

НАУЧНАЯ СЕССИЯ ОБЩЕГО СОБРАНИЯ ЧЛЕНОВ РАН
“ПЕРИОДИЧЕСКАЯ ТАБЛИЦА –
УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ЯЗЫК ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ”

МАТЕРИАЛЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ
И ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИХ ПЕРЕРАБОТКИ

© 2020 г. Е. Н. Каблов

Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов, Москва, Россия

E-mail: admin@viam.ru

Поступила в редакцию 24.12.2019 г.

После доработки 17.02.2020 г.

Принята к публикации 18.02.2020 г.

В связи с реализацией Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации в докладе показана необходимость формирования советов по приоритетным направлениям научно-технологического развития на примере реализации в СССР атомного проекта национального уровня, в котором важное значение имела кооперация сотен научных и производственных структур. Успешное выполнение поставленных тогда задач тесно связано с ВИАМ и его учёными, внёсшими неоценимый вклад в разработку новых материалов. Представлена ключевая роль института в настоящее время как организации, ответственной за реализацию приоритетного технологического направления “Технологии материаловедения”, и как разработчика материалов нового поколения.

Ключевые слова: материалы, технологии, материаловедение, ВИАМ, научно-технологическое развитие, атомный проект, ТВЭЛ, научно-производственная кооперация.

DOI: 10.31857/S0869587320040052

Материалы нового поколения составляют основу создания гражданской и специальной техники, конкурентоспособной на мировом рынке. Разработанные по инициативе Всероссийского научно-исследовательского института авиационных материалов (ВИАМ) в 2011 г. “Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года”, одобренные Научно-техническим советом Военно-промышленной комиссии РФ, определяют направления и этапы фундаментальных и прикладных исследований в области материаловедения [1]. В 2017 г. они были актуализированы с учё-

том Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, утверждённой годом ранее (Указ Президента РФ № 642 от 1 декабря 2016 г.).

В Стратегии отмечается, что в ближайшие 10–15 лет одним из основных приоритетов научно-технологического развития Российской Федерации будет “...переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования...” (п. 20а). При этом распоряжением Правительства Российской Федерации от 24 июня 2017 г. № 1325-р был утверждён План мероприятий по реализации Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации на 2017–2019 гг. (первый этап), определяющий, в частности, порядок создания и функционирования советов по приоритетным направлениям научно-технологического развития (Постановление Правительства РФ от 17 января 2018 г. № 16). Эти советы сформированы, однако по ряду приоритетных направлений научно-технологического развития РФ в состав советов не включены представители государственных научных центров (ГНЦ), промышленных предприятий и ведущих конструкторских



КАБЛОВ Евгений Николаевич – академик РАН, генеральный директор ВИАМ.

бюро. Учитывая важность вопроса, необходимо провести корректировку состава советов с привлечением института генеральных конструкторов, руководителей приоритетных технологических направлений и ГНЦ РФ [2].

Примером успешного выполнения проектов национального уровня можно считать создание атомного оружия в СССР и работы по мирному атому. Ответственность за атомный проект возлагалась на Академию наук СССР, однако постановлением технического совета Спецкомитета при Совете народных комиссаров СССР “О полномочном привлечении к участию в работах по использованию внутриатомной энергии научных учреждений, отдельных учёных и других специалистов” от 24 августа 1945 г. в интересах реализации проекта была организована крупнейшая научная и производственная кооперация. Только в области материаловедения к работе были привлечены Лаборатория № 2 АН СССР (ведущая организация и координатор работ), Государственный специальный проектный институт № 11, вошедший позднее в структуру Министерства среднего машиностроения (МСМ) СССР, Институт химической физики АН СССР, Физико-химический институт им. Л.Я. Карпова, НИИ-9, НИИХиммаш, ЦНИИТмаш (последние три входили в структуру МСМ СССР), Всесоюзный институт авиационных материалов Министерства авиационной промышленности СССР и другие отраслевые институты различных ведомств. Всесоюзному институту авиационных материалов в этой кооперации отводилась одна из ведущих ролей.

В части прикладных работ по обеспечению создания первого в СССР ядерного промышленного реактора А-1, на котором впервые в нашей стране было получено значительное количество плутония, ВИАМ отвечал за изготовление урановых блочков – предшественников тепловыделяющих элементов (ТВЭЛ) в ядерном реакторе, в документации именуемых “деталь № 0–4”, и технологических каналов – трубок, через которые протекает охлаждающая вода. Важность материаловедческих задач подтверждается тем, что руководитель Лаборатории № 2 АН СССР академик И.В. Курчатов каждую неделю проводил совещания в ВИАМ для оперативного решения вопросов.

В 1946–1948 гг. для первых атомных реакторов Ф-1 и А-1 Всесоюзный институт авиационных материалов разработал и внедрил: покрытие для защиты от коррозии урановых блочков, алюминийевый сплав САВ-1 для изготовления технологических каналов реактора, технологии герметизации урановых блочков в алюминиевые оболочки. Высокий уровень выполненных работ подтверждается тем, что реактор А-1, запущенный в

1948 г., эксплуатировался 38 с половиной лет вместо запланированных 5 лет, а сплав САВ-1 производится до сих пор для нужд атомной промышленности.

За создание комплекса материалов и технологий для реализации атомного проекта в СССР четыре сотрудника института – Р.С. Амбарцумян, Г.В. Акимов, М.В. Поплавко-Михайлов и В.А. Григорьев получили в 1949 г. Сталинские премии.

Ввиду успешного выполнения первой задачи, связанной с атомным проектом, постановлением Совета министров СССР от 6 апреля 1948 г. Всесоюзный институт авиационных материалов назначался ответственным “по вопросам исследования по коррозии и изысканию материалов для агрегатов и оборудования химических цехов для агрегата с водяным охлаждением на слабо обогащённом уране мощностью до 300 тыс. кВт”. Научное руководство работ осуществляли Р.С. Амбарцумян и Г.В. Акимов.

Специалисты ВИАМ, тесно взаимодействовавшие с АН СССР, знали о насущной потребности в новых материалах для ТВЭЛ и технологических охлаждающих каналов, поэтому уже в конце 1953 г. здесь была создана специальная группа под руководством Р.С. Амбарцумяна. В 1948–1957 гг. Р.С. Амбарцумяном и А.А. Киселёвым разработаны и внедрены промышленные сплавы на основе циркония для реакторов на тепловых нейтронах с 1% ниобия для оболочек ТВЭЛ (сплав Э110) и с 2.5% ниобия для технологических каналов реакторов типа РБМК (сплав Э125).

Р.С. Амбарцумян впервые предложил использовать сплавы циркония с ниобием, в то время как вся мировая практика базировалась на сплавах типа циркалой (цирконий–олово), получаемых магнийтермическим методом. Таким образом, именно ВИАМ можно и нужно считать пионером в области бинарных сплавов системы цирконий–ниобий, которые до сегодняшнего дня остаются базовыми конструкционными материалами для отечественных ядерных реакторов на тепловых нейтронах.

В 1948–1957 гг. ВИАМ совместно с Институтом физических проблем АН СССР, Институтом атомной энергии АН СССР, НИИ-8 (НИКИЭТ) МСМ СССР и НИИ-9 (ВНИИНМ) МСМ СССР провёл значительный объём фундаментальных и прикладных исследований для создания энергетических атомных реакторов. ВИАМ были разработаны промышленные технологии изготовления стержней, таблеток и втулок из диоксида урана, а также технологии изготовления ТВЭЛ таблетчностержневого типа в циркониевой оболочке и герметизации их электронно-лучевой или контактно-стыковой сваркой.

В ВИАМ под руководством Р.С. Амбарцумяна, А.М. Глухова и А.А. Киселёва были разработаны конструкции ТВЭЛ и технологических каналов для атомных реакторов типа ОК-150 и ОК-900 (для ледокола “Ленин”) и ВМ (многоцелевые и ракетные атомные подводные лодки проектов 627, 667, 670, 671, а под руководством академика И.Н. Фридляндера – сверхпрочный специальный сплав В96Ц с пределом прочности 700 МПа для газовых центрифуг атомной энергетики. Сплав обеспечил высокую скорость вращения (1500 об/с) газовых центрифуг для обогащения урана-235 центрифужным методом, экономичность которого в 5 раз выше, чем у зарубежного термодиффузионного метода.

Разработаны также оригинальные технологии производства полуфабрикатов из сплава В96Ц на Каменск-Уральском металлургическом заводе: получения штамповок из литой заготовки с пониженной на 15% скоростью ползучести для длительной эксплуатации концевых деталей (диафрагм и крышек) – до 30 лет без текущих и капитальных ремонтов; обратного прессования труб для повышения на 20% и стабилизации прочностных характеристик роторов. Была создана научная и производственная кооперация (Лаборатория № 2 АН СССР, Сухумский физико-технический институт МСМ СССР, Институт физических проблем АН СССР, ГСПИ-11, Комбинат № 814 (Уральский электрохимический комбинат) МСМ СССР, ВИАМ, Каменск-Уральский металлургический завод Министерства цветной металлургии СССР и другие организации). Академик А.П. Александров каждый месяц проводил совещания в ВИАМ для оперативного решения вопросов.

Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов по настоящее время осуществляет авторский надзор за изготовлением полуфабрикатов и, основываясь на статистических данных заводов-производителей (ОАО “КУМЗ”, ВПО “Точмаш”, ОАО “Зид”), постоянно совершенствует технологию производства, в результате чего процент брака постоянно уменьшается и составляет на текущий момент менее 1%.

В России по центрифужной технологии производятся стабильные изотопы для ядерной медицины, атомной энергетики, электроники, физики, химии, биотехнологий, агрохимии. До настоящего времени ни одна страна в мире не может осуществить производство такого ассортимента изотопов, как Россия (40% мирового рынка).

Опыт убедительно показывает, что только научно-производственная кооперация в виде консорциумов науки, образования и бизнеса с привлечением государственно-частного партнёрства

позволяет реализовывать крупные инновационные проекты полного цикла. Такого же подхода требует и создание материалов нового поколения. Оно базируется на принципе единства “материал – технология – конструкция – высокотехнологичное оборудование” [3]. При этом применяется многоуровневый подход: моделирование материала на нано-, микро-, мезо- и макроуровнях, исследование механизмов поведения элементарных образцов с валидацией результатов для элементов конструкций и изделий. Такие разработки невозможны без применения компьютерного конструирования состава материалов и математических моделей их производства, что позволяет оптимизировать технологию изготовления деталей по условиям напряжённо-деформированного состояния, оценивать влияние исходного сырья на физико-механические характеристики будущего изделия.

Следует ещё раз подчеркнуть, что ключевая роль в создании материалов нового поколения принадлежит проектам полного инновационного цикла на базе консорциумов, в том числе в рамках государственно-частного партнёрства. При этом необходимо принятие решения по следующим направлениям.

1. Определение организации-лидера по приоритетному продуктовому направлению.
2. Наделение лидера правом формирования консорциума предприятий для выполнения крупных инновационных проектов полного цикла.
3. Предоставление финансового обеспечения для выполнения проекта.
4. Определение персональной ответственности руководителя консорциума за достижение поставленной задачи.

Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов как организация, ответственная за реализацию приоритетного технологического направления “Технологии материаловедения”, выполняет полный цикл работ – от фундаментальных, прикладных исследований до разработки материала, технологии, оборудования, выпуска нормативной документации и передачи лицензий производителю или организации малотоннажного производства. В настоящее время в институте действуют 25 малотоннажных инновационных производств по выпуску 253 наименований продукции.

Ключевую роль в совершенствовании технологического процесса изготовления деталей сложных технических систем играют цифровые и аддитивные технологии, позволяющие создавать детали высокого качества с наименьшими затратами посредством прямого синтеза (“добавления”) материала. Традиционные, “вычитающие” технологии (литьё, механообработка и т. д.) такими возможностями не обладают.

В ВИАМ разработаны технологии и организовано серийное производство высококачественных порошков припоев и порошковых композиций для аддитивных технологий отечественных сплавов (свыше 25 марок) с выпуском полного комплекта нормативной документации. Это позволило создать аддитивное производство полного цикла. Впервые в России для АО «Авиадвигатель» изготовлена по аддитивной технологии «боевая» деталь перспективного авиационного двигателя ПД-14 (завихритель фронтального устройства камеры сгорания), в полном объёме отвечающая требованиям конструкторской документации. Двигатель ПД-14, в составе камеры сгорания которого установлены эти детали, прошёл лётные испытания [4].

Для внедрения аддитивных технологий в промышленность Российской Федерации, в том числе в авиационное двигателестроение, по поручению председателя правительства РФ и Минпромторга России на базе ВИАМ совместно с государственными корпорациями «Росатом», «Роскосмос» и «Ростех» при участии Росстандарта, Фонда перспективных исследований, интегрированных структур, ведущих вузов и Российской академии наук разработан проект паспорта Подпрограммы «Развитие аддитивных технологий и создание цифровых производств» на период 2019–2025 гг. Проект необходимо рассмотреть на заседании межведомственной рабочей группы Минпромторга России по развитию аддитивных технологий в Российской Федерации, согласовать в установленном порядке с федеральными органами исполнительной власти и внести в правительство для утверждения. Необходимо также внесение изменений в Указ Президента РФ от 7 июля 2011 г. № 899 «Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации» в части учёта в нём аддитивных технологий [5].

В целом для широкого внедрения аддитивных технологий ключевой задачей является повышение роли институтов РАН в постановке и реше-

нии фундаментальных и прикладных задач в области аддитивного производства, включая:

- моделирование температурных полей и процессов формирования материала при лазерном (электроннолучевом) синтезе для мультитрековой структуры (в настоящее время все модели относительно корректно описывают формирование лишь отдельного трека);
- разработку алгоритмов и принципов объективного контроля формирования синтезированного материала в процессе экспонирования;
- разработку новых методов неразрушающего контроля деталей аддитивного производства;
- разработку технологий получения высокочистых металлических и полимерных композиций, включая микрелегирование редкоземельных металлов;
- разработку отечественного программного обеспечения, сканатора и контроллеров для аддитивного оборудования.

Взяв на себя ответственность за успешное решение перечисленных задач, Российская академия наук создаст необходимые условия для вхождения России в новый технологический уклад.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каблов Е.Н. Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года // Авиационные материалы и технологии. 2012. № S. С. 7–17.
2. Каблов Е.Н. Инновационные разработки ФГУП «ВИАМ» ГНЦ РФ по реализации «Стратегических направлений развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года» // Авиационные материалы и технологии. 2015. № 1(34). С. 3–33.
3. Каблов Е.Н. Материалы нового поколения – основа инноваций, технологического лидерства и национальной безопасности России // Интеллект и технологии. 2016. № 2(14). С. 16–21.
4. Каблов Е.Н. // ВИАМ: материалы нового поколения для ПД-14 // Крылья Родины. 2019. № 7–8. С. 54–58.
5. Каблов Е.Н. Нам очень нужен прорыв // Известия. 2018. 6 сентября.