

РИТМ

МАШИНОСТРОЕНИЯ

'1
2020

Новый волоконный лазер с высоким
качеством излучения $M^2 = 1.1$ и
мощностью 1 кВт

Разработка и сборка — РФ



Эффективное взаимодействие
науки и бизнеса

lenlasers.ru

ОКНО ВОЗМОЖНОСТЕЙ ОТКРЫТО

МЫ ПРОДОЛЖАЕМ ТЕМУ РАЗВИТИЯ ИНДУСТРИИ 4.0, НАЧАТУЮ В № 9 ЖУРНАЛА «РИТМ МАШИНОСТРОЕНИЯ». О СВОЕМ ВИДЕНИИ ВЫЗОВОВ ИНДУСТРИИ 4.0 И ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РАССКАЗЫВАЕТ АЛЕКСЕЙ БОРОВКОВ, ПРОРЕКТОР ПО ПЕРСПЕКТИВНЫМ ПРОЕКТАМ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ПЕТРА ВЕЛИКОГО (СПбПУ), РУКОВОДИТЕЛЬ ЦЕНТРА КОМПЕТЕНЦИЙ НТИ СПбПУ «НОВЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ», ЛИДЕР (СОРУКОВОДИТЕЛЬ) РАБОЧЕЙ ГРУППЫ «ТЕХНЕТ» НАЦИОНАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ИНИЦИАТИВЫ (НТИ).



ВЕХИ

В 2016 году принята Национальная технологическая инициатива — государственная программа поддержки в России высокотехнологичных отраслей и перспективных рынков, которая в 20-летней перспективе должна обеспечить лидерство российских предприятий в мировой экономике.

В феврале 2017 года правительственной комиссией на заседании президиума Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России утверждена дорожная карта «Технет» (передовые производственные технологии) НТИ.

В 2017–2018 годах состоялся конкурс на создание центров компетенций НТИ на базе образовательных организаций высшего образования и научных организаций для развития сквозных (применимых в различных отраслях) технологий и содействия глобальной конкурентоспособности продукции отечественной промышленности. Петербургский политех стал победителем конкурса по направлению «Новые производственные технологии», на базе Института передовых производственных технологий СПбПУ создан Центр компетенций НТИ.

В 2019 году специалистами Центра НТИ СПбПУ разработана дорожная карта развития до 2024 года сквозной цифровой технологии «Новые производственные технологии» в рамках федерального проекта «Цифровые технологии» национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации».

ДОГОВОРИМСЯ О ТЕРМИНАХ

— Промышленность развитых стран стоит на пороге массового производства продукции с индивидуальными характеристиками. Так сказать, серийное, но индивидуальное. За счет чего?

— Давайте уточним, из каких этапов состоит процесс создания продукции. Первый этап — проектирование, второй — производство, третий — послепродажная сервисная поддержка. Этим определяется жизненный цикл любой продукции — от единичной до массовой. Известна кривая маржинальности, которая показывает, что наибольшую добавленную стоимость дают 1 и 3 этап, а про-

изводство как раз является этапом низкомаржинальным, что связано с высокой ценой владения. На этапе производства сложно иметь какие-то конкурентные преимущества, потому что ведущие компании уже давно реализовали концепции бережливого производства, цифрового производства и в данном случае — интеллектуального производства. Индустрия 4.0 — это производство, где все пронизано сетями, датчиками, которые через промышленный интернет генерируют в потоковом режиме большие объемы данных. На основе этих данных с применением программ предиктивной аналитики определяются, в частности, оптимальные процессы эксплуатации оборудования. И в этом направлении движутся все.

Однако решение задач, обозначенных вашим вопросом, приходится на другой этап — этап проектирования.

— Пожалуйста, расскажите подробнее об этом этапе.

— Именно на этом этапе закладываются все имеющиеся ограничения — например, финансовые, то есть требование минимизации себестоимости разработки. Следующий момент — это известный принцип Time-to-Market, то есть необходимость разработать и вывести продукт на рынок вовремя, пока это не успели сделать конкуренты, пока не закрылось окно возможностей. Ключевой момент — производственные и технологические ограничения, то есть имеющееся оборудование, на котором будет производиться продукция.

— То есть проектировать новую продукцию нужно, скажем, с поправкой на старое оборудование?

— Да. Потому что если вы затеете модернизацию производства, которая потребует существенных финансовых и временных ресурсов, вы все равно не будете выпускать продукцию на рынок или будете выпускать старую. То есть вы снова проигрываете. Вот почему производство начинает выступать в качестве ограничения и его надо учитывать на этапе проектирования. Еще одно важное ограничение, которое сейчас всех волнует, — экологическое. Есть и множество других — вплоть до наличия у специалистов необходимых компетенций.

С другой стороны, у каждого продукта есть потребительские характеристики, выражаемые теми или иными

показателями. Например, станок должен быть легче, чем у конкурента, и при этом удовлетворять требованиям по жесткости, прочности, виброустойчивости; он должен отрабатывать заданные режимы и ресурс и так далее. Эти потребительские характеристики могут выступать в качестве целевых показателей. Тогда основой разработки на первом этапе становится benchmark — эталон, ориентируясь на который мы собираемся проектировать то или иное изделие.

И тогда в права вступает технология цифровых двойников — ключевой инструмент в контексте Индустрии 4.0 и передовых производственных технологий. Очень важно понимать, что цифровые двойники имеют смысл на этапе разработки нового продукта, а вовсе не тогда, когда изделие вышло на режим эксплуатации и с него собирается большой поток информации, большую часть которой можно назвать «мусорными данными».

Именно для того, чтобы не генерировать мусорные данные, нужно вернуться на этап проектирования, на котором, образно говоря, за все отвечает цифровой двойник. В том числе цифровой двойник указывает, где расставлять датчики и что вообще измерять, то есть определяет, какие характеристики в каких местах являются критичными, причем на всех этапах жизненного цикла. Или, например, если изделие должно непрерывно работать несколько лет в режиме вибрации, цифровой двойник должен ответить на вопрос о долговечности...

Очень скоро для всех производителей центр тяжести в конкуренции сместится на первый этап, то есть на проектирование. И именно цифровые двойники будут использоваться для создания в кратчайшие сроки глобально конкурентоспособной продукции. В том числе если мы хотим создавать кастомизированную продукцию: переналадки производства тоже должны быть заложены на этапе проектирования.

— Вы говорите, что надо обязательно учитывать разные ограничения — временные, технологические, финансовые, экологические, но готовы создавать best-in-class продукт. Как вы оцениваете спрос отечественного рынка на все то, что вы готовы ему дать?

— В мировых масштабах российский рынок не очень велик. Чтобы развиваться, российские компании должны работать на глобальных высокотехнологичных рынках, на которых их сегодня никто не ждет. Тем не менее, во-первых, продукт они все равно должны разрабатывать такой, который по характеристикам превышает мировые аналоги. Во-вторых, производство, в том числе станки, не должны ухудшить достигнутые на этапе проектирования характеристики. И, в-третьих, необходимо поменять отношение к послепродажному обслуживанию. Чего уж там лукавить, это ахиллесова пята российского подхода, когда считается, что все как-то само собой образуется. Мир убежал вперед и давно решил проблемы как с производством, так и послепродажным обслуживанием. Когда же мы гово-

рим об этом, мы просто фиксируем уровень своего отставания от мирового уровня, не более. Однако шансы попасть на глобальный рынок появляются только тогда, когда есть спрос на продукцию, которую ты производишь быстрее конкурентов, с характеристиками лучшими, чем у конкурентов, а производство и послепродажное обслуживание не ослабляют преимуществ, полученных на этапе проектирования.

СТАВИТЬ АМБИЦИОЗНЫЕ ЗАДАЧИ И РЕШАТЬ ИХ

— Теперь перейдем к главному: как создать продукт best-in-class, лучший в классе? Желательно с конкретным примером.

— Я уже говорил о целевых показателях и ресурсных ограничениях, которые необходимо учесть в проекте. При традиционном проектировании в расчет их берется, как правило, не более пяти сотен. На самом же деле любая сложная система — тот же станок, двигатель, автомобиль, самолет и так далее — описывается десятками тысяч показателей и ограничений. И если не уметь их описывать, продукт мирового уровня создать невозможно.

В качестве примера приведу проект «Кортеж», в котором были достигнуты рекордные характеристики по целому ряду показателей. Это разработка модульной платформы семейства автомобилей: лимузин, седан, внедорожник, микроавтобус и кабриолет — для первых лиц государства. Главным исполнителем проекта выступал НАМИ, и мы тоже принимали активное участие в этом проекте, отвечая за разработку кузовов. На этапе проектирования нами была составлена матрица целевых показателей и ограничений — главный атрибут цифрового двойника, которая суммарно насчитывала 125 тысяч позиций. Мы не смогли бы решить задачу без этой матрицы, в которой видно, как взаимодействуют и конфликтуют между собой различные показатели.

— Каким образом эти показатели конфликтуют?

— Например, для усиления прочности изделия нам нужно увеличить толщину его стенок, а увеличение тол-



Фото: ФИПС

ПРОЕКТ «КОРТЕЖ». НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КУЗОВА БЫЛА СОСТАВЛЕНА МАТРИЦА ЦЕЛЕВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ОГРАНИЧЕНИЙ, КОТОРАЯ СУММАРНО НАСЧИТЫВАЛА 125 ТЫСЯЧ ПОЗИЦИЙ.

щины стенок дает излишнюю массу, что ведет к утрате конкурентоспособности по критерию массы, влечет за собой топливную неэффективность и так далее. Соответственно, нужно рациональным образом сбалансировать десятки тысяч целевых показателей и ограничений.

Лучший продукт — серийный или кастомизированный — мы можем разработать только в том случае, если для его разработки мы применяем лучшие в мире технологии. Это первое.

Второе: платформа должна обеспечивать работу с Big Data — большими данными, потому что цифровая экономика — это экономика больших данных, при этом важно избежать ситуации, когда 90% данных — мусорные. Цифровая платформа должна позволять генерировать и обрабатывать стремительно растущие объемы «умных» данных — Smart Big Data.

Вот почему цифровые платформы — очень важный инструмент проектирования. И драйвером всего процесса, технологией-интегратором становится цифровой двойник, агрегирующий в себе все современные атрибуты Индустрии 4.0: большие данные, искусственный интеллект, проектирование и моделирование, включая суперкомпьютерный инжиниринг, виртуальную и дополненную реальность и еще множество субтехнологий, включая аддитивные технологии и новые материалы.

— Где еще могут быть применены эти наработки?

— В проекте ЕМП («Кортеж») участвовало около 50 высокотехнологичных компаний, и теперь стоит задача применить выработанные подходы в других отраслях. Понимая, что времена натурального хозяйства закончились, мы должны очень быстро собрать цепочку поставщиков. Благодаря тому, что на этапе проектирования мы учитываем ограничения конкретного завода, конкретного производства, кроме цифрового двойника объекта возникает второй цифровой двойник — всех технологических процессов, с помощью которых мы изготавливаем изделие. Тогда проблем на производстве не возникает, поскольку они уже учтены в виде технологических ограничений на этапе проектирования. Кроме того, важно исключить влияние человеческого фактора на всех этапах жизненного цикла изделия. Это движение к безлюдному производству, хотя надо понимать, что в некоторых случаях это нецелесообразно: безлюдность на этапе производства не окупает безлюдности на этапе переналадки производства на другой вид продукции. Еще предстоит найти рациональное соотношение автоматизации, роботизации, с одной стороны, и участия человека — специалиста, эксперта — с другой.

ПРАВИЛЬНО ПОСТАВЛЕННАЯ ЗАДАЧА — ЗАЛОГ УСПЕХА

— Насколько, по вашему мнению, наше станкостроение готово к Индустрии 4.0?

— Я бы сказал, не очень готово. Если бы оно было готово, наши промышленные предприятия закупили бы отечественные станки, а сегодня велика доля зарубежных станков, которые по целому ряду важных характеристик лучше отечественных. Есть и станки российской разработки, но сказать, что мы на мировом уровне лидируем в такой области, как станкостроение, безусловно, нельзя.

Нужно бы поставить вопрос: есть ли у нас какой-то benchmark, тот или иной станок-эталон, который мы хотим сделать не хуже, чем у мирового лидера? Когда делали лимузин, надо было сделать на уровне тех, которые называют лучшими в мире. Такую задачу и надо ставить: давайте разработаем станок, который будет не хуже мировых аналогов. Нужно применить системный анализ: любой станок можно разложить на компоненты, по каждому компоненту понять, где мы находимся относительно мирового уровня, и потом сделать сборку, понимая, кто каждый компонент можем сделать лучше, чем у конкурента в мире. Такая постановка задачи восходит к промышленной политике государства, ведь можно разработать жизнеспособную дорожную карту по возрождению российского станкостроения, держа в качестве ориентира мировой уровень и понимая, что он тоже не стоит на месте. В том числе и для этого предназначено то, о чем мы с вами говорим: и цифровые платформы, и технология разработки цифровых двойников — как станков, так и процессов обработки.

— Государство пытается сейчас преодолеть другую трудность: отсутствие компонентной базы во всех отраслях — от электроники до станкостроения...

— Эту задачу должна решать другая программа. Ведь если мы не можем спроектировать станок, то никакие компоненты нам не помогут. А если мы можем спроектировать станок, но нам не хватает каких-то компонентов, то давайте на первом этапе используем импортные, чтобы станок заработал и выдавал продукцию, потому что именно продукцию покупают. Тогда мы поймем, какие компоненты и с какими характеристиками нам нужны, чтобы через какое-то время решить задачу импортозамещения и импортоопережения. «Кортеж» показали в 2017 году, а разработка началась в 2014 году, когда вся промышленность сказала, что это сделать невозможно. То есть мы находились в тех условиях, в которых находится сейчас станкостроение. Тем не менее — сделали. И конструкцию сделали, и компоненты, объединив российское и импортное, потому что была поставлена задача своевременно выпустить качественный продукт такого уровня, которого в России не было. По станкам задача может быть поставлена так же, и за 3–4 года ее можно было бы решить. И, кстати, деньги для такой масштабной задачи могут быть довольно скромными: на весь проект «Кортеж» из бюджета было выделено всего 12 миллиардов рублей.

ГАРАНТИРОВАННОЕ ЗАРЕЗЕРВИРОВАННОЕ РАЗВИТИЕ

— «Кортеж» хорош, но уже в прошлом. Какими новыми достижениями рынок «Технет», ориентированный на передовые производственные технологии, может похвастать сегодня и какие задачи стоят на перспективу?

— Хочу подчеркнуть, что сегодня мы ведем речь о малых и средних компаниях. У нас был большой проект, в котором «ОДК-Сатурн» предложил — впервые в стране, а на технологическом фронте впервые в мире! — разработать на своей базе «умную» фабрику для двигателестроения. Тот проект требовал порядка 3,5 млрд рублей бюджетных средств и столько же внебюджетных. «ОДК», «Ростех» и другие корпорации готовы были в этом уча-

ствовать. Но такой мегапроект не был запущен, потому что бюджетную сумму сочли слишком крупной. Мы опустились на уровень ниже, до 100 млн рублей, и предложили интересные проекты, в числе которых были, например, подводные добычные комплексы, цифровые верфи для судостроения. За каждым проектом стоит организация. В первом случае это ВНИИ экспериментальной физики, Российский федеральный ядерный центр, Крыловский государственный научный центр. Во втором случае Средне-Невский судостроительный завод и так далее. Проектов было много, но все они по финансовым причинам не могли уместиться в довольно узкие бюджетные рамки.

Тем не менее некоторые проекты пошли. Например, ООО «Тесис» — инжиниринговая компания, один из ведущих российских разработчиков и поставщиков инженерных решений для промышленных предприятий, исследовательских организаций, вузов, в партнерстве со Сколковским институтом науки и технологий разработали проект «Экспериментально-цифровая платформа сертификации». Много проектов запущено через Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере — Фонд Бортника: каждый год там на конкурсной основе запускается по двадцать проектов. Итого за три года мы запустили более 60 проектов по развитию НТИ. Это разные разработки, так или иначе ориентированные на цифровое проектирование и моделирование, IIoT, Big Data, роботизацию производственных процессов, обработку данных, создание различных платформ, аддитивные технологии от производства порошков до изготовления 3D-принтеров и так далее.

Каждый центр компетенций НТИ создал проектный консорциум, в котором участвуют десятки организаций. В консорциум Центра НТИ СПбПУ входит 63 организации, в числе которых «Росатом», «Ростех», «РЖД» и многие другие лидеры в своих отраслях. Например, с компанией ТВЭЛ госкорпорации «Росатом» мы решили задачу создания с нуля машины для нефтегазового машиностроения с ориентиром на лучшие мировые образцы. Речь о вибростите, которое входит в систему очистки бурового раствора. Оно вибрирует на уровне 7g, то есть практически на уровне ускорения свободного падения. Поскольку режим работы динамический, важно не только качество работы, но и долговечность. Стало быть, нужно было спроектировать установку, у которой уровень вибрации будет выше, скажем, 8 g и которая будет не дороже бенчмарка. Если действовать традиционным путем, на эту разработку можно затратить примерно три года, да еще и не получить результата. У каждой компании есть экспериментальные данные за нескольких лет, и мы должны были разработать цифровые двойники с точностью, которая отличается от экспериментальных данных не более чем $\pm 5\%$ по десяткам и сотням датчиков. Второй этап — это перепроектирование установки, которая априори должна быть лучше того, что сделано у мирового лидера с его 7g. В итоге — с учетом технологических ограничений завода, реальных возможностей его оборудования — за 2 месяца была спроектирована и за 3 месяца произведена установка. После межведомственных испытаний была выпущена малая серия машин с характеристикой 8,8g. Но с помощью цифровых двойников без увеличения сроков выполнения проекта, без увеличения стоимости разработки мы сгенерировали порядка 5 ре-

шений, каждое из которых превышало характеристики мирового лидера. Кроме 8,8g мы получили 9g, 10g, 11g, 12g.

Это мы и называем цифровой трансформацией — принципиальное изменение бизнес-модели. Одно best-in-class решение мы выводим на рынок, а еще четыре оставляем в запасе. Декан экономического факультета МГУ Александр Аузан назвал это «гарантированным резервированным развитием». Вот что дает новая цифровая промышленность, в частности, технология цифровых двойников.

С ЦИФРОВЫМ ДВОЙНИКОМ ПО ЖИЗНИ

— А третий этап жизненного цикла, то есть послепродажный сервис, не сведет на нет все усилия по созданию такой суперустановки?

— Нет. В процессе разработки мы указали критические зоны и критические характеристики установки, расставили датчики и постоянно получаем ту содержательную информацию, которая позволяет мониторить нормальную работу установки. Более того, информация, получаемая с работающей установки, совпадает с тем, что мы получили в ходе виртуальных испытаний на этапе проектирования с помощью цифрового двойника. И цифровой двойник «ведет» реальную установку по жизненному циклу, подсказывает, могут ли понадобиться ремонты, потому что мы имеем представление о спроектированном конкурентоспособном ресурсе.

— Получается, что все свое надо создавать в условиях, когда мировые лидеры наперебой предлагают готовое, то есть отстраивают рынок под себя?

— У нас другой подход. Мы понимаем, что не можем сразу сделать все по всем отраслям. Давайте действовать step-by-step: сначала сделаем одно, потом другое. Как я сказал, у нас в консорциуме 63 предприятия, все они в разной степени готовы к цифровой трансформации, движутся вперед с разной скоростью. Но все это — высокотехнологичные компании, готовые к цифровой трансформации.

— И все они сосредоточены в оборонно-промышленном комплексе?

— Вовсе нет. Например, в консорциум входит «КамАЗ», и мы выступаем головным исполнителем по проектированию нового семейства городских электрических автобусов. Есть множество других проектов, никак не относящихся к оборонке.

Важно не это. Важны новые бизнес-модели и технологии: цифровой двойник позволяет значительно снизить объемы натурных испытаний. Как происходит традиционное проектирование и потом производство? В попытке удовлетворить требования к техническим характеристикам продукции создается опытный образец, проходит испытания, затем уходит на перепроектирование и долго ходит такими итерационными циклами. Это очень долго и очень дорого. Себестоимость разработки растет, и когда изделие выходит в серию, его уже никто не купит: время Time-to-Market прошло, место на рынке уже кем-то занято — европейцами или китайцами, неважно. Потому я и говорю, что центр тяжести в конкуренции приходится на проектирование.

Зинаида Сацкая