя в ВИАМ создан конструкционный углепластик ВКУ-42. Изделие, разработанное КБ АО «Климов», выполненное из углепластика ВКУ-42 с системой эрозионностойкой защиты, обеспечивает более эффективную очистку воздуха от песка и пыли и способствует снижению массы двигателя на 10% по сравнению с традиционной конструкцией. Не случайно эти «пыльники» вызвали такой ажиотаж среди участников авиасалона «МАКС-2015», ведь благодаря нашим устройствам «сердце» вертолета будет защищено еще надежнее.

Кроме того, в ВИАМ разработана концепция создания высокотемпературных наноструктурированных трещиностойких композиционных материалов и покрытий на основе стеклокерамики, кремнийорганических полимеров и керамики. В частности, совместно с ИОНХ им. Н.С. Курнакова РАН создан новый трещиностойкий керамический конструкционный материал ВМК-11, выдерживающий до 1500°С без охлаждения, имеющий высокий показатель предела прочности при изгибе до 310 МПа и массу в три раза меньшую, чем у металлического прототипа. ВМК-11 предназначен для изготовления элементов камеры сгорания ГТД перспективных летательных аппаратов,

а также может использоваться в конструкциях узлов и деталей наземных ГТУ, работающих в условиях окислительных и агрессивных сред. Допированный высокодисперсными компонентами *insitu*, ВМК-11 не уступает по прочностным характеристикам зарубежным КМ, армированным волокнами SiC, производство которых в России пока не налажено. Совместно с ЦИАМ была продемонстрирована возможность создания деталей авиационных двигателей сложной формы из данного материала, в частности жаровых труб. Как свидетельствуют результаты исследований, по эксплуатационным свойствам наши изделия не уступают зарубежным аналогам и превосходят отечественные на 20%.

Примечательно, что для углеродсодержащих композиционных материалов, обладающих относительно невысокой окислительной стойкостью при температурах выше 450°C, требуется специальная система защиты. Она создана в ВИАМ – это высокотемпературное антиокислительное покрытие марки ВПКА-1 для эксплуатации изделий из углеродсодержащего материала при температурах 1400–1600°C.

В ВИАМ также разработан пенопласт марки ВПП-5, изготовленный на основе полиакрилимидного форполимера отечественного производства. Он рекомендуется для применения в качестве легкого заполнителя трехслойных панелей сложной конфигурации конструкционного, радиотехнического назначения, а также в качестве теплоизоляции взамен импортного материала.

Очень актуально в сегодняшних условиях дальнейшее развитие и внедрение интеллектуальных полимерных композиционных материалов с функциями самодиагностики. Такие материалы, содержащие оптоволоконные датчики с брэгговскими решетками, помогают в режиме реального времени фиксировать напряженно-деформированное состояние конструкции, а впоследствии позволяют создавать «умные» конструкции, адаптирующиеся к внешним нагрузкам.

Реализуя комплексный инновационный проект при поддержке Минпромторга России, ВИАМ совместно с АО «НИИГрафит» разрабатывает технологию, которая позволит в производственных условиях или на месте строительства изготавливать полые арочные элементы моста из ПКМ на основе углепластика и стеклопластиковый профилированный настил. С целью получения достоверной информации и обеспечения возможности непрерывной передачи данных о деформациях и температуре мостовой конструкции нашими специалистами разработана технология получения интеллектуального композита – ПКМ, в который встроены оптоволоконные сенсоры, объединенные в сеть единого контроля. Решается также задача весового контроля транспорта и оценки интенсивности транспортного потока, что позволит прогнозировать продолжительность срока службы мостовой конструкции, планировать ремонтно-восстановительные работы.

Я привел только некоторые примеры внедрения «умных» материалов. Вообще возможности этих разработок весьма широкие. Это – материалы будущего.

**– И все же основными материалами в авиационии пока еще остаются стали и сплавы. Какие здесь есть интересные решения?**

– Разработка и внедрение сверхлегких высокопрочных сплавов является одной из важнейших задач сегодня. В первую очередь речь идет об алюминий-литиевых сплавах, которые в совокупности с внедрением перспективных технологий соединения, включая сварку в твердой фазе, позволяют существенно снизить массу конструкций, а следовательно, и расход топлива. Наши алюминий-литиевые сплавы второго поколения 1420, 1441 (разработанные в конце XX века) применяются в самолетах Бе-103, Бе-200, Ту-204, а также в конструкциях некоторых других изделий.

Помимо этого специалистами института разработаны алюминий-литиевые сплавы третьего поколения В-1461, В-1469, легированные редкоземельными металлами (РЗМ) и обладающие повышенными характеристиками прочности и трещиностойкости при пониженной плотности в сравнении с традиционными алюминиевыми сплавами. Данные сплавы являются свариваемыми, благодаря чему впервые в отечественной практике был получен фрагмент сварной панели крыла, выполненный сваркой трением с перемешиванием. Применение новых материалов в совокупности с прогрессивными технологиями сварки позволило не только обеспечить повышенные характеристики устойчивости конструкции, но и снизить ее массу на 10–15%.

Кроме того, на базе высокопрочного алюминий-литиевого сплава В-1469 реализована концепция гибридной панели крыла с применением слоистых металлополимерных композиционных материалов типа СИАЛ. Испытания показали возможность использования данных конструкций для повышения весовой эффективности при сохранении остальных эксплуатационных характеристик.

Предполагается применять эти современные материалы для создания силового набора перспективных изделий гражданской авиационной техники. Данные сплавы, наряду с применением других материалов нового поколения, позволят России создавать свои конкурентоспособные авиалайнеры, не уступающие зарубежным по летным характеристикам. Примечательно, что технология их выплавки освоена на Каменск-Уральском металлургическом заводе, способном производить в год до 1000 тонн таких сплавов.

К жаропрочным сплавам нового поколения относятся созданные в институте титановые сплавы на интерметаллидной основе, в частности так называемые ортосплавы. Они обладают не только низкой плотностью и высокой прочностью на уровне стали, но и высокой жаропрочностью (650–700°C). Серия деформируемых сплавов ВТИ-4, ВИТ-1, ВИТ-5, например, предназначена для изготовления крупногабаритных кольцевых и дисковых заготовок для нового газотурбинного двигателя ПД-14, благодаря чему его весовая эффективность увеличится на 15–20%.

Одна из самых востребованных наших разработок – термостабильный магнитотвердый материал на принципиально иной композиции с РЗМ, что позволяет изготавливать цельные кольцевые магниты с радиальной текстурой. Данные магниты применяются для навигационных приборов и обеспечивают повышение точности измерения угловой скорости в два-три раза, снижение энергопотребления гироскопа на 15–20%.

Есть спрос и на истираемый уплотнительный материал из металлических волокон с тонкопленочным жаростойким покрытием на основе керамообразующих полимеров. Его отличительные свойства: высокая жаростойкость, термостойкость, эрозионная стойкость, малая плотность. Благодаря этому жаростойкому покрытию рабочие температуры материала возрастают на 200°C, а ресурс эксплуатации увеличивается в 1,5–2 раза. Применяя этот материал в проточной части компрессора и турбины ГТД, можно существенно снизить износ дорогостоящих лопаток и получить экономию топлива, в том числе и в условиях тропического климата.

Хорошей репутацией у моторостроительных заводов пользуется малотоннажное производство на основе уникальной технологии литья шихтовых заготовок из литейных жаропрочных сплавов ЖС32, ЖС6У, ВЖЛ12У, ВЖЛ12З, ЖС6К, ЖС26, ЖСЗДК, ВХ4Л. Главное преимущество применения этой технологии состоит в том, что предполагается стопроцентное использование марочных отходов, что значительно снижает издержки и уменьшает себестоимость производства заготовок на 30–50% по сравнению с аналогичной продукцией металлургических заводов.

В числе востребованных в нашей отрасли изобретений ВИАМ – высокопрочная коррозионностойкая азотсодержащая свариваемая сталь ВНС-65 для изготовления ответственных тяжело нагруженных деталей планера и шасси, а также теплостойкая сталь ВКС241 для термостойких подшипников, работающих при высоких температурах в вертолетных редукторах и авиационных газотурбинных двигателях.

Кстати, в прошлом году по техническому заданию ВИАМ была изготовлена и испытана первая в России отечественная установка для получения сталей со сверхравновесным содержанием азота ДЭШП-0,1. Эта печь позволяет проводить электрошлаковый переплав под давлением и получать стали, которые имеют ряд преимуществ по механическим свойствам и обладают стойкостью к коррозии. Благодаря этой установке стало возможно заменить легирование такими элементами, как Ni, Mn, Mo, Co, а также уйти от легирования углеродом, который образует «вредные» неметаллические включения. Кроме этого, было достигнуто снижение экономических затрат и повышена экологическая безопасность. Так, при полном или частичном отказе от легирования сталей марганцем и замене его азотом при выплавке ликвидированы выбросы в атмосферу токсичных окислов марганца. В свою очередь процесс получения азота не требует существенных затрат и разрушения поверхности и недр земли, неизбежных при добыче руд.

Специалистами ВИАМ также разработано защитное технологическое покрытие ЭВТ-108М, которое применяется при изотермической штамповке на воздухе заготовок дисков из высокожаропрочных никелевых сплавов типа ЭП975. Покрытие защищает поверхность сплавов от окисления, выгорания легирующих элементов, а также служит в качестве эффективной высокотемпературной технологической смазки.

Кроме того, в ВИАМ восстановлено производство ленты из никель-бериллиевого сплава 97НЛ-ВИ для изготовления токоведущих и силовых упругих чувствительных элементов авиаприборов.

**- Одной из серьезных проблем отечественной тяжелой промышленности является плачевное состояние газотурбинного двигателестроения. Общеизвестно, что технические ресурсы здесь основательно исчерпаны, производственные фонды изношены. Существуют ли у ВИАМ какие-то решения, которые применимы в данной сфере?**

– Да, такая работа нами ведется. Начну с того, что это одно из приоритетных направлений нашей деятельности – создание жаропрочных сплавов нового поколения, позволяющих повысить надежность и ресурс газотурбинных двигателей. Чтобы конкретнее обрисовать фронт работы, приведу еще немного цифр.

Для производства лопаток турбин с монокристаллической структурой в ВИАМ созданы высокожаропрочные сплавы серии ВЖМ, эксплуатационный ресурс которых в 1,5–2 раза превышает лучшие отечественные серийные материалы. Разработана также серия интерметаллидных сплавов ВКНА/ВИН для отливок деталей горячего тракта ГТД с равноосной и монокристаллической структурой, в том числе лопаток, створок и проставок сопла на уровне мировых аналогов по соотношению жаропрочности и плотности, работоспособных до 1200°C по материалу.

Для дисков турбин внедряется жаропрочный сплав ВЖ175, превосходящий отечественные и зарубежные аналоги по комплексу характеристик длительной прочности и сопротивлению малоциклового усталости. Для сварных конструкций ГТД осваиваются сплавы с уникальными характеристиками, например высокопрочный ВЖ172, по кратковременной и длительной прочности превосходящий на 15–20% серийные материалы. В качестве материала сварного ротора опробован высокожаростойкий сплав ВЖ171 для жаровых труб и других высокотемпературных деталей ГТД, работающих до 1250°C, превосходящий ранее применяемые аналоги по жаропрочности в 2–3 раза.

В целях обеспечения производства малоразмерных газотурбинных двигателей высококачественными заготовками дисков из высокожаропрочных никелевых и высокопрочных титановых сплавов в институте разработана технология изотермической штамповки на воздухе (во всем мире эта процедура проводится в вакууме, что существенно удорожает процесс производства). Это стало возможным благодаря использованию разработанных в ВИАМ высокоресурсных жаропрочных сплавов для штампов и специального защитного антиокислительного покрытия, выполняющего одновременно функцию высокотемпературной смазки при деформации. Реализация разработанных технологий изготовления штампов обеспечивает увеличение коэффициента использования металла в 2–3 раза и уменьшение трудоемкости производства в 3–5 раз, а также снижение себестоимости штампов в 1,5–2 раза.

Среди основных технологий, определяющих повышение ресурса и надежности деталей газотурбинных двигателей, особое место занимает разработанная нами ионно-плазменная технология высоких энергий, обеспечивающая формирование на поверхности жаро-, коррозионно-, эрозионно- и износостойких функциональных слоев и покрытий.

Для лопаток турбины высокого давления из безуглеродистых жаропрочных сплавов в ВИАМ разработаны специальные покрытия для защиты как внешней поверхности, так и внутренней полости лопаток ГТД. Покрытия имеют противодиффузионные барьерные слои, препятствующие диффузии алюминия и хрома в поверхностные слои жаропрочного сплава.

Как я уже упоминал, для реализации технологий нами разработано, изготавливается и поставляется на предприятия ионно-плазменное оборудование (установки МАП-1М, МАП-2), в том числе для ассистированного осаждения (МАП-3).

**- Евгений Николаевич, еще одно интересное направление – это специальные стекла. Расскажите, пожалуйста, о них.**

– Авиационные органические стекла являются важными конструктивными неметаллическими материалами, занимая до 100% всей площади остекления самолетов и вертолетов. При этом они должны обеспечивать высокие оптические свойства, так как малейшая неровность или непрозрачное включение в стекле могут серьезно осложнить работу летчика при пилотировании.

В ВИАМ разработан оригинальный способ упрочнения оргстекла – ориентация, или другими словами, вытяжка стекла при повышенной температуре. Такие ориентированные стекла, которые не теряют прочность при ударе, царапании и даже сквозном пробое, применяются практически на всех отечественных самолетах и вертолетах. ВИАМ также разработал и налаживает выпуск специальных паст для удаления с поверхности механических повреждений, возникающих в процессе производства или эксплуатации.

Еще одна проблема для авиаторов – бликование остекленных приборов самолета, решение которой, простите за каламбур, также нашло отражение в профессиональной деятельности специалистов нашего института. Помимо антибликовых покрытий, нами разработаны фильтры переменной оптической плотности (стекла или полимерные пленки, светопропускание которых плавно изменяется по оптическому полю детали остекления). Тем самым часть солнечной радиации, попадающей в кабину из верхней полусферы остекления, эффективно ослабляется, уменьшая величину блика. В то же время практически прозрачное на уровне глаз пилота, такое стекло не мешает оценивать окружающую обстановку.

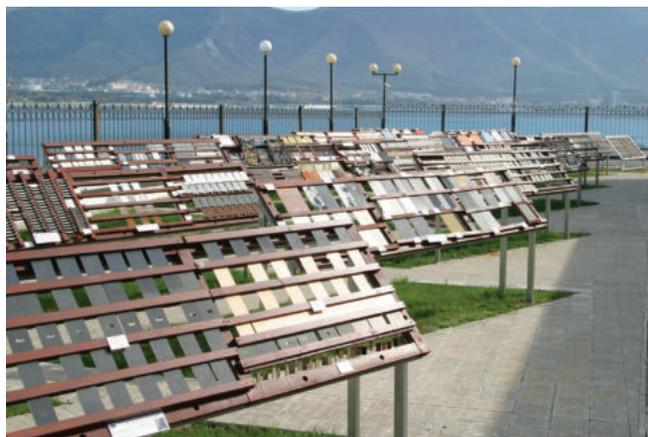
**- Евгений Николаевич, как показывает практика, мало создать материал. Нужно еще и спрогнозировать, как поведет он себя в условиях эксплуатации, ведь от этого зависит очень многое, в том числе безопасность жизни. При этом необходимо еще и защитить материал от воздействия окружающей среды...**

– Совершенно верно, и в своих работах мы уделяем этим вопросам огромное внимание. Вот коррозия, например. Ежегодные потери в мире от нее составляют примерно 2,2 трлн долларов (это почти 3,1% мирового ВВП). В таких странах, как США, Великобритания, Германия убытки в экономике достигают 3% ВВП. В то же время в Японии благодаря целому комплексу эффективных профилакти-

ческих мер цифра эта в два раза меньше – 1,5% ВВП. К сожалению, в России подобной статистики не ведется. Но даже опираясь на оценки только зарубежных экспертов, уже очевидно, насколько огромны убытки.

Однако не только металл требует защиты от различных природных факторов. И композиты тоже разрушаются под действием ультрафиолета, ветра, морской соли, микроорганизмов и других природных явлений. Согласно расчетам можно избежать примерно четверти всех потерь, если использовать научно обоснованные методы защиты материалов от коррозии, старения, биоповреждений и других климатических факторов.

Проведение различных испытаний материалов и конструкций – это отдельное направление в нашей работе. Кстати, здесь надо отдать должное прежде всего выдающемуся ученому – материаловеду профессору Георгию Владимировичу Акимову. Ему принадлежит авторство основополагающих работ по теоретическим и экспериментальным исследованиям коррозии металлов. Именно он стал родоначальником науки, детально занимающейся изучением причин возникновения коррозии и разработкой мер по борьбе с ней. По инициативе Г.В. Акимова и под его руководством появилась первая в СССР лаборатория по изучению коррозионной стойкости авиационных сплавов, а затем – целая сеть коррозионных станций в представительских климатических зонах страны. Его именем назван филиал ВИАМ – Геленджикский центр климатических испытаний (ГЦКИ им. Г.В. Акимова). После ввода его в эксплуатацию в 2009 году открылись новые возможности исследования процессов коррозии. Этот научный центр – единственный в России, где в условиях морского климата проводятся комплексные испытания материалов, элементов конструкций и изделий. На основе полученных сведений создана единая база данных о климатической стойкости материалов и конструкций. Учитывая значимость этих исследований и результатов, в перспективе в России необходимо создать единую Национальную сеть центров климатических испытаний, в которую, по нашим расчетам, нужно включить не менее 7 центров, 25 станций в различных климатических зонах мира и павильон с имитацией влажного тропического климата для микологических испытаний. А пока мы проводим натурные испытания образцов, в том числе и микробиологические, на



**Геленджикский центр климатических испытаний им. Г.В. Акимова**

9 климатических и 7 микологических площадках, расположенных в различных географических поясах земного шара.

Следует отметить, что ГЦКИ входит в структуру Испытательного центра ВИАМ, аккредитованного Авиационным регистром Межгосударственного авиационного комитета (АР МАК), в котором проводится широкий спектр испытаний, в том числе сертификационные, арбитражные, экспертные. Климатические центры ИЦ ВИАМ включены в международную сеть станций климатических испытаний ATLAS.

Для противодействия коррозии и биоразрушению в ВИАМ разрабатываются комплексные системы защиты конструкций из металлических, полимерных композиционных материалов и их соединений, создаются технологии защиты и ремонта, а также специальные методики испытаний. Замечу также, что ВИАМ всегда был в авиационной отрасли головной организацией по неразрушающему контролю, и диагностика качества деталей из композитов – одно из приоритетных направлений наших исследований и разработок.

Сегодня на большинстве отечественных предприятий отрасли неразрушающий контроль деталей и заготовок ведется по разработанным нами методикам. За рубежом – у «Боинга», «Эрбаса» и «Бомбардье» – неразрушающий контроль деталей из ПКМ уже автоматизирован. У нас же пока применяется ручной контроль, который очень трудоемок и субъективен. В конце 2015 года ВИАМ совместно с МГТУ им. Н.Э.Баумана разработал технологии автоматизированного ультразвукового контроля и роботизированный комплекс, который заменит человека при диагностике деталей из композиционных материалов. При стоимости в 3–4 раза меньшей, чем у зарубежных аналогов, этот комплекс во многом их превосходит. Например, в программном обеспечении применены запатентованные нами алгоритмы обработки данных, повышающие качество контроля; контроль можно осуществлять сухим методом, что очень важно для композитов. Надеюсь, в ближайшей перспективе эта разработка будет широко внедрена в нашу промышленность.



### **Покраска самолета Ил-76МД-90А**

Большая работа была выполнена по созданию системы покрытий для глубоко модернизированного серийного военно-транспортного самолета Ил-76МД-90А. ВИАМ осуществляет поставку лакокрасочного покрытия в требуемых количествах и ведет авторский контроль. Применяются покрытия на основе фторполиуретановой эмали

ВЭ-69 и эрозионностойкой эмали ВЭ-71, которые успешно защищают материал от перепада температур и других факторов и по своим свойствам превосходят зарубежные аналоги. Особенность матовой эмали ВЭ-69 состоит в том, что она обладает высокой атмосферостойкостью и улучшенными защитными свойствами, а ВЭ-71 – обеспечивает радиопрозрачные свойства и эрозионную стойкость покрытий. Данные эмали имеют дополнительно специальные защитные свойства, что продиктовано требованиями военно-транспортной авиации.

**- Как известно, головная боль многих наших предприятий сегодня – это кадры. Практика показывает, что подходить к решению этой серьезной проблемы необходимо заблаговременно и системно. Каким образом решается этот вопрос в ВИАМ?**

– К сожалению, многие наши чиновники пока так и не поняли, что специалиста, способного самостоятельно решать задачи в области аддитивных технологий, на зарубежном 3D-принтере и импортном материале не вырастить. Процесс этот куда более сложен, чем кажется на первый взгляд.

За несколько лет нам удалось выстроить систему непрерывного образования, которая позволяет подготовить высокопрофессиональных специалистов как для нашего института, так и отраслевой науки в целом. Образовательная деятельность в ВИАМ направлена на увеличение индивидуальных практических занятий и производственных практик при существенном повышении их качества. Все это способствует становлению молодого специалиста как ученого, развитию у него системного мышления, умения анализировать многочисленные факты и делать верные выводы.

Для подготовки специалистов в ВИАМ успешно работают различные схемы социальной поддержки молодежи. Должен сказать, что все сделанное принесло ощутимые результаты. За 15 лет средний возраст сотрудников института снизился с 61 года до 43 лет. Из 1990 сотрудников института – 900 человек в возрасте до 35 лет. Конечно, большую роль в становлении кадрового резерва играют действующие в ВИАМ система подготовки специалистов и институт наставничества.

В профессиональной подготовке молодых специалистов важную функцию выполняет Учебный центр, благодаря которому представители смежных предприятий отрасли могут повышать свою квалификацию, осваивать новые теоретические знания и получать практический опыт работы на современном оборудовании. Благодаря поддержке Минобрнауки наш Учебный центр стал одной из первых научных организаций в России, осуществляющих образовательную деятельность по программам магистратуры с выдачей диплома государственного образца.

Еще одна важная начальная ступень целевой профессиональной подготовки – это ежегодный конкурс «Материаловед будущего», который ВИАМ проводит среди учащихся 11-х классов при поддержке Департамента науки, промышленной политики и предпринимательства города Москвы. Это помогает на ранней стадии отобрать талантливых ребят и точно фокусировать подготовку будущих специалистов. Финалисты этого конкурса получают льготы при поступлении в ведущие технические вузы страны.



### **Награждение победителей конкурса «Материаловед будущего»**

**- Евгений Николаевич, может ли Россия, на Ваш взгляд, в нынешних условиях вернуть утраченное технологическое лидерство?**

– Уверен, что не только может, но и обязана это сделать в максимально сжатые сроки. Но для этого необходимо не только говорить о проблемах, но и решать их, выработать стратегию и строго ей следовать.

Для решения масштабных задач, обозначенных Президентом России Владимиром Путиным в Послании Федеральному Собранию, а также для реализации Национальной технологической инициативы нужно объединить результаты науки и образования, промышленные ресурсы и производственные мощности всей страны. Необходимо определить ряд ключевых прорывных технологий и мега-проектов, к воплощению которых важно привлекать бизнес-сообщество. Безусловно, важен и предыдущий опыт, ведь заглянуть в будущее можно только, как говорил Ньютон, «опираясь на плечи титанов».

Убежден, что мы не только сможем вернуть утраченное лидерство в области получения новых знаний и технологий, но и успешно реализуем их на практике, создавая конкурентоспособный инновационный продукт. И, конечно, вряд ли мы серьезно продвинемся в этой работе, пока не решен вопрос защиты интеллектуальной собственности.

Сегодня важно признать и понять новое место Российского государства в меняющемся мире и ставить реальные стратегические цели в экономике и производстве. Переход нашей страны к шестому технологическому укладу невозможен без создания материалов нового поколения, основанных на цифровых технологиях и принципе неразрывности «материал–технология–конструкция».

На мой взгляд, все крупные инфраструктурные проекты, составляющие ядро национальной технологической инициативы, должны разрабатываться и реализовываться исключительно на базе глубокого научно-технологического прогноза и стратегического планирования. Таких проектов не должно быть много, достаточно пяти-шести, но все они должны носить базовый, межведомственный и системообразующий характер. Только при таком условии их реализация обеспечит России эффективное решение стратегических задач, поставленных руководством страны в рамках Национальной технологической инициативы.

И такими проектами в первую очередь должны стать цифровые технологии для конструирования, моделирования и производств, робототехника и станкостроение, аддитивное производство замкнутого цикла, разработка и создание материалов нового поколения, инновации в сфере глубокой переработки нефти и газа.

Кроме того, реальным механизмом воплощения в жизнь Национальной технологической инициативы могла бы стать скоординированная программа научных исследований и разработок в рамках перспективного развития новых производственных технологий на период 2016–2020 гг. При этом крайне важно многостороннее инвестиционное, производственное и технологическое взаимодействие, кооперация и интеграция крупных частных и государственных корпораций, малого и среднего бизнеса. Зоной их ответственности, например, вполне может быть программа развития производственной инфраструктуры.

**- А какое конкретное направление может стать прорывным на пути в шестой технологический уклад?**

– На мой взгляд, это аддитивные технологии, или 3D-печать. Аддитивные технологии являются основой новой промышленной революции. Они позволяют повысить производительность труда в 20-30 раз, довести коэффициент использования материала до единицы, в разы снизить энергозатраты.

Не случайно во всех развитых странах это направление стремительно развивается. Так, в США рынок 3D-печати с 2010 по 2014 год прирастал в среднем на 27,4%, в итоге его оборот уже превысил 3 млрд долларов. В 22 странах действуют национальные ассоциации по аддитивным технологиям, объединенные в альянс GARPA (Global Alliance of Rapid Prototyping Associations). Аддитивные технологии востребованы в авиакосмической сфере, оборонной промышленности, медицине и других научных сферах. Например, корпорация «Боинг» уже изготавливает с применением аддитивных технологий более 22 тыс. деталей 300 наименований для 10 марок коммерческих и военных самолетов, включая «Дримлайнер» (Boeing-787-8 Dreamliner).

Мы не должны проспать столь важное направление, как это уже случилось в нашей истории, когда мы не разглядели преимуществ кибернетики и генетики.

Сегодня для развития аддитивных технологий в России необходима координация усилий всех проектных, научных и инженерных команд по работе сразу в нескольких конкретных направлениях. Это и разработка национальных стандартов для аддитивного производства, и подготовка/переподготовка квалифицированных кадров, и проектирование и создание 3D-установок, а также производство отечественных металлических и неметаллических порошковых композиций, от которых зависит качество получаемых изделий. Нашему институту удалось добиться определенных результатов по данным направлениям. Мы смогли создать свои порошковые композиции 28 марок. Причем одна из них уже используется для изготовления конкретной детали, внесенной в конструкторскую документацию. Это завихритель фронтального устройства камеры сгорания перспективного двигателя ПД-14, который будут



### ***Завихрители фронтального устройства камеры сгорания перспективного авиационного двигателя ПД-14***

ставить на самолет МС-21. Трудоемкость производства с использованием аддитивной технологии снижена в 10 раз, а качество в разы выше, чем при литье.

Кстати, в новом газотурбинном двигателе ПД-14 генеральный конструктор Александр Александрович Иноземцев применил более 20 марок материалов нового поколения. В частности – для изготовления деталей и агрегатов мотогондолы этого двигателя (первой в СССР и РФ из полимерных композиционных материалов).

#### **- Какие проблемы, на Ваш взгляд, сегодня стоят наиболее остро на пути инновационного развития России?**

– Проблем очень много. О них я подробно рассказал в своей книге «Тенденции и ориентиры инновационного развития России». Поэтому тезисно остановлюсь на ключевых моментах.

На мой взгляд, одной из главных наших бед является отсутствие в России развитого рынка интеллектуальной собственности. Мировой опыт подсказал главную суть развития инновационной модели: формирование рынка интеллектуальной собственности путем создания системы комплексных мер (правовые, организационно-экономические, финансово-административные), которые обеспечат вовлечение в экономику интеллектуального потенциала страны, изменят вектор ее развития в пользу наукоемких и творческих индустрий. Данный курс должен быть закреплен документами федерального статуса. С этой целью сегодня в России разрабатывается раздел, посвященный долгосрочной государственной стратегии в области интеллектуальной собственности, для включения в Стратегию инновационного развития РФ на период до 2020 года.

#### **- Геополитическая ситуация вокруг России за последнее время кардинально изменилась. По Вашему мнению, пострадает ли от этого отечественная наука?**

– Сегодняшняя Россия вряд ли сможет обеспечить свою самодостаточность и независимость без новых знаний и передовых технологий. Все мы видим развернутую так

называемыми «демократическими» элитами мощнейшую со времен холодной войны антироссийскую кампанию.

Жесткая пропаганда в духе крестовых походов вкпе с различного рода санкциями и дипломатическими инсинуациями стала реакцией на обоснованные шаги России по отстаиванию своих национальных интересов. Конечно, ни в коем случае нельзя замыкаться, не признавая мировых тенденций к глобализации, в том числе в экономике, политике, науке. Как показал исторический опыт, подобные шаги к автаркии не приносят положительных результатов. Но вместе с тем нам необходимо утвердить и приоритет собственных интересов.

Например, вряд ли правильно оценивать результаты отечественной научной деятельности с опорой на индекс публикационной активности только в зарубежных научных журналах. На мой взгляд, эта оценка должна выстраиваться не по количеству зарубежных цитирований или наукометрических показателей (индикаторов), а по качеству работ, экспертным заключениям и объему изученных документальных и аналитических материалов. Одним из реальных шагов в этом направлении могло бы стать развитие собственных реферативных баз и распределение госсредств с учетом показателей и отечественных наукометрических систем. Ведь мы уже имеем свою разработку – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ). Думаю, в перспективе возможно создание таких же общедоступных систем на основе поисковиков Yandex или Mail, которые вполне способны составить конкуренцию Google Scholar.

Несомненно, существующая сейчас система оценок научных работ и распределения грантов во многом обоснована, но, если мы хотим строго отстаивать национальные интересы России, повышать свой авторитет на международной арене, донести до мира нашу историю и развивать науку, эта система все же должна претерпеть определенные изменения. И делать это нужно не просто копируя западный опыт, а используя и адаптируя его под наши задачи, создавая свои ноу-хау.

Кстати, в конце прошлого года была презентована база данных российских научных журналов Russian Science Citation Index (RSCI) для размещения их на платформе Web of Science в виде отдельной базы. Как руководитель экспертного совета RSCI по направлению «Инженерные и технические науки», я могу утверждать, что этот шаг сделает публикации отечественных изданий доступными для пользователей Web of Science и повысит качество российских журналов, которые также получат возможность индексироваться на данной платформе, в том числе и на русском языке. Это, несомненно, будет способствовать выполнению поставленных Президентом задач по повышению публикационной активности и цитируемости российских ученых.

Возвращаясь к теме, хотел бы отметить, что в современном мире стремительно происходят изменения, которые затрагивают все стороны жизни, в том числе и научно-техническую сферу. Ведущие страны гибко реагируют на такие тенденции, создавая новые, более эффективные механизмы поддержки и развития системы научных исследований. В век нового технологического

прорыва и глобализации приоритеты развития принадлежат интеллектуальному капиталу, и сегодня в мировом сообществе происходит постепенная дифференциация по трем основным группам. Первая – это государства, создающие новые знания, вторая – страны, генерирующие на их базе современные технологии и инновационную продукцию. Обе эти группы получают колоссальное преимущество над третьей, которая в силу своей технологической отсталости должна будет стать донором природных и трудовых ресурсов.

Несомненно, что практическое решение конкретных задач, а не их «забалтывание», способно излечить Россию от углеводородной зависимости и вновь запустить локомотив научно-технологического прогресса.

Вместе с тем еще одна главная задача, которую мы должны поставить перед обществом, – кардинально изменить отношение к нравственным ценностям, которые базируются на богатейшей русской истории, исконных традициях, национальном самосознании. Необходимо сделать основным социальным приоритетом знания и интеллект, стремление к получению хорошего качественного образования, проведению активных теоретических и практических изысканий. Отечеству пора излечиться от потребительского вируса, поразившего всех и вся. Наше образование должно быть нацелено именно на развитие науки, экономики, производства, на подготовку и воспитание творца, а не потребителя.

В заключение повторю: несмотря на сложную геополитическую обстановку, Россия способна вернуть утраченное технологическое лидерство на мировой арене. С нашими природными ресурсами, обширной территорией и человеческим потенциалом нет ничего невозможного, несмотря на сложную внешнеполитическую и экономическую ситуацию. Здесь важен стратегический подход к решению задач, правильное распределение средств и жесткий их контроль, кооперация, а также выстраивание четкой, прозрачной и понятной схемы работы. Другого выхода у нас сегодня просто нет.

## ДЛЯ СПРАВКИ

**Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов (ВИАМ) Государственный научный центр Российской Федерации** (образован Приказом по Наркомату тяжелой промышленности СССР от 28 июня 1932 г. № 435)

Ведущая научно-исследовательская организация оборонно-промышленного комплекса, включающая 32 научно-технологических комплекса по разработке материалов нового поколения, Испытательный центр, экспериментальную базу и филиалы: Геленджикский центр климатических испытаний ВИАМ им. Г.В. Акимова, Воскресенский экспериментально-технологический центр по специальным материалам, Ульяновский научно-технологический центр.

Выполняет заказы на разработку и поставку широкой номенклатуры металлических и неметаллических материалов, покрытий, технологических процессов и оборудования, создание новых методов защиты от коррозии, а также средств контроля исходных продуктов, полуфабрикатов и изделий на их основе.

Реализует свои разработки для решения задач в авиа- и машиностроении, космической отрасли, энергетике, строительстве, медицине и других сферах.

Выполняет весь цикл работ – от фундаментальных и прикладных исследований до разработки материалов, технологий, оборудования, подготовки нормативной документации и организации малотоннажного производства.

Ежегодно ВИАМ разрабатывает в среднем более 40 марок материалов, около 150 разработок и технологий института осваивается на предприятиях промышленности. В собственном производстве используется около 100 изобретений. Научные разработки ВИАМ подтверждены 4 600 авторскими свидетельствами и более чем 985 патентами.

Институт выпускает журналы, рецензируемые ВАК («Труды ВИАМ» и «Авиационные материалы и технологии»), научно-техническое издание «Новости материаловедения», книжную и рекламную продукцию.

