

КОРПОРАТИВНЫЙ ЖУРНАЛ ДИВИЗИОНА  
«ДВИГАТЕЛИ ДЛЯ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ» АО «ОДК»

# ТРАМПЛИНГ К УСПЕХУ

ЦИФРОВАЯ  
ЭКОНОМИКА  
ЗНАНИЙ



№ 13  
2018





**ДМИТРИЙ МИРОНОВ**  
губернатор Ярославской области

Уважаемые коллеги!

Рад приветствовать Вас на V Международном технологическом форуме «Инновации. Технологии. Производство».

Форум уже зарекомендовал себя, как уникальная площадка по обсуждению и реализации Национальной технологической инициативы – комплекса проектов и программ, направленных на формирование и развитие в России высокотехнологичных рынков, которые будут оказывать решающее влияние на рост мировой экономики в течение ближайших 15-20 лет.

Символично, что Форум проходит в Рыбинске – городе, где в ближайшей перспективе будет запущен испытательный полигон первой в России «Умной фабрики» для отработки инновационных производственных технологий. Это совместный проект Правительства Ярославской области, государственной корпорации «Ростех» и ПАО «ОДК-Сатурн» по реализации региональной дорожной карты развития направления «ТехНет» Национальной технологической инициативы.

В рамках этого проекта на базе «ОДК-Сатурн» и будет создана первая в России из 40-ка запланированных по всей стране «Фабрик Будущего».

Только так, создавая фабрики будущего, применяющие передовые информационные технологии в различных отраслях, можно совершить качественный рывок в развитии Ярославской области.

Сегодня именно экономика знаний является фундаментом для развития цифровых инноваций, основанных

на отечественных разработках. Это одна из ключевых задач, нацеленных на обеспечение национальной безопасности России. Об этом в своем послании Федеральному собранию говорил Президент страны Владимир Владимирович Путин.

Важно отметить, что Ярославская область обладает огромным потенциалом в сфере передовых производственных технологий. Самая долгосрочная стратегия развития региона основана на концепции Национальной Технологической Инициативы.

Все предпосылки для развития НТИ в регионе уже сложились. Помимо предприятий-лидеров по нескольким направлениям НТИ уже осваивают перспективные рынки и развивают необходимые для этого технологии. В регионе совершенствуется система подготовки кадров, развивается комплексная инновационная инфраструктура – промышленные парки, Инжиниринговый центр и Центр трансфера фармацевтических технологий, бизнес-инкубатор, Региональный центр экспорта, Корпорация развития Ярославской области. Разработана дорожная карта содействия развитию направления НТИ «ТехНет», создается проектный офис формирования и продвижения инновационных проектов.

Убежден, что мероприятия в рамках Международного технологического форума позволят всем участникам приобрести необходимый опыт для решения комплекса задач по созданию конкурентоспособности российской экономики.



**АЛЕКСАНДР  
АРТЮХОВ**  
генеральный директор  
АО «Объединенная  
двигателестроительная  
корпорация»

Уважаемые участники Форума!

Технологические изменения, которые происходят сегодня в мире, носят фундаментальный характер и меняют не только отдельные технологические процессы, но и саму структуру системы распределения труда и индустриальный ландшафт. В своем последнем послании к федеральному собранию Президент России Владимир Путин так охарактеризовал происходящее: «...скорость технологических изменений нарастает стремительно, идет резко вверх. Тот, кто использует эту технологическую волну, вырвется далеко вперед. Тех, кто не сможет этого сделать, она – эта волна – просто захлестнет, утопит».

ОДК сегодня идет навстречу инновационному развитию, и перед нами стоит задача сформировать новое качество инновационного ландшафта вокруг корпорации. Одним из направлений ее решения является сотрудничество с малыми инновационными компаниями и стартапами. Необходимо перейти от коротких проектов к долгосрочным проектам развития передовых производственных технологий.

Я уверен, что открывающийся в Рыбинске форум, который вырос из регионального, внутрикорпоративного события до международного уровня, будет способствовать этому. Он является эффективной коммуникационной площадкой, на которой специалисты из самых разных отраслей промышленности обсуждают вызовы на пути технологического развития, обмениваются опытом и совместно строят проекты будущего.

Конечно, особенно отраднo то, что форум совместно со своими партнерами проводит «ОДК-Сатурн», одно из ключевых предприятий Объединенной двигателестроительной корпорации и один из несомненных лидеров отечественной высокотехнологической промышленности в области инноваций. Сегодня на «ОДК-Сатурн» реализуется целый ряд важнейших проектов.

Это – программа морского газотурбостроения, обеспечение государственного оборонного заказа в части современных двигателей специального назначения, программа SaM146, освоение новых уникальных технологий (в том числе, аддитивных) и материалов и др. Многопрофильность предприятия, его способность вести работу по созданию самой разной техники обеспечивается высочайшим научно-техническим потенциалом, возможностью не только осваивать передовые технологии, но и применять их в серийном производстве.

Я уверен, что работа форума «Инновации. Технологии. Производство» будет предельно насыщенной, и принесет пользу не только ОДК, но и всей стране.

От лица всей Объединенной двигателестроительной корпорации желаю участникам форума удачи и новых побед!





## ВИКТОР ПОЛЯКОВ

управляющий директор  
ПАО «ОДК-Сатурн»

«ОДК-Сатурн» активно участвует в проектах рабочей группы, и мы ежегодно приглашаем для участия на форуме выпускников федерального технологического акселератора «Технет» Generation S, проводимого совместно с РВК и рабочей группой «Технет» НТИ. В этом году, 10 марта, еще 12 проектов присоединилось к нашему сообществу. В итоге можно констатировать, что в России сформирована еще одна точка развития висотехнологичных разработок и свое начало она берет здесь в Рыбинске, на нашем форуме.

28 июля 2017 года распоряжением правительства РФ была принята Программа «Цифровая экономика Российской Федерации», которая определяет цели и задачи развития цифровой экономики – экономического уклада,

характеризующегося переходом на качественно новый уровень использования информационно-телекоммуникационных технологий во всех сферах социально-экономической деятельности.

«Цифровая экономика – это не отдельная отрасль, по сути это уклад жизни, новая основа для развития системы государственного управления, экономики, бизнеса, социальной сферы, всего общества, – отметил Владимир Путин. – Формирование цифровой экономики – это вопрос национальной безопасности и независимости России, конкуренции отечественных компаний».

В этом году мы, как организаторы форума, сделали акцент именно на экономике знаний. Что лежит в ее основе, какие направления развития и кто готов вместе с нами строить цифровые предприятия мирового уровня.

Надеюсь, что результатом этого форума будут новые подписанные договоры и документы, способствующие определению технологического развития нашей страны на несколько лет вперед.

Желаю всем удачи и реальных практических результатов во благо развития России.

Уважаемые коллеги, дорогие друзья! Добро пожаловать на V Международный технологический форум «Инновации. Технологии. Производство» в городе Рыбинске. В этом году он отмечает свое пятилетие и есть возможность подвести первые итоги работы форума, его значение для Ярославского инновационного пространства и не только. Вот уже пять лет каждую весну более 1000 висотехнологичных специалистов, предпринимателей, научных сотрудников и руководителей крупных компаний обсуждают развитие передовых производственных технологий, формируют новые партнерские связи и строят планы развития своих коллективов здесь на Рыбинской земле. Нам удалось сформировать уникальную атмосферу профессионализма и реального сотрудничества, поэтому к нам на все прошедшие форумы приезжали и делились своим опытом висотехнологичные лидеры мировых компаний – Siemens, Safran, GE, EOS и другие.

Последние три года площадка форума является и основной дискуссионной площадкой рабочей группы «Технет» Национальной технологической инициативы.

## СВЕРХВОСТРЕБОВАННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И ЗАДАЧИ ОДК

**Стратегия АО «Объединенная двигателестроительная корпорация» (входит в госкорпорацию «Ростех») состоит не только в стопроцентном выполнении государственного оборонного заказа, но и в серьезном увеличении доли гражданской продукции в сегменте продаж корпорации. Рынок гражданской продукции характеризуется высоким уровнем конкуренции. На таком рынке традиционными технологиями и подходами сложно добиться лидерства. Поэтому проекты, которые определены в Национальной технологической инициативе, дают возможность быть конкурентоспособным и выйти на рынок гражданской продукции.**

АО «ОДК» занимается производством двигателей для военной и гражданской авиации, космических программ, установками различной мощности для производства электрической и тепловой энергии. По номенклатуре изделий АО «ОДК» можно сравнить с крупными двигателестроительными компаниями, такими как General Electric, Safran SA. Если рассматривать продуктовую линейку по отношению к выручке, то, конечно же, основной объем выручки формируется за счет государственных программ, в первую очередь, – это производство двигателей для семейства машин ОКБ Сухого.

В рамках стратегии развития корпорации в АО «ОДК» сегодня реализуются два основных направления.

Первое направление – безусловное исполнение государственного заказа. Это требует оснащения производства, конструкторских, технологических служб предприятий, испытательной базы. Одним из примеров является ПАО «Кузнецов», которое занимается производством двигателей для стратегической авиации. АО «ОДК» планирует в течение двух лет создать новый конструкторский корпус, соответствующий лучшим западным образцам, восстановить испытательную и производственную базу с учетом стратегии развития корпорации. Большинство предприятий АО «ОДК», например ПАО «ОДК-Сатурн»,



Юрий Шмотин, генеральный конструктор АО «ОДК»

АО «ОДК-УМПО» по оснащению не уступают многим западным компаниям.

В среднем на создание современного двигателя уходит 3,5 года, а еще 4 года – на испытания и сертификацию. Для максимального ускорения данных процессов необходимо, чтобы управленческие и организационные практики были на высоком уровне. Чем отличается наша корпорация как, впрочем, и любая российская компания, с точки зрения организационно-управленческого уклада от наших зарубежных конкурентов? Мы недостаточно быстро принимаем управленческие решения, особенно не готовы принимать решения на горизонтальном уровне. Наши люди привыкли, что всегда есть «большой начальник», который даст указание свыше и решит все возникшие проблемы. Сегодня нужно стремиться к изменению управленческих практик.





Второе направление – развитие научно-исследовательской деятельности. На протяжении 20 лет, до 2005-2010 г.г. не велись в необходимом объеме работы по созданию научно-технического задела. В связи с этим в течение последних 5-10 лет корпорация вынуждена заниматься одновременно опытно-конструкторской и научно-исследовательской работой.

Если рассматривать жизненный цикл турбинного двигателя, то примерно 15-20 лет уходит на проведение исследований, следующие 5-8 лет тратятся на испытания и сертификацию, а 40-50 лет предназначены для эксплуатации двигателя. Безусловно, исследования нужно планировать заранее, необходимо ставить задачи и выстраивать траекторию развития на будущий период в 15-20 лет. Этот процесс достаточно сложен, но чтобы он был результативным, в нем должны взаимодействовать государственные корпорации, институты развития, Министерство образования, Министерство экономического развития, институты фундаментальной науки, малый и средний бизнес, малые инновационные предприятия. Именно такая синергия позволит создать инновационно-ориентированную систему, наиболее эффективную для технологических разработок и инновационных решений.

#### АО «ОДК» определило наиболее перспективные для себя области развития газотурбинных двигателей:

1. Производство двигателей для гражданской авиации. С одной стороны,

рынок сбыта гражданских двигателей существенно больше, чем рынок в военной отрасли, но с другой – рынок гражданских двигателей жестко регулируем.

На рынке гражданских двигателей нужно применять комплексные подходы, и побеждает тот, кто правильно и эффективно организует свое производство, тот, кто предвидит спрос на продукт, который будет необходимо предложить рынку через 15 лет, и тот, кто закладывает его в основу научно-исследовательского фундамента.

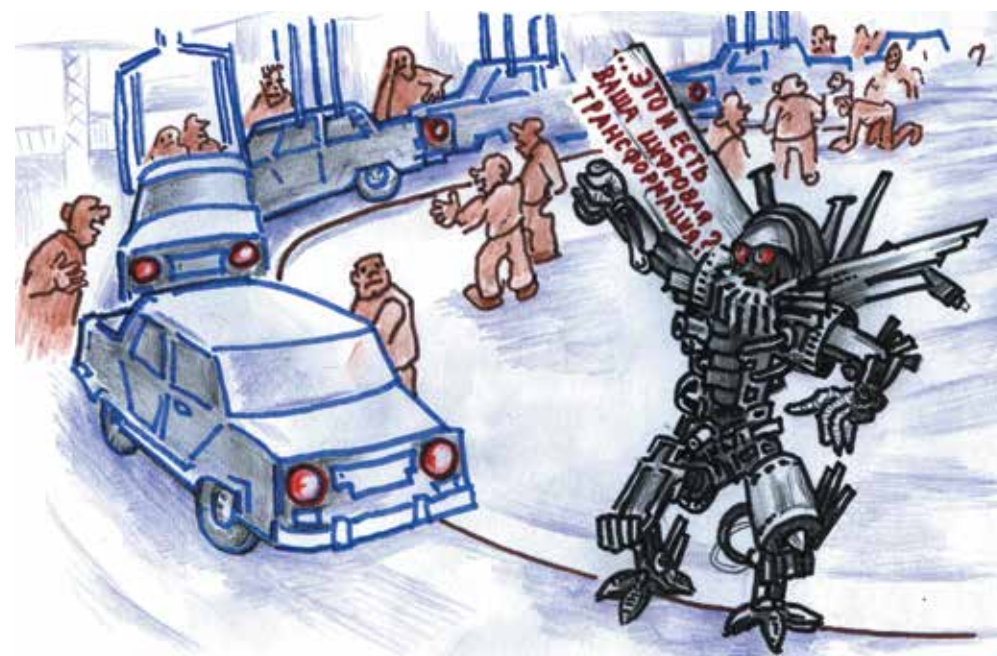
2. Внедрение в производство деталей из полимерных композиционных материалов, которые качественно изменяют конструкцию двигателей.

Примером является двигатель Leap, который вышел в этом году и уже серийно продается. Если его сравнить с двигателями предыдущего поколения, то он значительно превосходит их по удельным характеристикам.

Сегодня мы используем решения, с которыми, как мы видим, работают и наши конкуренты. Поэтому важно предвидеть, какой же продукт будет востребован через 15 лет. Кроме этого, ОДК планирует использовать детали из полимерных композитов

в составе российско-французского двигателя SaM146, которые устанавливаются на самолет Sukhoi Superjet 100, а также перспективного двигателя для MC-21 ПД-14. В настоящее время ПАО «ОДК-Сатурн» проводит испытания опытных образцов композитных деталей в составе ПД-14 и SaM146.

3. Аддитивные технологии. В данном направлении мы работаем уже более 14 лет. Как показала практика, эти технологии позволяют сократить в два раза количество деталей в ряде узлов газотурбинных двигателей, а также дают возможность применить другой подход мышления к созданию формы, которая позволяет не только уменьшить количество деталей, но и снизить



стоимость двигателя. Уже сегодня мы используем данные технологии: порядка 3 тонн деталей изготавливаются методом аддитивных технологий на ОДК в год. На данный момент мы работаем над инновационными решениями, необходимыми для изготовления порошка, позволяющего создать более качественные детали, над разработкой программного обеспечения и оборудования.

4. Использование высокотемпературных материалов на керамической матрице, интерметаллидов никеля и алюминия. Применение этих материалов позволяет интенсифицировать цикл двигателя. По данному направлению есть серьезные ограничения: если углеволокно еще можно закупить в России, то по «горячей части» турбины в этой области требуются новые технологические решения.

5. «Более электрические» двигатели, а также технологические решения, позволяющие заменить элементы гидравлической, пневматической механизации. Самый перспективный двигатель будущего для дозвуковых летательных аппаратов – это электродвигатель с вентиляторами из полимерного материала. В рамках проектов двигателей для вертолетов в классе мощностью 5 000 лошадиных сил для ОДК – это сверхвостребованное направление.

6. Численное моделирование и суперкомпьютерные технологии. Эти технологии мы освоили и начали активно использовать в начале 2000-х годов, сегодня мы можем выполнить большой объем качественных исследовательских расчетов не хуже, чем западные компании. Уже тогда главной нашей целью было выполнять расчеты необходимого уровня сложности в измеряемое время, не более чем за рабочий день. В то время появились суперкомпьютеры, а также программное обеспечение (в том числе, мы занимались разработкой собственного), которые позволяли достоверно осуществлять расчеты. Сейчас мы добились сокращения времени расчетов более чем в 100 раз и при этом с первой интеграции получаем достоверные результаты, которые подтверждаются при испытании натурного образца. Однако, уровень достижимых характеристик определяется используемыми методами и программами, а также квалификацией разработчика. Для того чтобы конкурировать на рынке нам необходимо иметь инструментарий, который может оптимизировать конструкцию не в ручную, а автоматически. Эти технологии позволяют создавать более совершенные устройства, поэтому в данной области идет некая «гонка вооружения» – кто быстрее сможет такое создать.

7. Новые схемы газотурбинных двигателей. Здесь мы рассматриваем прорывные решения, которые через 15-20 лет будут востребованы на рынке летательных аппара-

тов. Наши коллеги за рубежом уже испытывают газотурбинные двигатели, созданные по технологии Open Rotor. После завершения наземных испытаний новый авиадвигатель установят на специальном подвесе в хвостовой части опытного лайнера и начнутся летные испытания. Ожидается, что выбросы углекислого газа двигателя с открытым ротором будут на 30 % меньше, чем у CFM56. (источник данных: <https://nplus1.ru/news/2017/10/05/safran>). Данное направление активно набирает обороты, и это означает, что в будущем подобные двигатели будут применяться в самолетах и других летательных аппаратах.

Перечисленные выше направления являются основополагающими для АО «ОДК». Поэтому корпорация всегда открыта к сотрудничеству и предложениям. Сегодня АО «ОДК» работает по двум векторам взаимодействия с целью формирования и разработки технического задания:

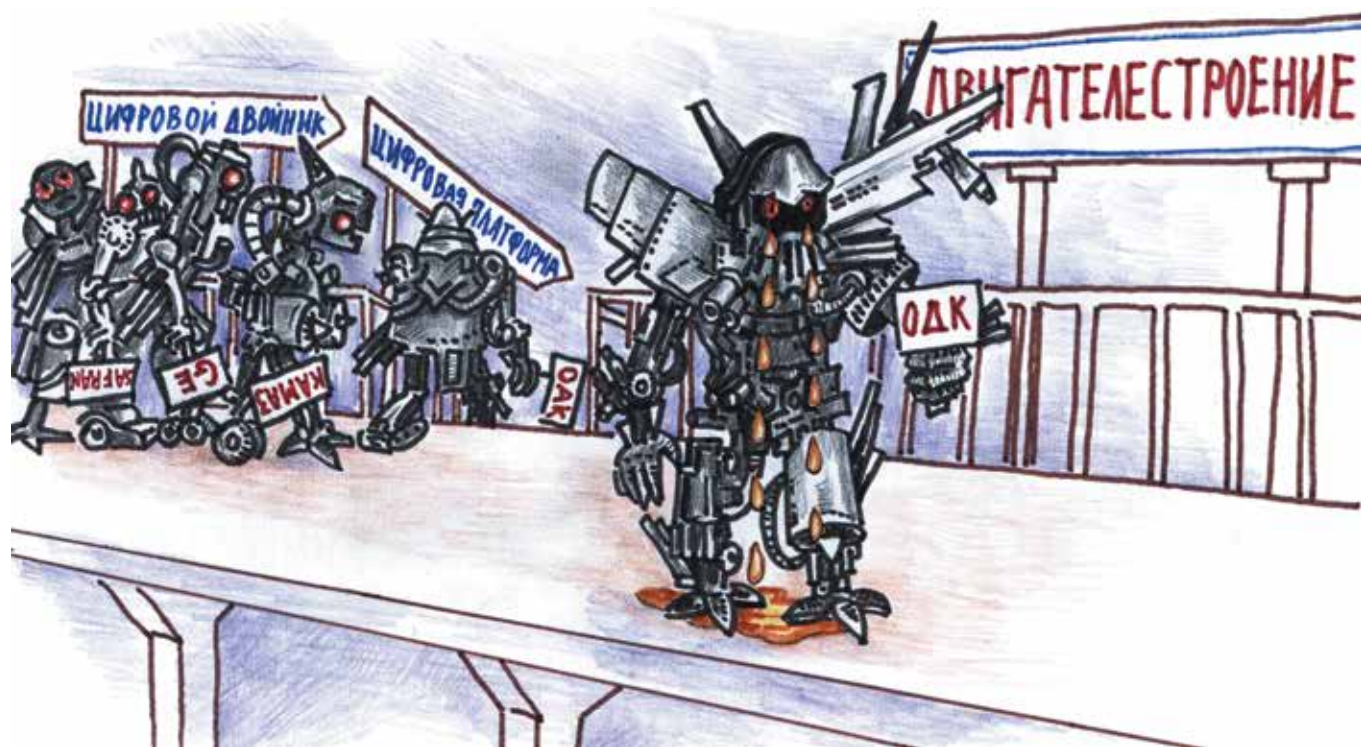
1. с Министерством образования Российской Федерации;
2. с Российской академией наук.



Мы готовы идти навстречу инновационному развитию. Один из таких шагов – встречи с молодыми инноваторами – разработчиками лучших решений в сфере передовых производственных технологий, таких как аддитивные технологии, промышленный интернет, сенсорика, робототехника и CNC-технологии – на площадке крупнейшего стартап-акселератора России GenerationS. (ПАО «ОДК – Сатурн» является промышленным партнером трека TechNet GenerationS, входит в состав рабочей группы «Технет» Национальной технологической инициативы). Мы планируем посетить профильные российские вузы и заключить с ними соответствующие соглашения о сотрудничестве по данной теме.



# ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ АВИАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЯ



Рынок авиационной техники, включая сегмент авиадвигателей, вступил в период существенных преобразований. Им двигают восстановившаяся до рекордных уровней в середине 2010-х годов доходность авиаперевозок, а также ожидания основных игроков того, что пассажирские авиаперевозки будут расти совокупными среднегодовыми темпами (CAGR) свыше 4 % вплоть до середины 2020-х годов. Значительная часть рынка должна прийти на двигатели и их комплектующие, топливные системы. Это – примерно, треть стоимости нового реактивного авиалайнера. По оценке маркетингового агентства «Oliver Wyman» и портала «Airlinsight», если в период с 2000 по 2015 годы число новых двигателей для коммерческой авиа-

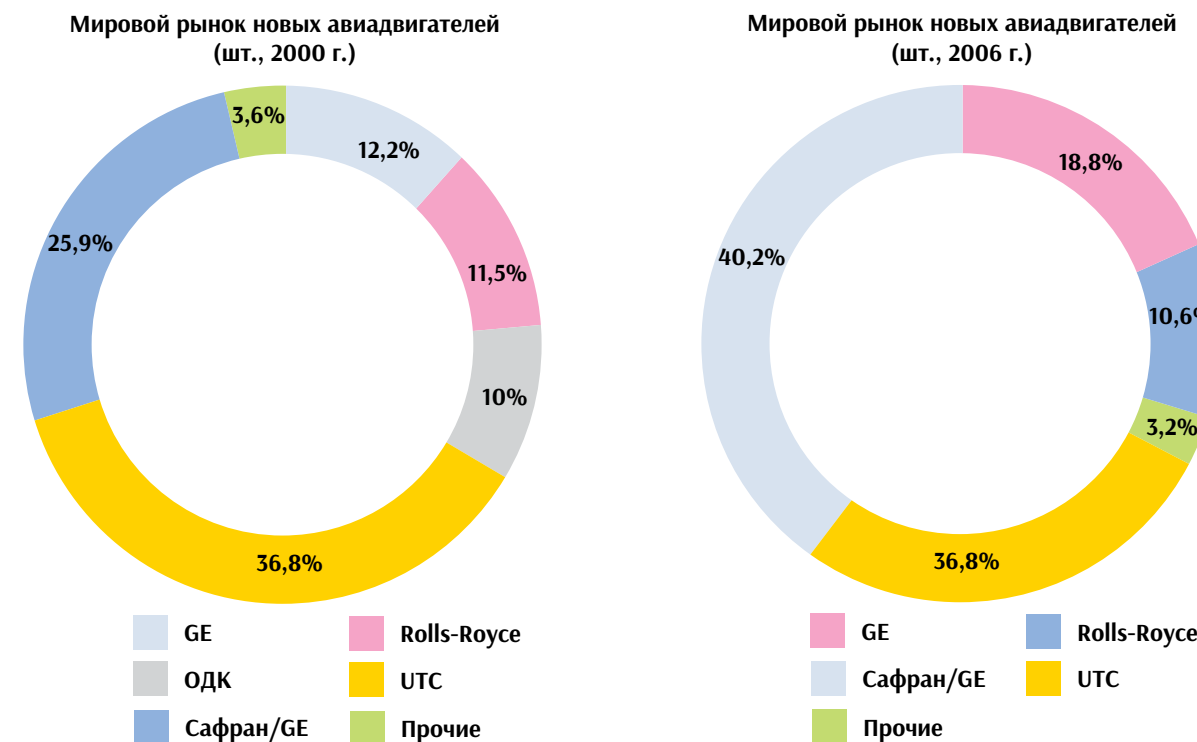
ции, поставленных на рынок, выросло примерно на 15 тыс., то с 2015 по 2025 годы поставка должна вырасти примерно на такое же количество изделий (ожидается выход на рынок более 20 тыс. новых лайнеров).

Но рынок авиатехники не будет расти также, как и в предыдущий период. Несколько новых ключевых трендов будут толкать его к радикальной перестройке.

Во-первых, будет и дальше разворачиваться консолидация авиационного рынка. Дуополия «Airbus» и «Boeing» не только не исчезает, но и дополняется экспансией авиационных гигантов в другие сегменты рынка. В том числе и за счет планируемых альянсов первого с «Bombardier», а второго с «Embraer». Аналогичные процессы идут на рынке авиа-

компонентов. В сентябре 2017 года «United Technologies» (UTC), американский конгломерат, который производит двигатели «Pratt & Whitney» и другие компоненты, объявил о намерении купить производителя авионики «Rockwell Collins» за 30 млрд долл. При этом в апреле 2017 года «Rockwell Collins» сама купила «B/E Aerospace» – поставщика интерьера кабины – за 8,6 млрд долл. В том же году французский «Safran» объявил намерение купить производителя силовых систем «Zodiac» за 7,7 млрд долл.

Во-вторых, самолетостроители (OEM) будут выдвигаться на рынок MRO. Последний, по оценке экспертов, должен составить чуть более 109 млрд долл. к 2027 году. Самолетостроителей на данный рынок



Источник: Airlinsight

толкает то, что в середине 2010-х годов их прибыль была на уровне 9 %, а поставщиков компонентов для самолетов – от 14 % до 17 %, причем во многом благодаря сервисному обслуживанию и ремонтам, поставкам запчастей. Например, авиадвигатель

производства). OEM будут стремиться заместить своих поставщиков на рынке MRO.

В-третьих, стремление к большей эффективными и соответствию ужесточающимся экологическим требованиям приводит к росту слож-

ществующих конструкций самолетов и двигателей, а также близком к исчерпанию потенциале оптимизации производственно-технологических процессов, компании подталкиваются к реализации крупных революционных проектов, призванных обеспечить прорыв в эффективности конструкций и двигателей. Растет интерес к исследованию альтернативных силовых установок и источников энергии. Например, «GE Aviation» расширяет применение 3D-печатных деталей и новейших композиционных жаростойких материалов. Компания инвестирует 4,3 млрд долл., в том числе в строительство пяти новых заводов для аддитивного производства деталей.

В-четвертых, сектор испытывает жесточайший дефицит в квалифицированных кадрах. Все прогнозы предполагают резкий рост занятых в отрасли. Только на рынке MRO, по прогнозу «Airbus», должны быть заполнены в период 2017-2036 годов почти 550 тыс. новых вакансий техников и инженеров. Но готовые к работе люди во многих регионах «закончились». Кроме того, идет сдвигка в компетенциях занятых. Названные тренды являют собой но-



Источник: Statista

тель приносил в четыре раза больше дохода от обслуживания по сравнению с его продажной ценой (общее правило для машиностроительной продукции – прибыльность ее сервисной поддержки в 1,5-2 раза выше

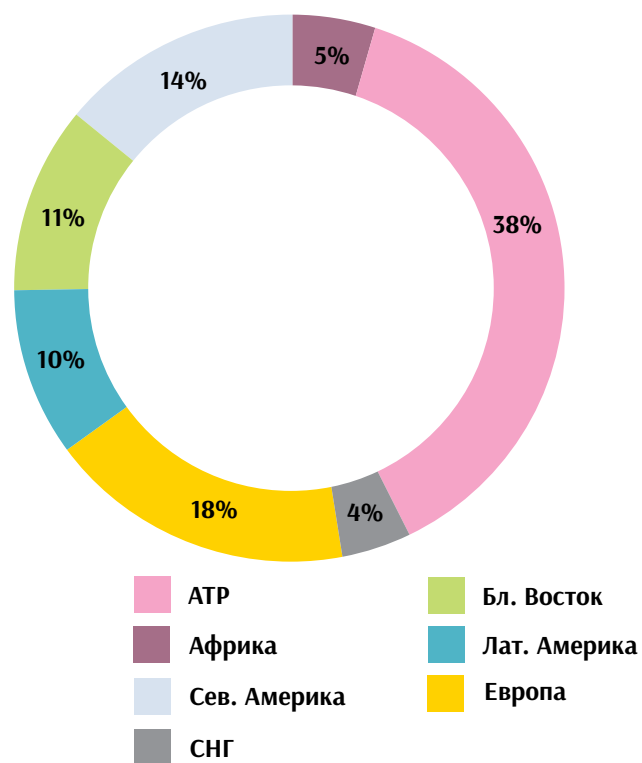
ности продукта – самолетов и их компонентов, включая двигатели. С одной стороны, в них растет доля электроники, а также программного обеспечения. При весьма ограниченных возможностях развития су-



вые вызовы для участников рынка авиационной техники, в том числе и для поставщиков авиационных двигателей. Справиться с такими вызовами в современных условиях можно только пережив цифровую трансформацию.

Цифровая трансформация для ведущих компаний стала на данный период новой стратегией. Стратегия включает в себя ряд ключевых компонентов: 1) преобразование цифровых макетов / моделей проектируемых объектов и процессов в «цифровые двойники» – самообучаемые динамические модели, интегрирующие данные о продуктах в течение всего жизненного цикла; 2) единые информационные среды, позволяющие одновременно в том числе в он-лайн режиме работать с одними и теми же объектами и процессами разным участникам рынка; 3) платформа промышленного интернета (IIoT), которая технологически соединяет потоки данных

Новые авиатехники - % по регионам мира (2017-2036)



Источник: Airbus

о вещах и людях, задействованных в производственно-технологических процессах, и имеет три «слоя» – цифровых устройств (так называемый «край сетки»), преимущественно облачных систем сбора и хранения данных, а также микросервисов как

базы для построения аналитики данных.

Это позволяет преобразовать самый выводимый на рынок продукт. Поставляется не физический объект, а кибер-физическая система и с ней целый пакет цифровых сервисов, основанных на сборе и обработке данных: удаленный мониторинг состояния объектов; гибкие модели планирования и управления цифровыми активами, включая самолеты и флот в целом, инженерную инфраструктуру, производственное оборудование, пассажиров, экипажи и производственный персонал; предиктивная (предсказательная) аналитика, позволяющая резко сократить трудозатраты на диагностику состояния машин и механизмов, а также уйти от реактивных ремонтов к проактивным; гибкое

ценообразование; и пр. Например, «GE», «Pratt & Whitney» и «Rolls-Royce» в реальном времени отслеживают производительность своих двигателей и топливных систем, выбирая оптимальные режимы их работы. «Honeywell» предлагает программное обеспечение IIoT, которое собирает данные об использовании воздушных судов и предлагает способы его оптимизации, гарантируя авиакомпаниям снижение затрат на топливо от 3 до 5 % за рейс.

Соответственно, у основных игроков авиационного рынка меняются бизнес-модели: выход за границы традиционных рыночных сегментов, продвижение так называемых мультисервисных платформ, расширение комплекса сервисов или даже замена ими продукта.

Компании переживают то, что сейчас называется английским термином «servitization»: сервисы в промышленности последнее десятилетие демонстрируют почти 2-кратный темп роста против продаж машин и оборудования.



Одной из первых стратегией цифровой экономики для себя выбрала «General Electric». В 2015 году компания вывела на рынок свою платформу IIoT «Predix». Но уже в 2017 году свои цифровые платформы предложили «Airbus» (Skywise) и «Boeing» (AnalytX). За ними потянулись и другие участники рынка. Эксплуатанты: «Lufthansa Technik» с платформой Aviatar; «Air France»-«KLM» с платформой Prognos; «Swiss AviationSoftware» с AMOScentral и др. Свои цифровые платформенные решения IIoT для двигателей и топливных систем предложили производителей авиадвигателей: «Pratt & Whitney» – EngineWise; «Rolls-Royce» в партнерстве с «Tata Consultancy Services» – платформу TCS, а в 2018 году проект IntelligentEngine; и др. Пока эти платформы конкурируют между собой, предлагая совпадающий в ядре комплекс сервисов. Например, прогностическая

аналитика «GE» выходит за рамки анализа данных двигателя. Эта интеллектуальная аналитическая система может поддерживать оперативное управление летательным аппаратом. «GE» предоставляет услуги health-monitoring для ряда судов, а также двигателей «Pratt & Whitney» и «Rolls-Royce».

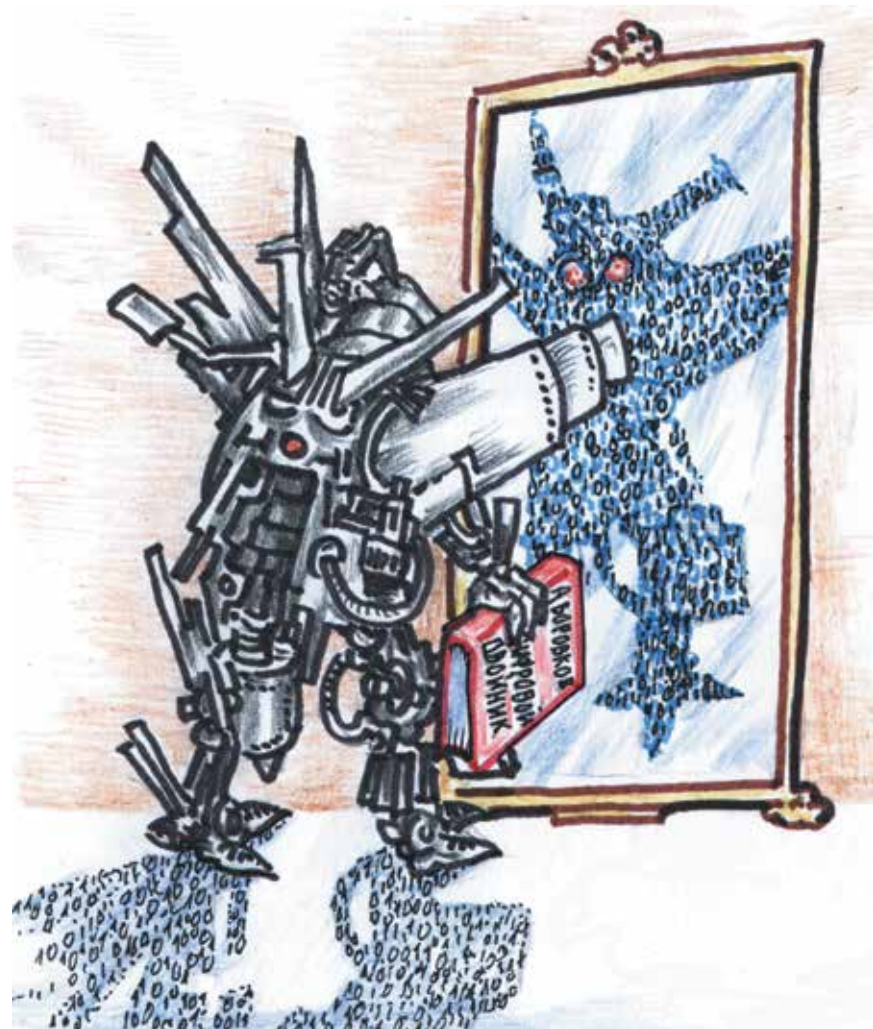
Разработать и предложить платформу промышленного интернета силами исключительно одних участников авиационного рынка крайне сложно. Будучи специалистами в операционных технологиях данные компании должны каким-то образом приобрести компетенции в информационных технологиях и новых рынках. Поэтому, как правило, разработку авиационных цифровых платформ ведут консорциумы авиастроителей, производителей компонентов, а также ИКТ-компаний и бизнес-консультантов. Для «Airbus» партнером выступила американская компания

«Palantir», для «Rolls-Royce» – «Tata Consultancy Services» и «Microsoft». «GE Aviation» подписала в 2016 году стратегическое партнерство «Digital Alliance», а при проектировании бизнес-процессов сотрудничает с институтом «Cargemini». «UTC» использует облачную платформу Azure от «Microsoft».

Пока основные участники авиационного рынка только в начале цифрового перехода. Ожидания эффектов огромны – рост операционной эффективности на 15-20 %, сокращение сроков проектирования и выведения на рынки новой продукции, контроль над сверхсложными системами. Но все еще в самом начале пути. Однако отрасль коммерческой авиации дальше будет подвергаться все ускоряющимся масштабным цифровым преобразованиям, поскольку основные игроки уже приступили к реализации этого приближающегося будущего.



# «УМНЫЕ» ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ – ОСНОВА НОВОЙ ПАРАДИГМЫ ЦИФРОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЯ ГЛОБАЛЬНО КОНКУРЕНТОСПОСОБНОЙ ПРОДУКЦИИ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ



Разработка и производство в кратчайшие сроки глобально конкурентоспособной кастомизированной продукции нового поколения возможны сегодня с применением Цифровых, «Умных», Виртуальных «Фабрик Будущего» – систем комплексных технологических ре-

шений, имеющих принципиальную схему в виде триады «цифровое проектирование и моделирование & новые материалы & аддитивные технологии», в которой драйвером выступает **новая парадигма цифрового проектирования и моделирования Smart Digital Twin** –



Алексей Боровков

(Simulation & Optimization) Smart Big Data]-Driven Advanced (Design & Manufacturing).

В основе новой парадигмы цифрового проектирования и моделирования лежит использование сложных мультидисциплинарных математических моделей с высоким уровнем адекватности реальным материалам, конструкциям и физико-механическим процессам (включая технологические и производственные), описываемых уравнениями математической физики, в первую очередь, 3D нестационарными нелинейными дифференциальными уравнениями в частных производных.

Такие математические модели («умные» модели), агрегируют в себе все знания, которые применяются при проектировании, про-

Подготовили: **Алексей Боровков**, проректор по перспективным проектам СПбПУ, лидер - соруководитель рабочей группы «Технет» (передовые производственные технологии) Национальной технологической инициативы

**Юрий Рябов**, начальник отдела технологического и промышленного форсайта Инжинирингового центра «Центр компьютерного инжиниринга» (CompMechLab®) СПбПУ

**Валерий Марусев**, специалист отдела технологического и промышленного форсайта Инжинирингового центра «Центр компьютерного инжиниринга» (CompMechLab®) СПбПУ

изводстве и эксплуатации изделия / продукта / конструкции / машины / установки / технической или киберфизической системы:

1. Фундаментальные законы и науки (математическая физика, теории колебаний, упругости, пластичности и т. д., механика разрушения, механика композиционных материалов и композитных структур, контактного взаимодействия, динамика и прочность машин, вычислительная механика, гидроаэродинамика, теплообмен, электромагнетизм, акустика, технологическая механика и др.).

2. Геометрические (CAD) и вычислительные конечно-элементные (CAE) полномасштабные модели реальных объектов и физико-механических процессов.

3. Полные данные о материалах, из которых изготавливается изделие, включая данные о поведении материалов при воздействии тепловых, электромагнитных и др. полей, скоростном деформировании, вибрационном, ударном, мало- и многоцикловом нагружении.

4. Информацию об эксплуатационных режимах (нормальные условия эксплуатации, нарушения нормальных условий эксплуатации, аварийные ситуации и т. д.), включая информацию, которая обеспечивает заданное поведение конструкции в тех или иных ситуациях (так называемое программируемое поведение).

5. Данные о технологиях производства и сборки как отдельных элементов, так и конструкций в целом.

6. Прочие характеристики и параметры.

Такое агрегирование всех знаний, которые применяются при создании продукта, являет-

ся необходимым, но не достаточным условием для формирования «умных» моделей. Более важными представляются следующие ключевые компетенции, без которых формировать «умные» модели невозможно:

1. Кастомизация: «умная» модель всегда формируется из «best-in-class» технологий мирового уровня, при этом данная компетенция предполагает одновременно как способность мгновенно откликнуться на запрос Заказчика, который сам определяет круг используемых технологий, так и способность решить инженерно-технологическую проблему-вызов для Заказчика, которому неважно, за счет каких технологий это будет сделано.

2. Системный инжиниринг: в каждый момент времени необходимо держать в поле зрения всю систему и все ее взаимодействующие компоненты, чтобы не происходило ситуаций, когда улучшение характеристик одного компонента влечет ухудшение характеристик другого.

3. Многоуровневая матрица целевых показателей и ресурсных ограничений (временных, финансовых, технологических, производственных и т. д.): опыт решения сложных промышленных задач Инжиниринговым центром СПбПУ и ГК CompMechLab® по заказам компаний – мировых лидеров свидетельствует, что такая матрица содержит десятки тысяч (~ 40 000 ... ~ 60 000) целевых показателей и требований,





предъявляемых к продукту в целом, к его компонентам и деталям в отдельности, а также ресурсных ограничений.

4. Валидация «умных» моделей: в цифровую форму необходимо перевести результаты натурных испытаний, в первую очередь тех, которые проводились для доводки изделий в различных отраслях еще во времена СССР. Известно, например, что в авиакосмической отрасли потенциал физических и особенно математических моделей, которые лежат в основе большинства конструкций и интегрируют опыт и знания предыдущих поколений инженеров, практически исчерпан.

5. «Цифровая сертификация»: бизнес-процесс, целью которого является прохождение с первого раза всего комплекса натурных, сертификационных, рейтинговых и прочих испытаний. Разработка изделия в рамках этого бизнес-процесса с начала и до конца ведется на основе «best-in-class» технологий мирового уровня, системного инжиниринга, многоуровневой матрицы целевых показателей и ресурсных ограничений, валидации «умных» моделей и, самое главное, – выполнения десятков тысяч виртуальных испытаний для каждого компонента (узла, детали, механизма, сопряжения и т. д.), материалов и всей системы в целом. Это позволяет управлять и контролировать поведение буквально каждого кубического миллиметра конструкции на всех этапах жизненного цикла.

Продемонстрируем «цифровую сертификацию» на примере реализации проекта государственного значения «Кортеж» по созданию на единой модульной платформе отечественных автомобилей премиум-класса (лимузин, седан, внедорожник и микроавтобус) для перевозки и сопровождения первых лиц государства (головной исполнитель – ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», зона ответственности Инжинирингового центра СПбПУ – работы по проектированию и разработке цифровой рабочей конструкторской документации для

производства кузовов всех четырех автомобилей).

2 июня 2016 года состоялись натурные испытания на безопасность по программе Euro NCAP (краш-тесты) на независимом полигоне в Берлине, где седан проекта «Кортеж» с первой попытки получил высший балл – 5 звезд. Это подтвердило высочайший уровень адекватности разработанных «умных» моделей кузовов и проведенных виртуальных испытаний на безопасность реальным автомобилям и натурным экспериментам.

Достижение этого результата стало возможным благодаря тому, что при разработке было учтено огромное количество параметров. Известно, что виртуальный краш-тест автомобиля – быстропотекающий динамический процесс, длительность которого составляет порядка 200-250 мс.

Шаг интегрирования для численного решения задач составляет 1 мкс. Общее количество шагов интегрирования – более 200 000. Вся эта информация образует большие данные (Smart Big Data) «на входе» (более  $2 \cdot 10^{12}$  параметров) «умной» модели. Проведенные виртуальные испытания дополняют этот массив – получаем Smart Big Data «на выходе»: при суперкомпьютерном моделировании процесса длительностью 200 мс на выходе получается массив данных, содержащий более  $10^{14}$  параметров. В нескольких десятках миллионов узлов  $\sim (1...3) \cdot 10^7$  узлов регулярно «считываются» более 50 параметров, таких как перемещения, скорости, ускорения, деформации, напряжения и др. В итоге получается  $5 \cdot 10^8$  кривых, исчерпывающе описывающих поведение «умной» модели.

«Умная» модель за счет своей высокой адекватности благодаря, в первую очередь, Smart Big Data «на входе» и на «выходе», позволяет значительно «приблизиться» к реальному объекту – обеспечивает отличие между результатами виртуальных испытаний и натурных испытаний в пределах  $\pm 5\%$ . Именно такую высокоадекватную модель

можно назвать цифровым двойником объекта / продукта (Digital Twin, DT-1). Высокоадекватную «умную» модель с учетом особенностей технологий изготовления (например, «интеллектуальное» литье, «интеллектуальная» штамповка, учет предварительного напряженно-деформированного состояния и уточнения, коробления и т.д. деталей после технологических процессов) можно назвать цифровым двойником производства (Digital Twin, DT-2). Объединение цифрового двойника объекта / продукта (DT-1) и цифрового двойника производства (DT-2) в рамках единой цифровой модели на основе выполнения десятков тысяч виртуальных испытаний в процессе «цифровой сертификации» ведет к формированию «умного» цифрового двойника первого уровня (Smart Digital Twin, SDT-1).

Впоследствии, уже на этапе эксплуатации, SDT-1 на основе «умной» модели «порождает» «умную» цифровую тень (Smart Digital Shadow, SDS) за счет получения оперативной информации о функционировании конкретного объекта / продукта при помощи технологий промышленного Интернета и диагностики (Health Monitoring System, HMS). Эта дополнительная информация, полученная на этапе эксплуатации, повышает уровень адекватности («обучает») SDT-1 и позволяет в дальнейшем моделировать с его помощью различные возможные и «непредвиденные» ситуации и эксплуатационные режимы (например, оценивать уровень возможных повреждений или остаточный ресурс). При этом, благодаря множеству проведенных в процессе «цифровой сертификации» виртуальных испытаний при создании SDT-1, есть четкое представление о расположении критических зон, в которых имеет смысл размещать те или иные датчики (акселерометры, тензометры, датчики температуры, давления, скорости и т. д.). Это позволяет радикально сократить число самих датчиков и получаемый объем больших данных, отбирая самые необходимые

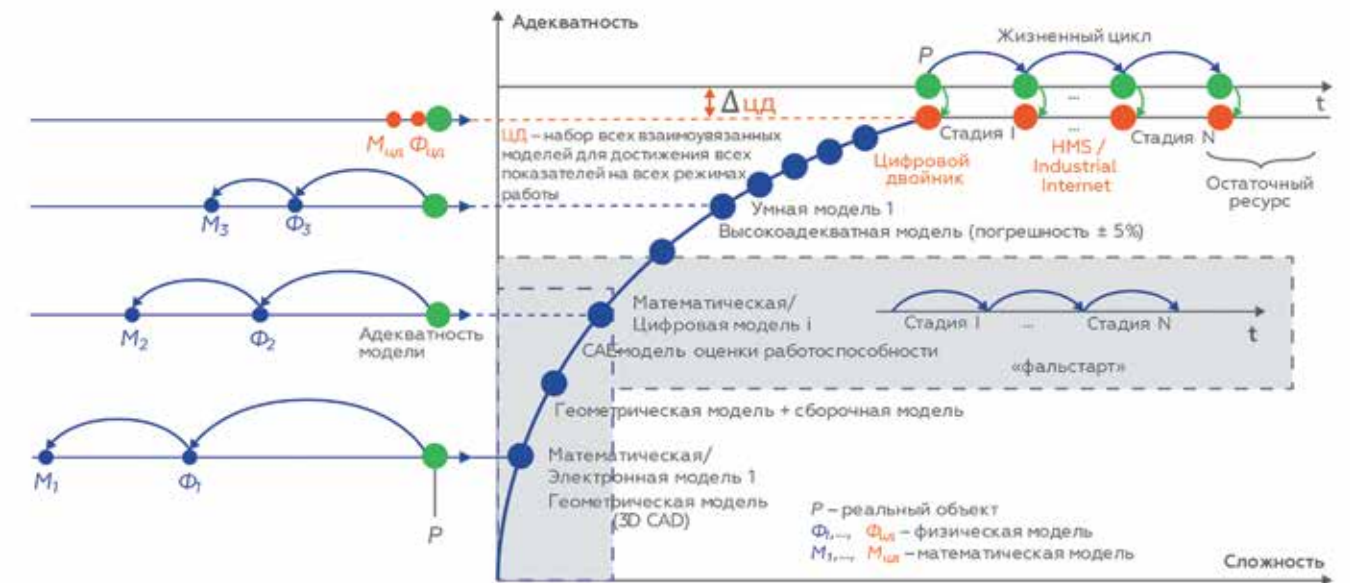


Рисунок 1. Традиционный и современный подход к построению физических и математических моделей

Источник: Центр НТИ СПбПУ

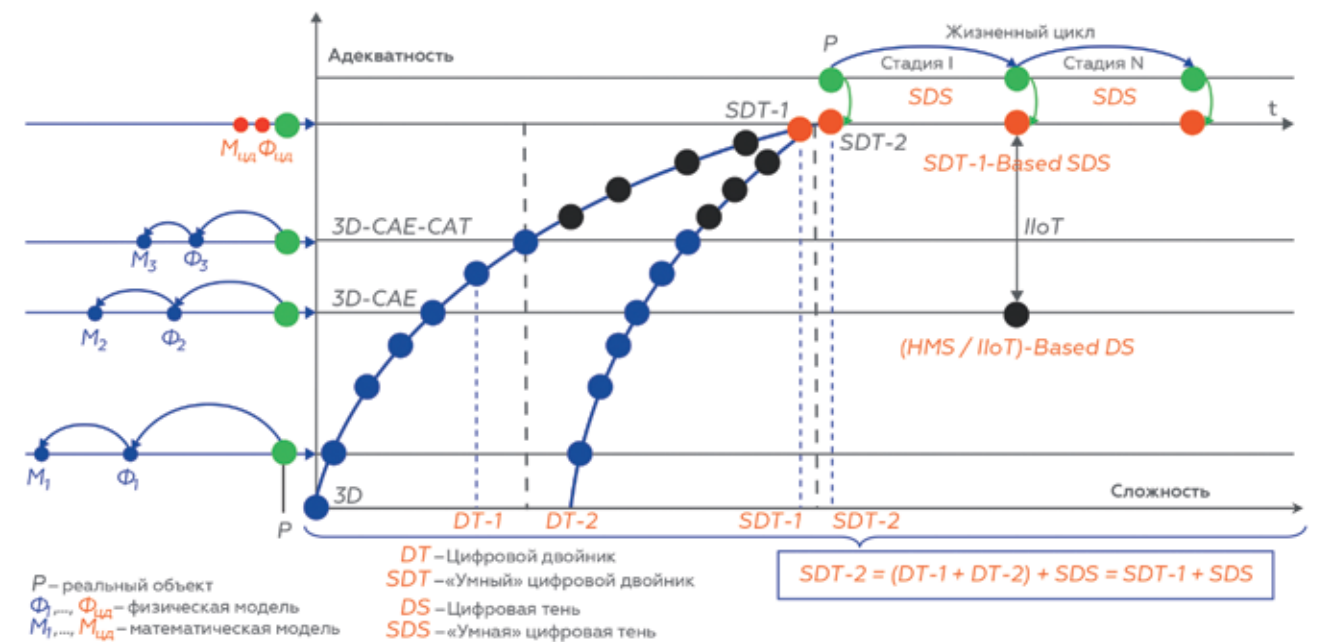


Рисунок 2. Семейство физических и математических моделей. Цифровой двойник, «умный» цифровой двойник, цифровая тень, «умная» цифровая тень

Источник: Центр НТИ СПбПУ

(фактически, вместо Big Data формируется Smart Big Data), а также увеличить скорость обработки данных и внесения необходимых изменений в SDT-1 для его трансформации в «умный» цифровой двойник второго уровня (SDT-2).

Таким образом, новая парадигма проектирования основана на разработке в процессе «цифровой сертификации» и применении семейства «умных» цифровых двойников (SDT-1, SDT-2, ...), формируемых в результате мультидисциплинарного

(MultiDisciplinary) / многомасштабного (MultiScale) / ... численного моделирования и применения многих технологий оптимизации (MultiCriteria, MultiParametric, MultiDisciplinary, Topology, Topography, Sizing, Shaping и др.) на основе специальным образом



генерируемых «умных» больших данных (Smart Big Data) «на входе» и «на выходе».

В Инжиниринговом центре СПбПУ и ГК ComrMechLab® весь процесс цифрового проектирования и моделирования, включая формирование многоуровневой матрицы целевых показателей и ресурсных ограничений, разработки «умных» моделей и цифровых двойников в процессе «цифровой сертификации» выполняется на основе специализированной CML-Цифровой платформы CML-Bench (разработка ГК ComrMechLab®, которая в 2017 году была удостоена Национальной промышленной премии РФ «Индустрия»), которая обеспечивает чрезвычайно высокую степень автоматизации процесса разработки на основе всех лучших передовых технологий мирового уровня («эко-



системы best-in-class технологий»), общая трудоемкость разработки и сопровождения которых превышает 1 000 000 человеко-лет, а стоимость разработки превышает 100 млрд долларов. Для одновременного удовлетворения в процессе проектирования десяткам тысяч целевых показателей и ресурсных ограничений применяется специаль-

но разработанная CML-Экспертная интеллектуальная система CML-AI (разработка ComrMechLab®), которая, фактически, является системой «интеллектуальных помощников» и целенаправленным развитием в направлении применения искусственного интеллекта в наиболее сложном и творческом процессе – процессе проектирования.



Рисунок 3. Экосистема технологий, испытательный полигон (TestBed), CML-Цифровая платформа CML-Bench, CML-Экспертная интеллектуальная система CML-AI, Цифровые фабрики

Источник: Центр НТИ СПбПУ

# ЦИФРОВИЗАЦИЯ ЭКОНОМИКИ ЗНАНИЙ

Экономика основана на создании, оценке и торговле знаниями. В экономике знаний затраты на рабочую силу становятся все менее важными, а традиционные экономические концепции, такие как нехватка ресурсов и эффект масштаба, перестают применяться (Business dictionary).



Александр Фертман, директор по науке кластера ядерных технологий Фонда «Сколково»

Цифровая экономика – совокупность решений, которые позволят за счет сбора, хранения, обработки и интерпретации специальными методами огромных объемов данных, повысить эффективность как отдельных компаний, так и целых отраслей экономики.

Экономика как развитых, так и развивающихся стран все больше основывается на знаниях и информации. В официальных документах ОЭСР, именно знания признаны основной движущей силой производительности труда и экономического роста, что привело к новому пониманию роли информации, технологий и обучения в экономических показателях отдельных стран и их объединений. Системное преобразование результатов исследований

в технологии, и развитие бизнеса на их основе, стали базовыми процессами экономики уже в XX веке. Однако, происходящий на наших глазах рост количества исследований, а соответственно, потоков данных, углубление специализации (разделения труда), оцифровка и повышение доступности информации, и развитие методов анализа данных, приводят к значительным изменениям в бизнес-моделях компаний и системах функционирования государств. По

оценкам Accenture Strategy рост применения цифровых технологий сможет добавить 1 трлн 360 млрд долларов к ВВП ведущих мировых экономик уже в 2020 году (Китай — 418 млрд долл., США — 365 млрд долл., Япония — 114 млрд долл.). Потенциал России – 60 млрд долл., которые способны принести технологические компании, внедряющие цифровые решения в сфере транспорта, энергетики, здравоохранения, сельского хозяйства и т. д.





Из теории менеджмента (концепция smiling curve Стена Шина, основателя Acer Inc. 1992) известно, что добавленная стоимость (а в итоге, маржа), формируемая на «крайних» стадиях жизненного цикла продукта, при концептуализации и в маркетинге, существенно выше, чем на стадии производства. Если детализировать жизненный цикл с учетом современных реалий, то о максимальной прибыльности можно говорить на стадии создания цифровой модели продукта и процесса эксплуатации, и в постпродажных сервисах. Чем более детализована цифровая модель, тем большее количество сервисов она позволяет предложить конечному потребителю (читай «тем больше возможностей

для развития бизнеса»). Улучшение качества сопровождения продукта на всем жизненном цикле делает его более привлекательным для пользователей и упрощает продажу сложных изделий. Инфраструктурой для организации такого «сквозного» сервиса является Интернет вещей (IoT), или, как все чаще приходится слышать – интернет всего. Интернет вещей проникает во все аспекты нашей жизни, используя различные типы сенсорных технологий. Накопленные объемы данных позволяют анализировать развитие ситуации и принимать решения на качественно новом уровне в различных сферах. Согласно исследованию ОЭСР № 252 от 7 июня 2016 года по Интернету вещей выгоды от Интернета

вещей могут достичь 2 триллионов долларов к 2020 году, из которых первый триллион – снижение издержек, например, от массового внедрения умных датчиков для повышения энергоэффективности, а второй триллион – от внедрения новых сервисов, например, дистанционного мониторинга пациентов с хроническими заболеваниями.

Согласно другим оценкам, только от внедрения технологий автопилотов и автономных автомобилей мировая экономика может сэкономить свыше 5 трлн долларов. Значительный вклад прогнозируется от применения автономных устройств и результатов обработки больших данных (в т.ч., например, по динамике использования удобрений на данном участке) в сельском хозяйстве. В городском хозяйстве внедряются интеллектуальные системы управления городским освещением (до 100 долларов экономии на один источник света в год) и светофорами.

Конкуренция на рынке IoT на сегодняшний день концентрируется в сегменте создания и распространения платформ. По оценкам агентства IoT Analytics около 450 компаний предлагают потребителям свои решения. Однако, только 7 % из них продемонстрировало выручку более 10 млн долларов в 2017 году. Среди лидеров такие гиганты как Amazon, AT&T, Bosch, Huawei, IBM, Microsoft, PTC, SAP. Максимальное число игроков (32 %) предлагают платформенные решения для промышленности. В тройку секторальных лидеров входят также направления «Умный город» и «Энергетика».

«Цифровизация» промышленности, массовый перевод производственных технологий на цифровую основу с использованием технологий искусственного интеллекта позволяет повысить отдачу от использования производственных активов, оперативно перенастраивать производство под новые заказы, принципиально по-другому планировать нагрузку на производственные мощности. Это глобальный тренд – по оценкам McKinsey Global Institute ми-

ровая экономика в области «цифровизации» производства и промышленного интернета составит более 3 триллионов долларов в 2025 году.

Производство, оснащенное высокотехнологичным оборудованием: ЧПУ-станками, робототехническими комплексами, датчиками, сенсорами, объединенными технологиями Промышленного Интернета, а также автоматизированными системами управления технологическими процессами и системами оперативного управления производственными процессами на уровне цеха, позволяют осуществлять быструю и гибкую («автоматизированную») переналадку оборудования (в т.ч. межмашинное взаимодействие), предсказывать состояние активов и качество конечной продукции. Такой подход предоставляет возможность радикально улучшить основные показатели производства: повысить утилизацию производственных активов более чем на 30 %, сократить время запуска производства новой продукции не менее чем на 20 %, в том числе обеспечить возможность оперативной перенастройки производства кастомизированной продукции, снизить процент рекламаций от заказчиков на 5 % за счет внедрения технологий предсказания уровня качества продукции, уменьшить вдвое количество инцидентов в области промышленной безопасности и охраны труда.

Это мировые тренды, определяющие состояние мировой экономики в ближайшие десятилетия, с их учетом развиваются и наши Российские компании. На данный момент только среди участников Сколково более 50 команд создают технологии и продукты в концепции Интернета вещей, охватывая все технологические направления от регистрации, передачи и хранения данных до функциональных приложений для конечных пользовате-

лей и аналитических систем. Наиболее известны среди них Сигнум, Датадванс, СМПО Foreman, Твинс технологии. По многим направлениям сколковские компании поддерживают очень сильная команда, сформированная в центре CDISE в Сколтехе. В университете также открывается совместная лаборатория по Интеллектуальному производству и промышленному Интернету с компанией «Цифра» – одним из самых быстро растущих игроков в области интеллектуального производства в России. Функционально, разрабатываемые решения, применяются на

рий, из них 20 – с системными последствиями. Аварийность и потери могут быть снижены за счет сбора и обработки методами предиктивной аналитики информации о режимах функционирования энергетического оборудования, включая изменение сроков регламентного обслуживания при обнаружении аномальных нагрузок и иных нестандартных режимов функционирования. Алгоритмы предсказательной аналитики, разработанные российскими инновационными компаниями, позволят заблаговременно предупреждать о возможных авариях и техноген-



традиционных и новых рынках, таких как: машиностроение и сельское хозяйство, умный город и умный дом, умный транспорт и телемедицина.

Чрезвычайно перспективным направлением для использования Интернета вещей представляется энергетика. В 2015-2016 гг. на электростанциях мощностью свыше 25 МВт и на объектах электросетевого хозяйства классом напряжения 110 кВ произошло около 4,5 тыс. ава-

рих катастроф, что, в частности, позволит предотвращать такие аварии как на Саяно-Шушенской ГЭС в 2009 году. Для получения системного экономического результата от таких систем, необходимо создать единое облачное хранилище данных о режимах работы оборудования и выработать единый стандарт сбора и анализа информации, а также системы аварийного предупреждения.



Переход к интеллектуально-цифровым методам хозяйствования подразумевает широкую кооперацию между исследователями, генерирующими знания и индустрией, использующей их для развития продуктов и сервисов. Цифровые платформы, получившие широкое распространение в B2C сегменте (Facebook, ApStore, Uber), сегодня активно развиваются в индустрии, упрощая коммуникацию, разработку технологических и организационных процессов, позволяя оптимизировать издержки, и фактически формируя цифровую базу новой системы управления. При этом, драйвером оборота знаний (информации между участниками цифровой знаниевой экономики) и архитектором кооперации, позволяющей трансформировать накопленные знания в компетенции, а результаты исследований в технологии, а, в итоге, и в деньги, является технологический предприниматель. Во многих экономических исследованиях, посвященных новой промышленной революции, его фигура признается ключевой. Сегодня целый ряд государств, используя законодательные, налоговые и даже политические инструменты пыта-

ются создать на своей территории «комфортную юрисдикцию» для технологических предпринимателей. Более богатые страны (США, Великобритания, Нидерланды, Сингапур, Канада) создают также исследовательскую инфраструктуру необходимую для генерации новых знаний и развития технологий. Более того, отдельные регионы внутри государства (или на территории нескольких государств) конкурируют между собой, предлагая в дополнение к физической, «мягкую» (soft) инфраструктуру – сервисы, снижающие расходы предпринимателя на создание технологического бизнеса и снижающие его риски, а также региональные программы для привлечения / сохранения квалифицированных кадров. В последние несколько лет в конкуренцию за наиболее активных и технологически грамотных предпринимателей включились и наши соседи: в Казахстане, Белоруссии, Латвии создается и инфраструктура, и нормативная база привлекательная для молодых компаний.

Все это, разумеется, справедливо и для России, но пока наша страна, будучи объективно, не входит в лидирующую группу и, если

так будет продолжаться, то с каждым годом мы будем терять свою конкурентоспособность и шансы сохранить даже текущее положение на мировом индустриальном рынке. Необходимость развития исследовательской и предпринимательской инфраструктуры и поиска своих ниш, своей модели взаимодействия, которая позволит сформировать технологическую базу «цифровой экономики знаний», и создавать на ее основе новые продукты и услуги быстрее и качественнее конкурентов, хорошо понимают разработчики (ученые), предприниматели, представители промышленности, бизнеса и власти. Наша Сколковская команда, рабочая группа Технет, вместе с коллегами из других направлений Национальной технологической инициативы, многое делают для того, чтобы те, кто обладает уникальными знаниями и навыками (как технологическими, так и предпринимательскими), и хочет на этой базе создать бизнес, получили всю необходимую поддержку – от понимания ситуации на рынке в конкретной области до прямых контактов с потенциальными потребителями и сопровождения сделки. В России традиционно очень сильные школы в области математики, физики, химии, информационных технологий. Отдельные их представители в партнерстве с предпринимателями как в РФ, так и за рубежом, достаточно активно взаимодействуют с потребителями, в том числе с промышленностью, и успешно развивают новые бизнесы. Задача состоит в том, чтобы опираясь на компетенции в области цифровых технологий и развивая предпринимательскую психологию и навыки, масштабировать успешный опыт и достичь значимых экономических успехов на мировом рынке и обеспечить высокое качество жизни в России.



# ОПЫТ ЦИФРОВИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ПРЕДПРИЯТИЯ



Павел Бехер, руководитель проекта «Цифровая экономика» ПАО «ОДК-Сатурн»

Одной из ключевых характеристик авиакосмической отрасли является сложность изделий и их длительный жизненный цикл. Это общее утверждение также относится и к газотурбинному двигателестроению. ГТД состоит из 3500-5000 номенклатурных позиций, количество которых на двигатель измеряется от 1 до 100 штук.

Учитывая существующее положение российских авиапроизводителей на мировом рынке, тираж российских ГТД составляет не более нескольких сотен штук в год. В связи с этим производство строится по принципам технологической

специализации. Западная практика опирается на обширную кооперацию небольших специализированных производств с финишером.

Такой подход предъявляет высокие требования к методам управления цепочкой поставок (как внутренней, так и внешней). Цифровизация обеспечивает сквозной и непрерывный поток информации между всеми участниками цепочки от разработки до производства и в дальнейшем до взаимодействия эксплуатанта и поставщика. Однако только этот блок цифровизации авиапрома не дает должного эффекта при достаточно высоких затратах на внедрение ИТ-систем

класса ERP. Конкурентная борьба ставит новые вызовы.

Первой задачей стоит сокращение цикла разработки изделия

и вывода его на рынок. Апробированная практика ОДК-Сатурн на примере двигателя SaM146 показала, что создание цифрового проекта, использование высокопроизводительных вычислений для инженерных расчетов газодинамики, термодинамики, напряжений и прочности и т.п. позволила сократить сроки разработки продукта от привычных для отрасли 25-30 лет до 7-10 лет при снижении материальных затрат на натурные испытания. Однако этот «прогресс» уже является стандартом де-факто для западных компаний и не дает конкурентного преимущества. При этом цифровой продукт является базой, без которой невозможно дальнейшее развитие цифрового производства.

Второй задачей для компании является цифровизация непосредственно производственной цепочки. Должен быть создан цифровой двойник производственного цеха с учетом используемого оборудования, его расположения в цехе, учета особенностей автоматизированных и ручных операций. Такой цифровой двойник обеспечивает возможность контроля планируемых значений (номенклатурный план, пропускная способность, производственный

## Очень сложный продукт при маленьких партиях

- 5 000 компонентов
- 60 миллионов штук в год
- 8 лет жизненного цикла

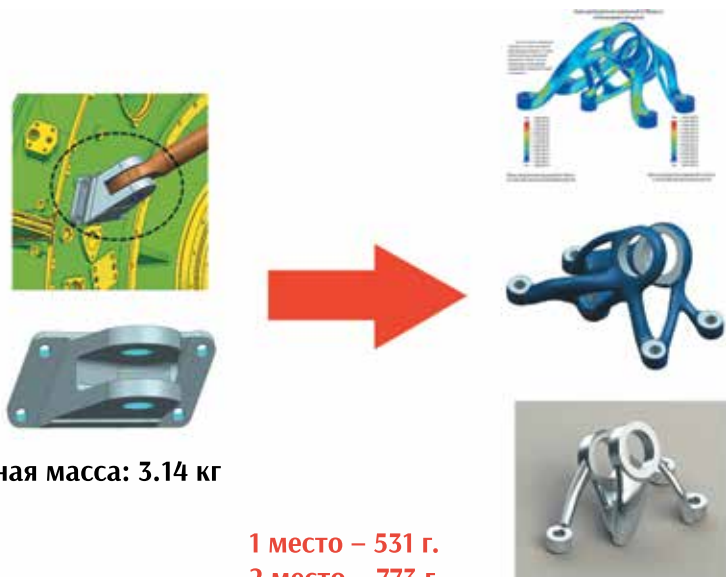


- 500 000 компонентов
- 1 500 - 2 000 штук в год
- 30 лет жизненного цикла



цикл, затраты) фактическому состоянию. Цифровой двойник производства дает возможность моделировать изменения (улучшения) и просчитывать их эффект близко к реальному. При этом количество вариантов для анализа может быть любым, а выбор реализуемого

ли двигателя и его реального поведения в реальных условиях, так же является задачей формирования и анализа больших данных (Big Data) формируемых с помощью Индустриального Интернета. Западные компании (лидирующую позицию в секторе ГТД занимает General Electric)



Исходная масса: 3.14 кг

1 место – 531 г.  
2 место – 773 г.  
3 место – 913 г.

в цехе может быть определен оптимальным сочетанием необходимых целевых значений. Важным является поддержание цифрового двойника производства в актуальном состоянии через реализацию непосредственной связи с оборудованием, производственными постами, переделами, фактами выполнения (или невыполнения). Для решения этой задачи используется индустриальный интернет вещей (IIoT), который обеспечивает связь сенсоров, датчиков и другой аппаратуры сбора данных с системами управления производством и цифровым двойником цеха.

Третья задача – реальное сопровождение жизненного цикла изделия в эксплуатации. Сейчас система автоматизированного управления предоставляет набор информации по эксплуатации в реальных условиях. Однако получение этой информации, которая представляет высокий интерес для разработчиков как обратная связь математической моде-

уже сейчас поставляют цифровые услуги своим эксплуатантам, которые позволяют подбирать более эффективные режимы эксплуатации, а также переходить от обслуживания по регламенту к обслуживанию по состоянию.

Четвертая задача для газотурбостроительной отрасли – применение передовых производственных технологий при проектировании и модернизации изделий. Использование аддитивных технологий, применение композитных материалов дает возможность серьезно снижать массу двигателя, затраты на технологическую подготовку и изготовление продукции. Уже сейчас на ГТД ОДК-Сатурн используются детали, изготовленные с помощью аддитивных технологий (послойное спекание). В 2017 году был проведен конкурс по перепроектированию кронштейна двигателя с учетом передовых методов проектирования с помощью высокопроизводительных оптимизационных расчетов. По-

бедитель продемонстрировал возможность шестикратного снижения массы детали при сохранении необходимых параметров статических и динамических нагрузок. Нужно отметить, что для реализации подобных задач использование оптимизационного моделирования с помощью суперкомпьютеров и применение аддитивного производства является обязательным.

Ситуация с нехваткой квалифицированных производственных рабочих для промышленных предприятий и сохранение на горизонте 40-50 лет потребностей в традиционной механической обработке ставит пятую задачу по цифровизации производств. Ее необходимо решать по следующим направлениям:

- расширение автоматизации обработки и роботизации традиционных ручных операций (полировка, слесарные операции, измерения). Одним из эффектов также является повышение уровня повторяемости параметров качества выполнения технологических операций;
- универсализация оснастки (использование сборки из модулей) с обеспечением автоматизированной техподготовки и переналадки;
- автоматизация транспортных систем и обеспечение скоординированной работы всех постов между собой для обеспечения круглосуточной работы оборудования;
- снижение затрат на обеспечение комфортных условий труда при максимальном исключении человека из непосредственного производственного потока, реализация системы умного производственного здания.

К сожалению, авиационная отрасль в этом отношении еще несколько отстает от автомобильной, но это означает, что для сохранения конкурентоспособности мы должны начать серьезно инвестировать в новую цифровую базу производства и привлекать новые кадры для реализации задач цифровизации производства по всем направлениям.

Подготовили: **Алексей Боровков**, проректор по перспективным проектам СПбПУ, лидер - руководитель рабочей группы «Технет» (передовые производственные технологии) Национальной технологической инициативы

**Кузьма Кукушкин**, главный специалист отдела технологического и промышленного форсайта Инжинирингового центра «Центр компьютерного инжиниринга» (CompMechLab®) СПбПУ

## ЦЕНТР НТИ «НОВЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ» НА БАЗЕ ИНСТИТУТА ПЕРЕДОВЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ СПбПУ



### КОНКУРС НА ПРЕДОСТАВЛЕНИЕ ГРАНТОВ НА ГОСУДАРСТВЕННУЮ ПОДДЕРЖКУ ЦЕНТРОВ НТИ НА БАЗЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ.

С 2018 года в России действует новый инструмент развития отечественной промышленности – центры Национальной технологической инициативы (НТИ).

Согласно Постановлению Правительства РФ от 16 октября 2017 года № 1251, «Центр НТИ» – структурное подразделение, создаваемое на базе образовательной организации высшего образования или научной организации <...>, осуществляющее комплексное развитие сквозных технологий Национальной технологической инициативы совместно с иными образовательными и (или) научными организациями и иными хозяйствующими субъектами, включая промышленные предприятия». В соответствии с тем же постановлением, «сквозная технология» – «ключевое научно-техническое направление, развитие которого позволит обеспечить радикальное изменение ситуации на существующих рынках технологий, продуктов и услуг или будет способствовать формированию новых рынков».

Для определения центров НТИ в ноябре – декабре 2017 года был проведен конкурс среди российских вузов. Всего на конкурс Минобрнауки России по 10 сквозным технологиям было подано 70 заявок, из них требованиям конкурсной документации соответствовали 60. По направлению «Новые производственные технологии» рассматривалось 10 заявок.

Одним из участников конкурса по направлению «Новые производственные технологии» стал Санкт-









Рисунок 3. Развиваемые компетенции и пилотные проекты

Источник: ИППТ СПбПУ

за два года», «Технологии создания «Фабрик Будущего», «Управление цепями поставок в высокотехнологичных индустриях», «Технологическое лидерство и предпринимательство»;

- учебные фабрики (Learning Factories) на базе ИППТ СПбПУ: «Автомобиль за два года»; «Фабрика Будущего», совместно с индустриальными партнерами из Консорциума Центра НТИ и технологическим партнером SAP; «Композитные материалы и производство», совместно с технологическим партнером КБ «Архипов» и индустриальным партнером ГК «Русские инвестиции»; «PLM системы для предприятий легкой промышленности», совместно с технологическим партнером 1С (КТ-Сегмент);

- массовые открытые онлайн-курсы: «Аддитивные технологии», «Фабрики Будущего», «Технологическое лидерство и предпринимательство», «Передовые производственные технологии», «Роботы и робототехнические комплексы»;

- краткосрочные программы

переподготовки и программы стажировок по направлениям Центра НТИ СПбПУ;

- популяризация инженерного образования и работа со школьниками.

#### Формирование инфраструктуры Центра НТИ СПбПУ

Реализация программы и достижение ключевых показателей деятельности Центра НТИ СПбПУ возможны благодаря наличию развитой инфраструктуры, в которую входят:

- «платформа виртуальной разработки и испытаний» (собственная разработка СПбПУ), на базе которой создаются «умные» цифровые двойники изделий для высокотехнологичных рынков;

- высокопроизводительные вычислительные системы участников консорциума и широкий спектр специального инженерного программного обеспечения (CAD / CAE / CAM / CAx / PLM / MES / ...). Данная инфраструктура обеспечивает возможность создания цифровых двойников, разработки и виртуаль-

ных испытаний глобально конкурентоспособной продукции нового поколения в парадигме Smart Digital Twin – [(Simulation & Optimization) Smart Big Data]-Driven Advanced (Design & Manufacturing), решения задач в области больших данных, предиктивной аналитики, управления целями разработки с использованием технологий искусственного интеллекта;

- базы данных характеристик и моделей изделий, процессов и материалов;

- центр тестирования, верификации и валидации (центр TVV);

- инфраструктура специального испытательного, измерительного и научно-производственного оборудования;

- экосистема поддержки и развития инноваций на базе Технопарка «Политехнический» для вовлечения новых команд разработчиков и инженеров в реализацию новых проектов в области новых производственных технологий;

- испытательный полигон университетского типа – опытные «Фабрики Будущего» (Цифровые,

«Умные», Виртуальные) для корпораций в различных отраслях промышленности.

#### ТЕКУЩАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ЦЕНТРА НТИ СПбПУ

С конца 2017 года ведется активная деятельность Центра НТИ СПбПУ. За три месяца работы (январь – март 2018 года) проведены свыше 40 мероприятий по научным коммуникациям, подготовке и реализации образовательных программ, связям с общественностью, усилению проектного консорциума.

В рамках образовательного трека Центра НТИ СПбПУ проведены

системе Moldex3D для трехмерного моделирования литья пластмасс.

В рамках выстраивания сотрудничества и реализации совместных проектов Центра НТИ СПбПУ проведены встречи с представителями ПАО «КАМАЗ», ООО «ЛокоТех», АО «ТВЭЛ», ООО «НПО «Центротех», Франко-российской ТПП, Ассоциацией «Аэронет», РГ «Автонет» НТИ, представителями Сколтеха, ЗАО «Топ Системы», Dassault Systèmes, Kawasaki Heavy Industries, ГК «Герофарм», Клуб лидеров в Санкт-Петербурге и Ленинградской области.

10 марта 2018 года в ИППТ СПбПУ второй год подряд прошел

22 марта 2018 года состоялась подписание соглашения о вступлении НИЦ «Курчатовский институт» в Консорциум Центра НТИ СПбПУ. Соглашение в присутствии первого заместителя Министра образования и науки РФ В.В. Переверзевого и председателя совета РФФИ В.Я. Панченко подписали ректор СПбПУ А.И. Рудской и президент НИЦ «Курчатовский институт» М.В. Ковальчук.

Ведется активная деятельность по информированию заинтересованных лиц и компаний о деятельности Центра НТИ СПбПУ. 9 февраля 2018 года в пресс-центре ТАСС состоялась пресс-конференция с участием председателя Комитета по про-



образовательные мероприятия для ПАО «КАМАЗ», ГК «Росатом», АО «КМПО», а также в рамках программы профессиональной переподготовки МШУ СКОЛКОВО «Школа ректоров 14: управление трансформацией университета». В феврале и марте 2018 года ГК CompMechLab® – стратегический партнер Центра НТИ СПбПУ совместно с ИППТ СПбПУ провела два обучающих семинара, посвященных технологиям аддитивного производства и оптимизации под 3D-печать и программной

заключительный этап трека TechNet стартап-акселератора GenerationS от АО «РВК» и состоялась награждение победителей конкурса Фонда содействия инновациям «УМНИК Технет-НТИ».

28 февраля 2018 года в рамках командной инженерной олимпиады школьников «Олимпиада НТИ» (г. Сочи) состоялось подписание соглашения о вступлении образовательного Фонда «Талант и успех» (образовательный центр «Сириус») в Консорциум Центра НТИ СПбПУ.

мышленной политике и инновациям Санкт-Петербурга М.С. Мейксина и руководителя Центра НТИ СПбПУ А.И. Боровкова, посвященная началу деятельности Центра. Также осуществлены презентации Центра НТИ СПбПУ в рамках заседаний рабочих групп НТИ «Технет» и «Аэронет», на площадке «Точка кипения» АСИ в Санкт-Петербурге.



## UNIQBOT-3D – ПРИНТЕР ДЛЯ ПЕЧАТИ КОМПОЗИТНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

Д.А. Кириллов, руководитель проекта

UniqBot SPP может печатать композитными материалами, представленными в виде гранул с дисперсными наполнителями и армирующими волокнами, а также наполненными металлическим порошком композитами, с последующим обжигом для получения металлических изделий (за счет интеграции в систему трехмерной печати шнекового экструдера).



## FDM VER. 2.0 – ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ 3D-ПРИНТЕР ДЛЯ ПЕЧАТИ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Е.В. Матвеев, руководитель проекта

Основное новшество – экструдер нового типа, который позволит улучшить скорость и точность печати и изготавливать конечные изделия из материалов с температурой плавления свыше 1000 градусов, при пропускной способности 800-1000 мм в сек. Целевая стоимость одного комплекта – 20 тыс. рублей.

Денис Федосеев, заместитель главного инженера опытного завода по аддитивным технологиям  
ПАО «ОДК-Сатурн»

Данные разработки открывают новые возможности 3D печати – получение деталей со свойствами, ранее недоступными для FDM технологии при относительно низкой стоимости оборудования и используемых материалов. Коллаборация этих двух команд даст максимальный синергетический эффект в решении задач, отражающих потребности аэрокосмической отрасли в области FDM 3D печати.

# КЛЮЧЕВЫЕ КОМПОНЕНТЫ ЭКОНОМИКИ ЗНАНИЙ: ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПЛАТФОРМЫ И КОНСОРЦИУМНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

Лидирующие компании и государства сегодня создают конкурентоспособные экономики знаний (knowledge economies) с основой в виде интеллектуальных продуктов и систем продуктов – технологий, патентов, ноу-хау. Обеспечивая интеграцию в хозяйственную деятельность нематериальных активов, российские компании могут быть глобальными промышленными гигантами, тиражируя серийные производственные площадки на основе систематизированного интеллектуального капитала.

Развитые страны конкурируют экономиками знаний, когда их основные доходы формируются за счет создания интеллектуального капитала, а материальное производство размещается в странах с доступными ресурсами (человеческий капитал, сырье, энергия) для производства продукции. Произошел сдвиг ценности из реального пространства в виртуальное – цифровое. Физические же производственные площадки должны быть способны либо гибко и быстро адаптироваться под новые заказы, либо зарабатывать через реализацию проектов в кооперации с партнерами – в развитии их цепочек создания ценности.

Корпорации, когда-то производящие крупные партии продуктов в огромных цехах, в этих трансформационных процессах цифровой экономики переключаются на продажи интеллектуальной собственности – составы изделий, цифровые модели, наборы качественных характеристик продуктов, лицензии.

Преодолевая политические и регуляторные сложности, как правило, не успевающие за развитием технологий, мы осознаем себя и компании, в которых работаем, в самом начале расцвета систем децентрализованного сетевого контрактного производства с основой в виде базы данных цифровых, полностью описанных составов продуктов. Такие системы определяют по-новому основы экономики и наши жизни.

Ключевую роль при этом в обеспечении эффективности предприятий в экономике знаний играют единые информационные пространства предприятий и партнер-

Подготовил Павел Биленко, руководитель образовательных программ Индустрии 4.0 Московской школы управления СКОЛКОВО

ских сетей, эффективно работающие цепочки создания ценности и консорциумные экосистемы.

Конструкторско-технологическая подготовка производства, цифровое проектирование и моделирование производимых продуктов, создание и развитие интеллектуального капитала производственных предприятий уже

сегодня еще важно и для постепенного перехода через машинное обучение (machine learning) к полностью автоматическому производству. Проектирование и использование алгоритмов и программного обеспечения, которые собирают, преобразовывают, интерпретируют информацию и прогнозируют на этой основе развитие бизнес-про-

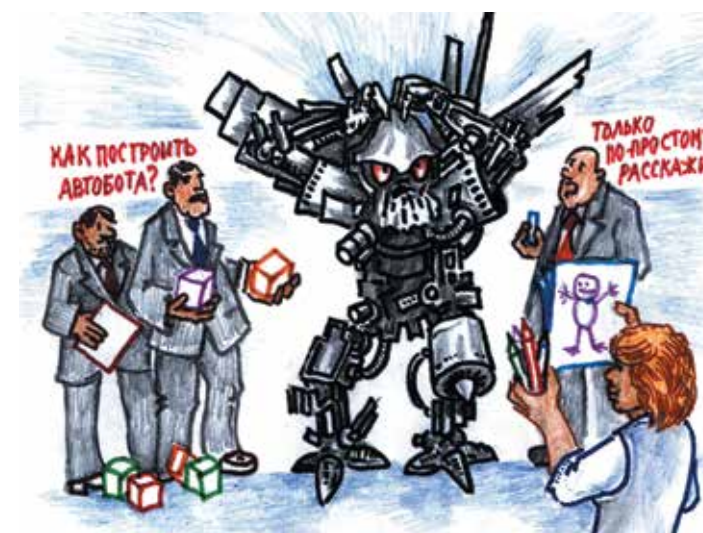


Рисунок 1. Эволюция цифрового производства: 1970-2020

более 15 лет ведутся с помощью специализированных цифровых систем.

В результате этого с 90-х годов прошлого века производственные предприятия системно накопили терабайты интеллектуальных активов в банках данных составов изделий производимого оборудования (рисунок 1, источник: «Digital Disruption Across Tomorrow's Manufacturing Supply Chains» by Mark Morley, Director, Strategic Product Marketing at OpenText).

Одно из ключевых конкурентных преимуществ производственной компании сегодня – единое информационное пространство предприятия, Enterprise Information Management: EIM = PLM+MES+ERP. С взаимной передачей данных, такие интегрированные системы работают в международных компаниях с 90-х годов прошлого века, образуя централизованный цифровой информационный хаб, используемый на всех стадиях жизненного цикла производственного проекта: для цифрового конструирования, в цифровом цеху, в цифровой цепи поставок, в логистике и для цифровой адаптации под потребителя продукта при продажах и сервисном обслуживании (рисунок 2). Накапливать, упорядочивать и управлять информацией на всех этапах жизненного цикла изделий



цессов, – ключ к эффективности предприятий в цифровой производственный век.

Для того, чтобы сегодня воспроизвести подобную бизнес-модель с основой в виде информационной платформы предприятия (интеллектуального капитала), собственник бизнеса прежде всего требует от команды обеспечить операционную эффективность предприятия. Критические факторы результативности проектов при этом – четкая, отстроенная, тикающая как часы произ-





**«СТИЛУС-КИМ» – ПРИБОР ДЛЯ ОЦИФРОВКИ ГЕОМЕТРИИ ДЕТАЛЕЙ**

А.В. Тигнибидин, генеральный директор ООО «Т-Мастер»

Основное предназначение – это оцифровка геометрии деталей любой сложности в процессе их производства за короткое время и сравнение их с идеальной 3D-моделью. В приборе механические элементы минимизированы – он выполнен в виде ручки, с возможностью управления результатами измерения с планшета или смартфона.

Андрей Коряжкин, начальник экспериментально-технологического цеха ПАО «ОДК-САТУРН», д.т.н.

Применение «СТИЛУС-КИМ» позволит существенно снизить количество универсальных измерительных приборов, снизить величину вспомогательного времени на выверку заготовки, настройку на требуемый размер, ввод коррекций. В рамках проекта заявлена замена КИМ, при этом не ясно, каким образом будут обеспечиваться измерения в требуемой точке, требуемой криволинейной линии при отсутствии жестких, высокоточных позиционирующих кинематических звеньев используемых в КИМ. Обеспечить контроль в сечениях, заданных согласно конструкторской документации, посредством позиционирования ручным способом не представляется возможным.

водственная система, бизнес-механизм, объединяющий компании в кооперационные цепи. Работающая цепочка создания ценности, отлаженная система разделения труда. Понимающие принципы работы такой бизнес-модели обученные команды компаний.

Важнейшая часть работы над развитием экономики

знаний сегодня – в создании эффективных консорциумных экосистем. В качестве примера такой экосистемы можно привести экосистему Ахена, развиваемую командой центра трансформации Индустрии 4.0 (E4TC, рис.3).

Из-за высоких рисков, которые несет экспоненциально развивающееся окружение, традиционные процессы

**Цифровые банки интеллектуальных активов формируют интегрированную цепь создания стоимости**

- Основа интегрированной цепи создания стоимости – **цифровая информация**, ускоряющая внутренние операции

- Централизованная цифровая информационная платформа:

- Развивает инновационность продуктов
- Повышает производительность
- Обеспечивает быстроту реакции и гибкость компании (agility)
- Повышает качество продукта и удовлетворенность потребителя

Источник: "Digital Disruption Across Tomorrow's Manufacturing Supply Chains" by Mark Morley, Director, Strategic Product Marketing at OpenText



Рисунок 2. Роль информационной платформы в интегрированных цепях создания стоимости

развития компании все больше теряют эффективность в меняющихся требованиях динамичной бизнес-среды. Поэтому компаниям сегодня, как никогда ранее, необходимы подходы быстрой разработки прототипов продуктов и бизнес-моделей, с конкретными результатами всех этапов работ, постоянной обратной связью и обменом информацией с проектными командами и заинтересованными лицами.

Один из принципов гибкого и быстрого создания продуктов заключается в необходимости как можно раньше проверять предположения и гипотезы о функционале продуктов или об эффективности бизнес-процессов, помимо виртуального эксперимента и компьютерного моделирования, в реальной среде опытных производств.

Для таких управленческих экспериментов нужны, помимо виртуальных, реальные заводы-прототипы, заводы-моделирующие пространства, заводы-учебные про-



Рисунок 3. Консорциумная экосистема цифрового производства в Ахене

странства. Один из таких заводов расположен в Ахене, в центре Европы, в одном из крупнейших исследовательских пространств Европы. Здесь создана экосистема, позволяющая прототипировать, быстро и дешево пробовать, ошибаться, накапливать и систематизировать интеллектуальный капитал на основе реальных практик и кейсов.

Реальный кейс экосистемы Ахена – электромобиль e.Go, требующий быстрых изменений от всех классических автопроизводителей. Центр прототипирования продуктов и моделирования бизнес-процессов – цех Европейского центра трансформации Индустрии 4.0 (E4TC). Цех (рис. 4) – это полноценное производство со стан-

ком плазменной резки, сварочным участком, складским хозяйством, сборочным участком, цифровой системой управления производством и более чем сотней технологий Индустрии 4.0, которые могут использовать для моделирования решения своих задач руководители предприятий.

На каждом из участков цеха скрупулезно и интенсивно совершенствуются компоненты и системы нового технологического уклада. Отрабатывается в специально спроектированных образовательных программах управление предприятием с использованием данных от всего жизненного цикла, а также отдельные операции – цифровая логистика, дополненная реальность в сборочных и





### СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ СРОКОМ СЛУЖБЫ МАТЕРИАЛОВ

Ильдар Ибатуллин, директор ООО «САМАРА-БАЛАНС», д.т.н.

Система включает комплекс технических средств контроля фактического состояния материалов и алгоритмов принятия управленческих решений, обеспечивающих бережную и безопасную эксплуатацию изделий. Она реализуется на всех этапах жизненного цикла изделий – проектирования, производства и эксплуатации, включает активные и пассивные алгоритмы управления и позволяет решать прямые (прогнозирование ресурса) и обратные (оптимизация технологических режимов и условий эксплуатации) задачи.

Андрей Коряжкин, начальник экспериментально-технологического цеха ПАО «ОДК-САТУРН», д.т.н.

Развитие данного метода может обеспечить существенное снижение объема разрушающих испытаний, тем самым повысить конкурентные преимущества, снизить вероятность постановки на эксплуатацию изделия, имеющего детали не соответствующие требованиям по ресурсу. В качестве недостатков по данному проекту следует отметить отсутствие базы данных сравнительных экспериментов, позволяющих оценить сходимость прогнозируемого ресурса и фактического, влияние макро и микрорельефа поверхности на ее ресурс.

сервисных операциях, синхронный контроль качества через операции сканирования сварных рам автомобилей с помощью контрольных измерительных машин, цифровое управление инфраструктурой и инженерными коммуникациями цеха.

Кроме того, на действующем производстве в соседнем цехе инженеры, технологи и руководители

работают над производством аккумуляторов для электро-мобиля через глубокий анализ этапов производственного цикла. Задача руководителя при этом – создать бесшовную связь между информационными и операционными технологиями (IT+OT) с различными интеграционными подходами. Для этого в Ахене был создан консорциум, который объединил возможности производителя аппаратного обеспечения (National Instruments) в оборудовании,



Рисунок 4. Производственные участки центра трансформации Индустрии 4.0 для моделирования и развития эффективности бизнес-процессов предприятий

вендора программного обеспечения (PTC) в программной автоматизации жизненного цикла продукта, дополненной реальности и интернета вещей, производителя инфраструктурного программного обеспечения (OSIsoft), производителя серверной архитектуры (HP).

Для эффективной работы системы управлением производством, созданной участниками консорциума, жизненный цикл производства аккумуляторов электромобилей был разделен на 15 стадий. Для каждой из стадий сейчас отрабатываются лучшие практики цифрового производства: управление и мониторинг условиями процессов (conditioning monitoring), машинное обучение (machine learning), управление энергоэффективностью (energy management), автоматический контроль качества (anomaly detection), сервис с дополненной реальностью (augmented reality maintenance), отслеживание перемещения сырья и материалов (asset track and trace) и другие технологии.

Цель цифровой трансформации и работы центра состоит в том, чтобы создать постоянно развивающиеся, гибкие компании, готовые непрерывно адаптироваться к меняющимся условиям за счет соответствующих технологий, организационного обучения и создания системы принятия решений с использованием данных от жизненного цикла производства, цепочки поставок, средств и систем производства, всех бизнес-процессов.

При этом один из критериев эффективности трансформации – обеспечение высокого качества данных от всех бизнес-процессов и доступность данных в более короткие сроки.

Изучив опыт развития консорциумных экосистем, ответим на вопрос – почему компании России не успевают

### ПРОИЗВОДСТВО ИННОВАЦИОННЫХ ПОЛИМЕРНО-КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Сергей Лосев, заместитель гендиректора ООО «Стимул Групп»

Компания «Стимул Групп» занимается производством инновационных полимерно-композиционных материалов (ПКМ). Особенность новых полимеров является повышенная термостойкость, значительное улучшение эксплуатационных характеристик готовых изделий из ПКМ, снижение их токсичности при нагреве и горении, снижение наполненности полимерных композиций (замена комплекса добавок на 1-2) за счёт полифункциональных свойств.

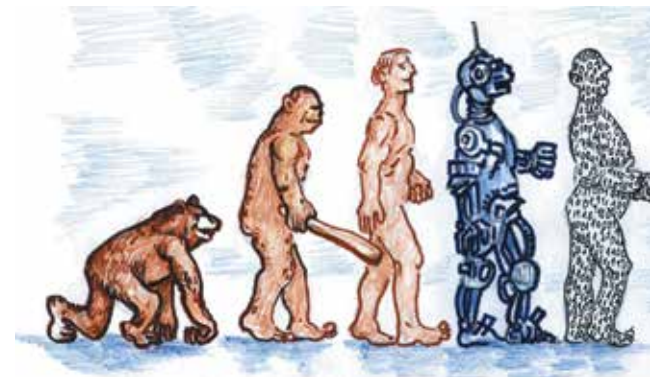
Павел Хилов, руководитель проекта по композиционным материалам на полимерной матрице ПАО «ОДК-САТУРН»

Технология введения функциональных добавок в базовый состав композиционного материала позволяет решить задачу управления группой свойств в итоговой композиции. Технология модификации материала открывает возможность решения таких задач как: теплоперенос по материалу конструкции, тем самым предотвращая появление температурного градиента по детали; повышение теплостойкости и огнестойкости базовой композиции, позволяя повысить функциональные характеристики при незначительном увеличении цены. Однако важными вопросами в технологии являются сохранение физико-механических свойств и стабильность и повторяемость технологического процесса введения и переработки добавок, что требует проведения ряда экспериментальных работ.

за технологическими прорывами зарубежных конкурентов? В том числе, из-за незрелости партнерских связей, не достаточной эффективности работы в экосистемах малых и средних компаний, которые способны создавать продуктовые и сервисные линейки, сопровождающие цифровую трансформацию отраслей. Нехватка компаний, которые были бы способны эффективно работать по единым стандартам в каждом из звеньев цепочек создания сложных высокотехнологичных продуктов.

Высокотехнологичный продукт, такой сложный как электромобиль – не может быть спроектирован и произведен сегодня без эффективно работающей консорциумной экосистемы и центра ее управления с единым информационным пространством.

Спроектировать value chain и конечный продукт под реальный долгосрочный рынок – ключевой и важнейший



### ТЕПЛОПРОВОДЯЩИЙ ПОЛИМЕРНЫЙ КОМПОЗИТ

Андрей Косенов, руководитель проекта

Волгоградская инженеринговая компания полного цикла А.А.С.Polymers разработала теплопроводящий полимерный композит, который превосходит алюминий (на 38 % дешевле) и другие металлы по своим эксплуатационным показателям, обладая, например, теплопроводностью в 100 и более раз превосходящую теплопроводность обычных полимеров.

Николай Соколов, главный технолог - начальник управления главного технолога ПАО «ОДК-САТУРН»

Технология модификации материала открывает возможность решения таких задач как: теплоперенос по материалу конструкции, тем самым предотвращая появление температурного градиента по детали; повышение теплостойкости и огнестойкости базовой композиции, позволяя повысить функциональные характеристики при незначительном увеличении цены. Однако важными вопросами в развитии и продвижении технологии до серийного внедрения является сохранение физико-механических свойств, в сравнении с исходным композиционным материалом, а так же стабильность и повторяемость технологического процесса введения и переработки добавок, что требует проведения ряда экспериментальных работ.



навык команд руководителей. Оптимизировать цепочки создания ценности, добиться эффективности работы их звеньев – критический фактор результативности проектов производства высокотехнологичных продуктов. Обеспечить систематизацию и развитие интеллектуального капитала, как основы предприятия и партнерской экосистемы – важнейшие навыки выживания компаний.

Примерами и пилотными кейсами, определяющими развитие консорциумных экосистем, могут являться первые кросс-отраслевые проекты с ИТ компаниями. Ведущие российские ИТ компании уже создают собственные программные продукты для анализа потоковых данных, машинного обучения и бизнес-аналитики реального времени: Tarantool IIoT от mail.ru group, «Снайпер» от Yandex Data Factory. Такие проекты реализуются только через совместную работу с промышленными холдингами над конкретными прикладными задачами. В этой связи, развитие кросс-отраслевого партнерства ИТ компаний и промышленных заказчиков ИТ продуктов – в том числе ключ к решению вопросов зависимости от импорта в секторе инновационных технологий.

Развитие отдельных регионов и предприятий будет происходить не только через верстку программ и фондов развития, а через усердную и интенсивную работу отдельных предприятий. Сколько на это уйдет времени — все будет зависеть от управленческих команд этих предприятий, скорости их обучения и интеграции полученных знаний и навыков в работу компании на результат.

В генезисе нового технологического уклада для предприятия прежде всего важно осознать необходимость изменений и провести диагностику цифровой зрелости в совместной работе с экспертами. Руководителям предприятий необходимо отставить технологический снобизм и позицию «новые технологии – маркетинговые фантомы», забыть фразы: «мы совершенны» и «от нас ничего не зависит».

Нужно найти людей, которые уже проходили путь трансформации от разрухи к современной компании, и учиться у них. Становиться компанией-амбидекстром: сегодня быстрые и гибкие компании уничтожают крупных конкурентов, обремененных регламентами, правилами и объяснительными за их нарушения.

Руководителям любой компании необходимо задуматься об этом. Как сделаться такой же быстрой, как, к примеру, General Electric, которая выпускает несколько десятков инновационных продуктов ежегодно? Как стать такими же интересными для рынка, как те западные компании, за чьими дорогими продуктами выстраиваются очереди? Как выводить новые продукты на рынок столь же быстро и часто, как европейские компании?

В активно развивающихся странах сегодня в национальных экономиках – один из самых важных элементов – консорциумные экосистемы, пространства для тестирования гипотез, прототипирования продуктов, моделирования бизнес-процессов, развития бизнес-моделей. Объединяющие их единые информационные платформы



#### КИБЕРСКЛАД

*Сергей Симонов, сооснователь и коммерческий директор «Киберсклад»*

Роботизированная система «Киберсклад» включает в себя автоматическую систему управления, мобильные роботы, станции комплектации, станции заряда АКБ, стеллажи и ограждение с системой контроля периметра (по технологии goods-to-man с применением pick-by-light).

*Павел Бехер, руководитель проекта «Цифровая экономика» ПАО «ОДК-Сатурн»*

Транспортировка стеллажа к точке комплектации имеет определенные преимущества, а именно исключение сложных подъемных механизмов с распознаванием позиции необходимой ячейки. Но также она обладает и недостатком: традиционно склады проектируются для максимизации объема хранения, но в случае транспортировки стеллажа, это должны быть относительно невысокие зоны хранения для обеспечения безопасного перемещения стеллажа роботизированной тележкой.

Но несомненную пользу может принести использование интеллектуальной системы управления роботизированным складом в том случае, если сроки комплектования критичны.

и образовательные программы для развития команд руководителей. Без таких мобилизаторов в экосистемах технологического предпринимательства национальная экономика не может успеть за экспоненциальной диффузией технологий.

Научиться созидать и эффективно работать совместно в таких экосистемах – одна из наших основных задач ближайшего времени.

## СОДЕРЖАНИЕ

- 2-4 Приветствие участникам форума
- 5-7 Сверхвостребованные направления и задачи ОДК
- 8-11 Цифровая трансформация авиационного двигателестроения
- 12-16 «Умные» цифровые двойники – основа новой парадигмы цифрового проектирования и моделирования глобально конкурентоспособной продукции нового поколения
- 17-20 Цифровизация экономики знаний
- 21-22 Опыт цифровизации производственной системы предприятия
- 23-27 Центр НТИ «Новые производственные технологии» на базе института передовых производственных технологий СПбПУ
- 28-34 Ключевые компоненты экономики знаний: информационные платформы и консорциумные экосистемы

Спецвыпуск журнала, посвященный V Международному технологическому форуму «Инновации. Технологии. Производство». Куратор номера Д. С. Иванов, директор по инновационному развитию ПАО «ОДК-Сатурн»  
Издание подготовлено службой директора по связям с общественностью ПАО «ОДК-Сатурн»

Главный редактор: Любовь Калинина  
Выпускающий редактор: Ольга Осирко  
Фотограф: Алексей Ленёв  
Иллюстрации: Вячеслав Корнев  
Дизайн обложки: Татьяна Хрусталёва  
Верстка, препресс: Екатерина Николаева  
Дизайн, верстка и изготовление:  
ООО «Арт-холдинг «МЕДИАРОСТ», [www.mediarost.ru](http://www.mediarost.ru)

Материалы журнала не могут быть воспроизведены полностью или частично в печатном, электронном или ином виде без письменного разрешения ПАО «ОДК-Сатурн»  
152903, г. Рыбинск, пр. Ленина, 163, [www.npo-saturn.ru](http://www.npo-saturn.ru)  
Подписано в печать: 09.04.2018  
Тираж: 999 экз.



