Управление производством
ВЫПУСК #03

# ЦИФРОВОЕ ПРОИЗВОДСТВО

сегодня и завтра российской промышленности

БЕСПЛАТНОЕ ИЗДАНИЕ
ДЕКАБРЬ 2018

В ЭТОМ ВЫПУСКЕ


- ИНДУСТРИЯ 4.0 В РОССИИ 26
- «УМНЫЕ» ПРОДУКТЫ 53
- ЦИФРОВОЙ ТОИР 75
- RFID-ТЕХНОЛОГИИ 86


## мнения экспертов отрасли

**темы:** цифровой двойник, «умная фабрика», системы мониторинга оборудования, аддитивные технологии, 3D-моделирование, Big Data, RFID, VR-обучение

**опыт компаний:** Газпром нефть, Татнефть, Росатом, Северсталь, АЛРОСА, ОАК, ПЛМ Урал, КАМАЗ, ЧерМК, ЛокоТех, ОДК-Сатурн, НЭВЗ, Томская генерация, Hyundai

# Примите участие в следующем выпуске «Цифровое производство»

Деловой портал «Управление производством» приглашает вашу компанию принять участие в проекте «Цифровое производство: сегодня и завтра российской промышленности».

Цель проекта – показать отечественным производственным предприятиям новые возможности для развития, познакомить с лучшим зарубежным и российским опытом, предоставить им информацию о современных технологиях и компаниях-лидерах, которые могут оказать им практическую помощь на этом пути.

В проекте будут рассмотрены такие темы, как:

- Цифровое производство в России: главные события и проекты;
- Как работает цифровое производство: лучший зарубежный и российский опыт;
- Индустрия 4.0 – новые вызовы и новые возможности для промышленности;
- ИТ и цифровое производство;
- Индустриальный Интернет Вещей;
- Промышленные роботы, безлюдное производство и промышленная автоматизация;
- Аддитивные технологии;
- Цифровая логистика;
- Цифровое проектирование;
- Цифровое производство на предприятиях ВПК;
- и др.

Выход следующего электронного выпуска «Цифровое производство» (PDF) запланирован на **июнь 2019 года.**

Мы открыты для сотрудничества со всеми компаниями, желающими принять участие в проекте, спонсорами и рекламодателями, а также организациями и ведомствами, готовыми оказать поддержку проекту.

**Ваши заявки на участие в проекте, вопросы и предложения вы можете присылать на адрес info@up-pro.ru (просьба указать тему письма – «Цифровое производство»).**

# Содержание


## 5 Цифровые технологии в промышленности

Цифровая трансформация НПЗ: как «Газпром нефть» управляет цепочкой создания стоимости. . . . . 6

Цифровизация «КАМАЗа»: как облегчить труд технолога и повысить производительность труда. . . . . 11

«Татнефть»: Искусственный разум умных месторождений. . . . . 19

Четвертая промышленная революция в России: программы и проекты. . . . . 26

## 46 Цифровое проектирование и управление жизненным циклом изделия

Место систем автоматизации СМК в ИТ-ландшафте предприятия (PLM Урал). . 47

Зачем нужны «умные» продукты и сотрудники: ОДК-Сатурн о цифровом сопровождении жизненного цикла изделия. . . . . 53

## 58 Эффективность оборудования и автоматизированные системы мониторинга

Как интегрировать «цифру» в производство: «Томская генерация» о внедрении автоматизированной системы управления данными . . . . . 59

Мониторинг работы оборудования как первый шаг к единой киберфизической системе: опыт НЭВЗа. . . . . 62

## 68 Индустрия 4.0 и управление ремонтами

«Умный локомотив» и «Идеальное депо»: Индустрия 4.0 на службе сервиса и ремонта в «Локотех». . . . . 69

Цифровой ТОиР: почему переход на ремонт по фактическому состоянию сложен, но неизбежен. . . . . 75

## 79 Цифровая логистика: внешняя и внутренняя

Цифровые технологии в логистике: опыт «Газпром нефти». . . . . 80

RFID-технологии как ключевой компонент «умной логистики» НЭВЗа. . . . . 86

**«Цифровое производство: сегодня и завтра российской промышленности» Выпуск №3**

ООО «Портал «Управление Производством»
Юр. адрес: 105005, г. Москва, ул. Бауманская д. 7, стр. 1, ант. 2, п. I, к. 17, оф. 8
e-mail: info@up-pro.ru
Для писем: 117418, Москва, а/я 109.
Сайт: www.up-pro.ru
Обложка: Kittipong Jirasukhanont
Изображения: 123rf.com

**Copyright © Портал «Управление производством».**

Выпуск был подготовлен Центром индустриальных исследований Делового портала «Управление производством».

Все мнения и оценки, содержащиеся в настоящем материале, отражают мнение авторов на день публикации и могут быть изменены без предупреждения.

Деловой портал «Управление производством» не несет ответственность за какие-либо убытки или ущерб, возникшие в результате использования любой третьей стороной информации, содержащейся в настоящем материале, включая опубликованные мнения или заключения, а также за последствия, вызванные неполнотой представленной информации. Информация, представленная в настоящем материале, получена из открытых источников либо предоставлена упомянутыми в отчете компаниями.

# Приветственное слово

Сергей Жишкевич, главный редактор Делового портала «Управление производством»

Уважаемые дамы и господа!

В 2017 году распоряжением Правительства была утверждена программа «Цифровая экономика Российской Федерации», направленная на последовательное внедрение современных цифровых технологий и повышение общей цифровой грамотности. Она определила цели, задачи, ключевые направления, оформив стратегию цифровой трансформации на национальном уровне.

За этот год произошло немало изменений. Были предприняты решительные шаги по формированию условий для цифровизации, разработана государственная программа по развитию аддитивных технологий, проведен ряд мероприятий по обмену опытом и тиражированию лучших инструментов Индустрии 4.0. Учреждаются компании-интеграторы, ускоряющие цифровой переход, все больше компаний создает в управленческом составе должность руководителя цифровой трансформации, ответственного за вывод предприятий на новую модель. Налаживается продуктивное взаимодействие между производителями, разработчиками ПО, государственными структурами, обучающими организациями.

В третьем выпуске «Цифровое производство: сегодня и завтра российской промышленности» мы подводим итоги той работы, которая велась на российских предприятиях в течение года, очерчиваем ключевые тенденции и направления развития, представляем самые интересные, на наш взгляд, проекты. В течение 2018 года мы внимательно наблюдали за происходящими на наших глазах изменениями, общались с производителями, которые проводят реальную работу по цифровой трансформации своих предприятий. На страницах номера они продемонстрировали результаты своей работы и представили собственный взгляд на будущее, которое готовит нам четвертая промышленная революция.

Цифровые двойники, виртуальная реальность, искусственный интеллект, квантовые и суперкомпьютерные технологии, беспилотные поставки и безлюдное производство стали нашей реальностью, а не частью фантастических книг. За ними будущее, и без освоения этих технологий невозможен выход на отвечающую запросам завтрашнего дня бизнес-модель.

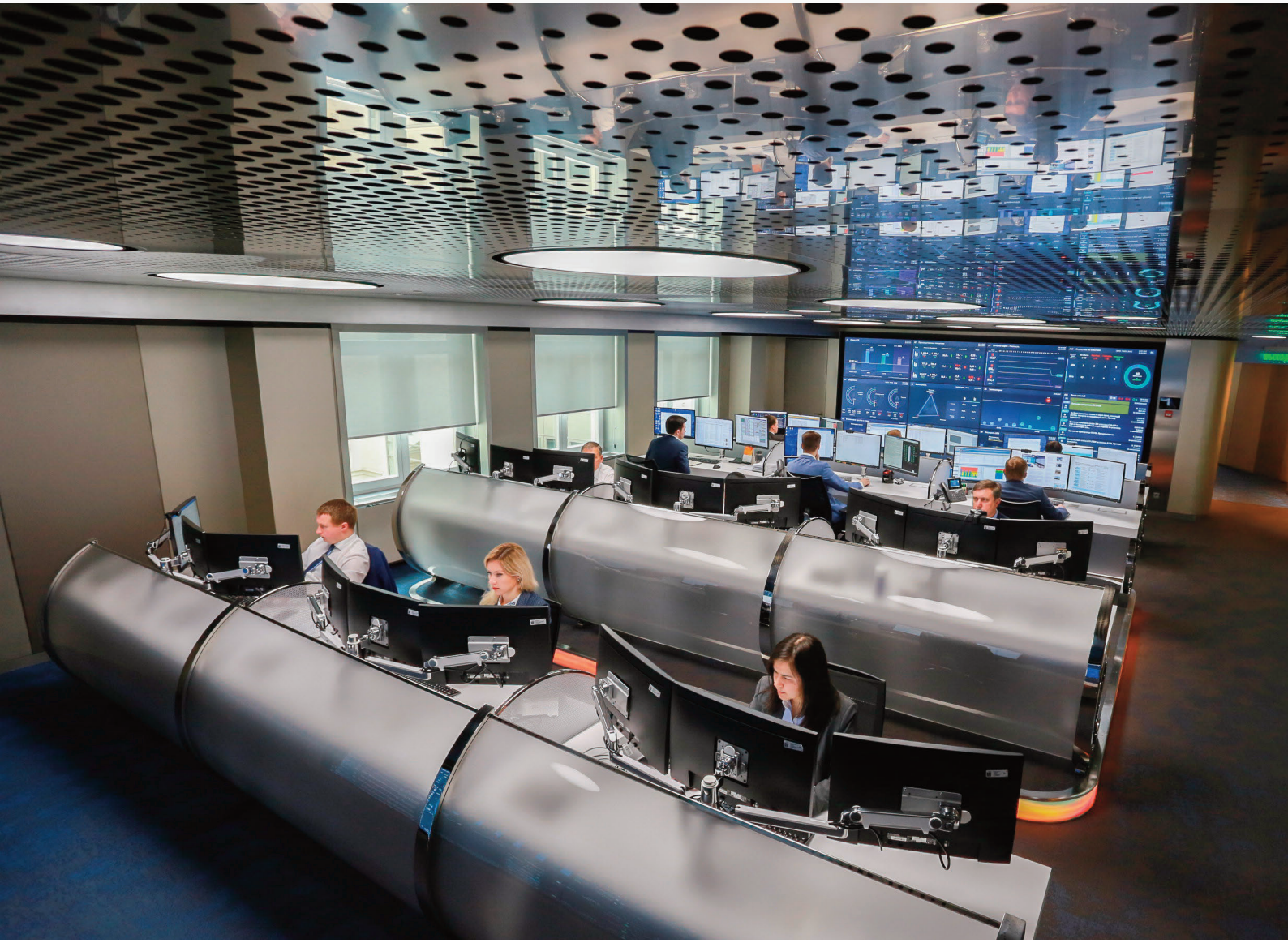
Мы надеемся, что опыт компаний, уже сделавших уверенные шаги в этом направлении, станет вам поддержкой. Выражаем благодарность ГК «ПЛМ Урал», при содействии которой создавался данный выпуск.

# ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

На производственный процесс в любой момент времени оказывают влияние тысячи переменных, взаимовлияющих и взаимозависимых факторов, и учесть и согласовать их, избежав ошибок и внештатных ситуаций, крайне сложно, даже для профессионала. Более того, ни одно решение не защищено от влияния человеческого фактора. На помощь производителям приходят технологии цифровой экономики, способные взять на себя значительный пласт работы. От автоматизированного сбора данных и безбумажного документооборота мы движемся к полному дублированию реального производства в виртуальном пространстве – к созданию цифровых двойников, помогающих регулировать и анализировать поток данных, управлять процессами и обеспечивать полный контроль за ситуацией.

На страницах номера мы обратимся к самым разным технологиям, уже внедряемым на российских предприятиях в рамках цифровой трансформации: цифровые двойники производства, цифровой рудник и цифровые энергосети, искусственный интеллект, виртуальная реальность, роботизация и безлюдное производство, аддитивные технологии и технологии блокчейна. Мы рассмотрим, что «Газпром нефть» понимает под «заводом будущего» и как выстраивает систему управления всей цепочкой создания стоимости, изучим опыт «КАМАЗа» в области организации цифровой системы управления, роботизации и автоматизированного контроля качества, а «Татнефть» расскажет о том, что такое «умное месторождение» и как искусственный интеллект повышает прозрачность процессов и скорость реакции компании на изменения.

# Цифровая трансформация НПЗ: как «Газпром нефть» управляет цепочкой создания стоимости



**Идея повышения эффективности за счет объединения под одной системой управления процессов производства нефтепродуктов, их транспортировки и сбыта не нова. Однако по-настоящему реализуемой она стала только сегодня, с развитием технологий работы с большими данными, когнитивных систем. «Газпром нефть» уже активно строит систему управления всей цепочкой создания стоимости как единым активом и даже заглядывает немного вперед, запустив программу создания цифровой платформы логистики, переработки и сбыта. Разбираемся, как это работает.**

Фото: **Александр Зубков, Александр Таран** Текст: **Сергей Орлов**

Благодарим редакцию корпоративного журнала «Сибирская нефть» ПАО «Газпром нефть» за предоставление данного материала.

## Объединенная операторная

Наверное, если попросить описать завод будущего, то большинство людей будут говорить о практически полном отсутствии людей, вместо которых трудятся роботы, о компьютерных технологиях, тишине и чистоте. Эта картина в определенной степени подходит и для современного НПЗ. Технологические процессы, использующиеся сегодня в нефтепереработке, настолько сложны и масштабны, что без помощи интеллектуальной автоматики управлять ими как минимум неэффективно и небезопасно. Автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУТП) внедряются на НПЗ с 1970-х годов. Собственно, они и сделали нефтеперерабатывающие заводы малолюдными – данные с контрольно-измерительных приборов, которыми оснащается оборудование, поступают в операторные, откуда и ведется управление. С развитием технологий участие людей в процессе управления установками и комплексами нефтеперерабатывающих предприятий становится все более ограниченным. Обычные АСУТП сменяются умными системами управления, так называемыми advanced process control (APC), или в отечественном варианте – системами усовершенствованного управления технологическим процессом (СУУТП). В основе этих систем лежат многопараметрические программируемые контроллеры, обеспечивающие ведение технологического процесса практически в режиме автопилотирования, причем с гораздо большей точностью и эффективностью, чем люди. Автоматика в этом случае сама корректирует различные параметры технологического процесса, опираясь на данные, поступающие от виртуальных анализаторов – математических моделей, использующих прямые измерения параметров процесса (температуры, расхода, давления) для расчета в реальном времени показателей качества выпускаемого продукта.

В итоге сегодня основная функция операторов сводится к контролю работы системы управления, фактически в режиме реального времени передающей на мониторы десятки сигналов – предупредительных, оповещающих, неотложных, аварийных. При этом распределенное управление отдельными установками из локальных операторных централизуется, смежные объекты объединяются в комплексы, которые можно контролировать из единого центра и с одного пульта, логика управления перестраивается таким образом, чтобы один человек мог контролировать большое количество контуров. То, что данные со всех технологических объектов стекаются в объединенные операторные, значительно повышает оперативность управления производством. Именно по такой схеме работают и Омский, и Московский НПЗ «Газпром нефти».

Такой уровень автоматизации и централизации позволяет повысить эффективность сразу в нескольких направлениях. В режиме автопилота система управляет процессом так, чтобы все технологические параметры были оптимальными, а запас по качеству продукта – минимальным. За счет регулирования потребления энергоресурсов, отслеживания температуры подачи сырья в зависимости от многих возмущающих факторов, в том числе погодных условий, интеллектуальная автоматика позволяет минимизировать энергопотребление. А стабильность технологического режима, достигающаяся за счет работы автопилота, дает качественный эффект: оборудование меньше изнашивается.

А кроме того, это уже уровень, позволяющий перейти от глобальной автоматизации к цифровой трансформации.

**Анатолий Чернер, заместитель генерального директора «Газпром нефти» по логистике, переработке и сбыту:**

«Постоянное повышение эффективности и уровня технологического развития НПЗ – залог успешной работы на таком высококонкурентном рынке, как нефтепереработка. Поэтому мы намерены максимально полно использовать новые возможности и инструменты Индустрии 4.0, подтверждая статус отраслевого технологического лидера. Так, сегодня в рамках цифровой трансформации в «Газпром нефти» создается единая технологическая платформа управления эффективностью нефтепереработки и сбыта, которая объединяет все элементы цепочки создания добавленной стоимости и значительно повысит операционную эффективность компании».

## Управление производством

Основной смысл дальнейшего развития – в переходе от управления отдельными установками к управле-

нию технологическими цепочками. Причем цикл управления будет включать в себя предиктивный контроль качества продукции и энергопотребления, прогноз отклонений от суточного плана и оценку состояния оборудования. Это уже функционал центров управления производством (ЦУП), созданием которых на своих предприятиях сейчас активно занимаются в «Газпром нефти».

Для создания такой системы необходима трансформация всего цикла управления производством. Она включает и внедрение автоматического почасового планирования в разрезе установок и комплексов, и организацию учета производственных показателей в режиме реального времени, сопровождающегося автоматическим прогнозом отклонений, выявлением их причин и выбором оптимальной реакции. То есть речь идет уже о предиктивном управлении, и здесь без достижений четвертой промышленной революции не обойтись: интернет вещей для передачи информации с производственных установок, озера данных для ее хранения и систематизации, искусственный интеллект для обработки. И конечно, цифровые двойники физических установок и комплексов – фундамент цифрового завода и основа для внедрения оптимизационных схем нового поколения.

Сложнейшие математические модели установок НПЗ помимо информации о каждом элементе технологического объекта, включающей данные о характеристиках деталей и узлов, инженерных систем, средств автоматизации, их сроках службы, периодах обслуживания и т.д., содержат еще и описание всех физико-химических процессов, процессов потребления и выработки энергии, всех возможных параметров сырья и продуктов производства. В первую очередь цифровой двойник позволяет точно рассчитать и при необходимости скорректировать производственный план для конкретной установки, а в случае полной оцифровки актива – для всего НПЗ. «Газпром нефть» уже создала цифровые двойники установки гидроочистки бензина каталитического крекинга на Московском НПЗ и установки первичной переработки нефти АТ-9 на Омском заводе.

Цифровая трансформация НПЗ, содержащая множество сложных проектов, но в первую очередь заключающаяся в переходе на предиктивную модель управления, должна увеличить производительность на 2-3% и принести экономический ежегодный суммарный эффект для компании в 3 млрд рублей. Но нефтеперерабатывающий завод – это лишь один, хотя и важный элемент цепи создания стоимости. Повышение за счет технологий Индустрии 4.0 эффективности работы всей цепи, а не отдельных ее элементов принесет гораздо больший эффект. Все нити комплексной оптимизации и цифровой трансформации блока логистики, переработки и сбыта «Газпром нефти» сходятся в Центр управления эффективностью (ЦУЭ), который действует в компании уже больше года.

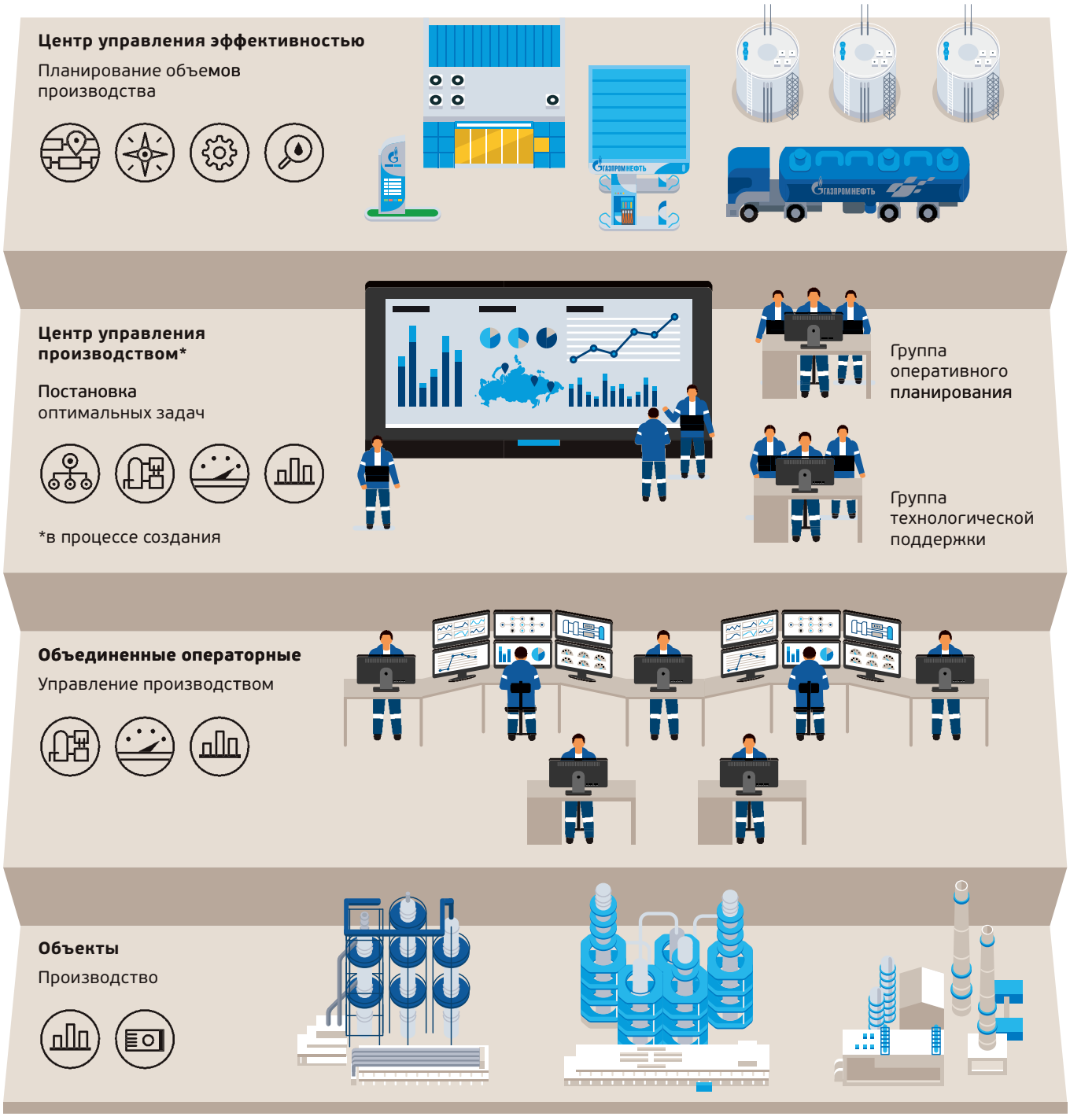
## Управление эффективностью

Рыночная ситуация меняется: сегодня требуется больше одного вида нефтепродуктов, завтра – другого. Конечно, рыночные реалии учитываются при планировании работы НПЗ и сегодня, однако период реагирования слишком долог: предприятия работают по месячным планам. Между тем современные технологии предоставляют возможность вносить коррективы в производственную программу ежедневно и даже ежечасно, причем опираясь на прогноз развития рыночной ситуации, также сделанный машинным разумом исходя из множества факторов. В этом и состоит одна из задач Центра управления эффективностью, работа которого опирается на анализ данных по всей цепочке добавленной стоимости – от переработки до сбыта.

«Газпром нефть» с самого своего основания шла по пути инновационного развития, и в периметр программы комплексной автоматизации входили, конечно, не только нефтеперерабатывающие заводы, но и топливозаправочные комплексы в аэропортах, АЗС, нефтебазы, логистические объекты и системы. Уже сегодня средствами автоматизированного мониторинга охвачено порядка 90% технологических параметров и материальных потоков по всей цепочке добавленной стоимости блока логистики, переработки и сбыта. Такой поток информации, большая часть которой имеет высокую ценность, невозможно обрабатывать, а значит, и эффективно использовать с помощью традиционных методов. Но с этой задачей прекрасно справляются технологии работы с большими данными (big data). В ЦУЭ уже развернуто озеро данных, позволяющее хранить и систематизировать разноформатную информацию. Сюда стекаются информационные потоки со всех активов компании, оценивается множество параметров – от систем энергообеспечения до надежности критичного оборудования, результаты анализа поступающих данных становятся основой для формирования единых скользящих графиков.

На базе центра началась опытно-промышленная эксплуатация системы мониторинга движения материальных потоков «Нефтеконтроль», что фактически означает старт процесса перехода к управлению по отклонениям. На основе информации, поступающей от контрольно-измерительных приборов, отслеживается качество и количество нефти и нефтепродуктов на всем пути – от поступления сырья на входе производственного процесса до реализации нефтепродуктов конечным потребителям,

## НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИЙ БИЗНЕС КАК ЕДИНЫЙ АКТИВ




**Функционал**

- Управление цепочкой добавленной стоимости
- Управление производством
- Повышение надежности оборудования
- Нефтеконтроль
- Контроль производственных цепочек
- Обзор состояния блока или установки в целом
- Контроль за показателями блока или установки в целом
- Контроль отдельных параметров техпроцесса
- Задачи полевым операторам-обходчикам

Инфографика: Алексей Столяров

что позволяет выявить точки возникновения потерь, изменения качественных характеристик продукта в режиме реального времени, определить проблемные зоны и своевременно выбрать (или разработать) и реализовать корректирующие мероприятия.

«Географически это очень распределенная система, которая обрабатывает огромные массивы информации, – пояснил начальник департамента систем управления БЛПС «Газпром нефти» Сергей Овчинников. – В традиционной архитектуре нормального решения для этого не было, поэтому мы использовали открытый стек, и наша система развернута на базе технологии, которую применяют телекоммуникационные гиганты. Это флагманский проект цифровой трансформации компании, в периметр которого включены все информационные потоки в части движения товара от заводских резервуаров до каждого чека на заправке. Машина при анализе информации с помощью специального алгоритма автоматически склеивает цепочки, проверяет их на наличие отклонений, и, если она их обнаруживает, делается запись в специальном журнале, после чего профильные рабочие группы занимаются расследованием причин отклонения».

Планируется, что уже к концу 2018 года систему научат с помощью специальных алгоритмов сопоставлять данные об инцидентах в исторической перспективе, искать совпадения и аналогии, которые помогут выявлять возможные источники потерь на основе расчетов.

Значительный эффект должно дать и создание интегрированной системы управления надежностью. На основе информации об актуальном состоянии оборудования, плановых сроках его замены, статистических данных эксплуатации искусственный интеллект будет формировать оптимальные планы проведения диагностики и упреждающих ремонтов и замен, причем учитывая экономические последствия для всей цепи добавленной стоимости.

Таким образом, уже в ближайшие несколько лет будет выстроена система управления всей цепью создания стоимости с Центром управления эффективностью на верхнем уровне, центрами управления производством на НПЗ в середине и объединенными операторными на операционном уровне управления технологическими процессами. Это позволит заметно увеличить энергоэффективность, производительность, маржу, снизить логистические затраты. И это на самом деле только начало процесса цифровой трансформации блока downstream.

## Завод в смартфоне

Практически у каждого человека есть смартфон, всевозможные программы-приложения для которого можно купить в специальном интернет-магазине. Эксперты «Газпром нефти» считают, что в не самом отдаленном будущем примерно так же будут формироваться и системы управления в промышленности. И это не просто прогнозы – компания уже приступила к созданию соответствующей платформы в сотрудничестве с лидерами IT-рынка.

Платформа, которая уже получила название EvOil, объединит все непрерывное производство и логистически-сбытовую цепочку, что позволит аккумулировать все необходимые для управления ими данные в одном месте, в анализируемом виде, доступные и системам, и людям. «Платформа решает ключевую проблему стандартизации, и уже неважно, какое оборудование каких производителей установлено на производственных объектах, – уточнил руководитель Центра цифровых инноваций «Газпром нефти» Владимир Воркачев. – Унификация данных позволит создавать приложения, которые очень легко переносятся с одного актива на другой. Как на телефоне – устанавливаете мессенджер, и он не спрашивает, куда установиться, где контакты лежат, – он сам все это знает».

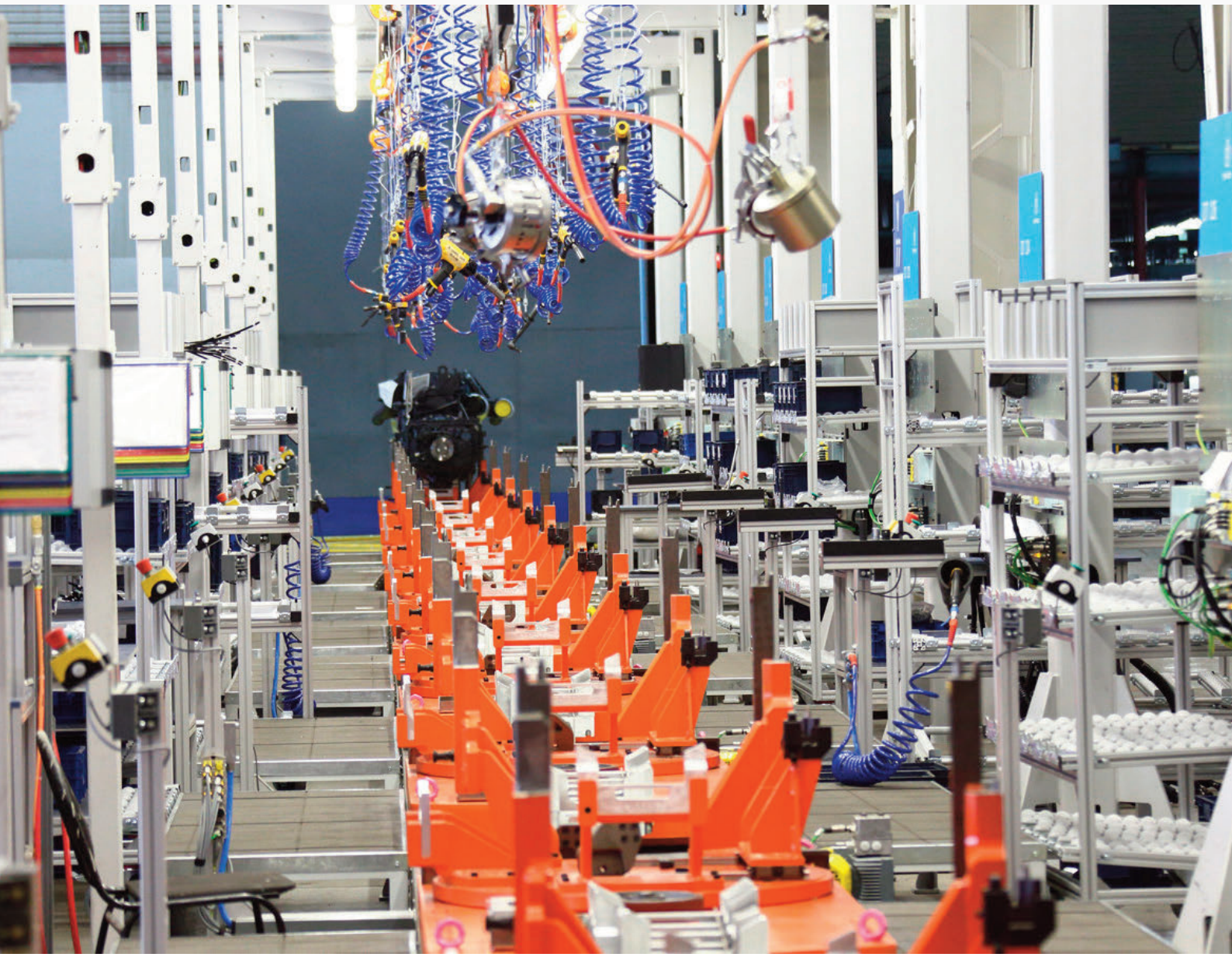
Сами приложения – это программные комплексы, которые занимаются оптимизацией и управлением конкретным активом или функцией. Например, это может быть приложение для логистов. При этом неважно, идет ли речь о битумной или аэродромной логистике, – наличие платформы обеспечит их функционирование на любом активе.

Более того, по словам Владимира Воркачева, это решение даже не для одной отрасли: «При написании соответствующих драйверов платформа могла бы работать и с контроллерами, например, в металлургии. Безусловно, часть приложений для другой отрасли должны быть созданы с нуля, но платформа останется той же самой».

Несмотря на сложность задачи, ее решение – не вопрос отдаленного будущего, и «Газпром нефть» с партнерами уже развернули прообраз платформы в рамках пилотного проекта на базе битумного завода в Казахстане и до конца 2018 года планируют получить первый полностью функциональный элемент платформы, который позволит закрыть целый комплекс бизнес-задач.

Так что вся фантастичность этой идеи кажущаяся, и цифровые заводы, магазины промышленных приложений – это, конечно, еще не сегодня нефтяной отрасли, но уже и не послезавтра. Индустрия 4.0 делает вполне реализуемым то, что еще 10 лет назад казалось научной фантастикой, а использование современных цифровых технологий, повышающих эффективность, становится одним из важных факторов конкурентоспособности.

# Цифровизация «КАМАЗа»: как облегчить труд технолога и повысить производительность труда



**Для «КАМАЗа» цифровая трансформация – не просто «модная тема»: этот курс компания взяла еще в 2006 году, когда заговорили о создании «цифрового продукта». Сегодня «КАМАЗ» рассматривает переход как комплексный ответ на целый ряд рыночных трендов и технологических вызовов, стоящих перед индустрией. Разберемся, о каких направлениях развития можно говорить на данный момент.**

Фото: **Проект «Тибет» стал с точки зрения цифровизации показательным**

Автор всех фото: **Виталий Зудин**

## От виртуальной модели до реального производства

Программа цифровой трансформации «КАМАЗа» включает в себя шесть ключевых направлений: цифровой инжиниринг, цифровое производство, цифровая цепочка поставок, цифровые продажи, цифровая платформа, а также цифровая система управления. И компания одной из первых среди российских предприятий встала на этот путь.

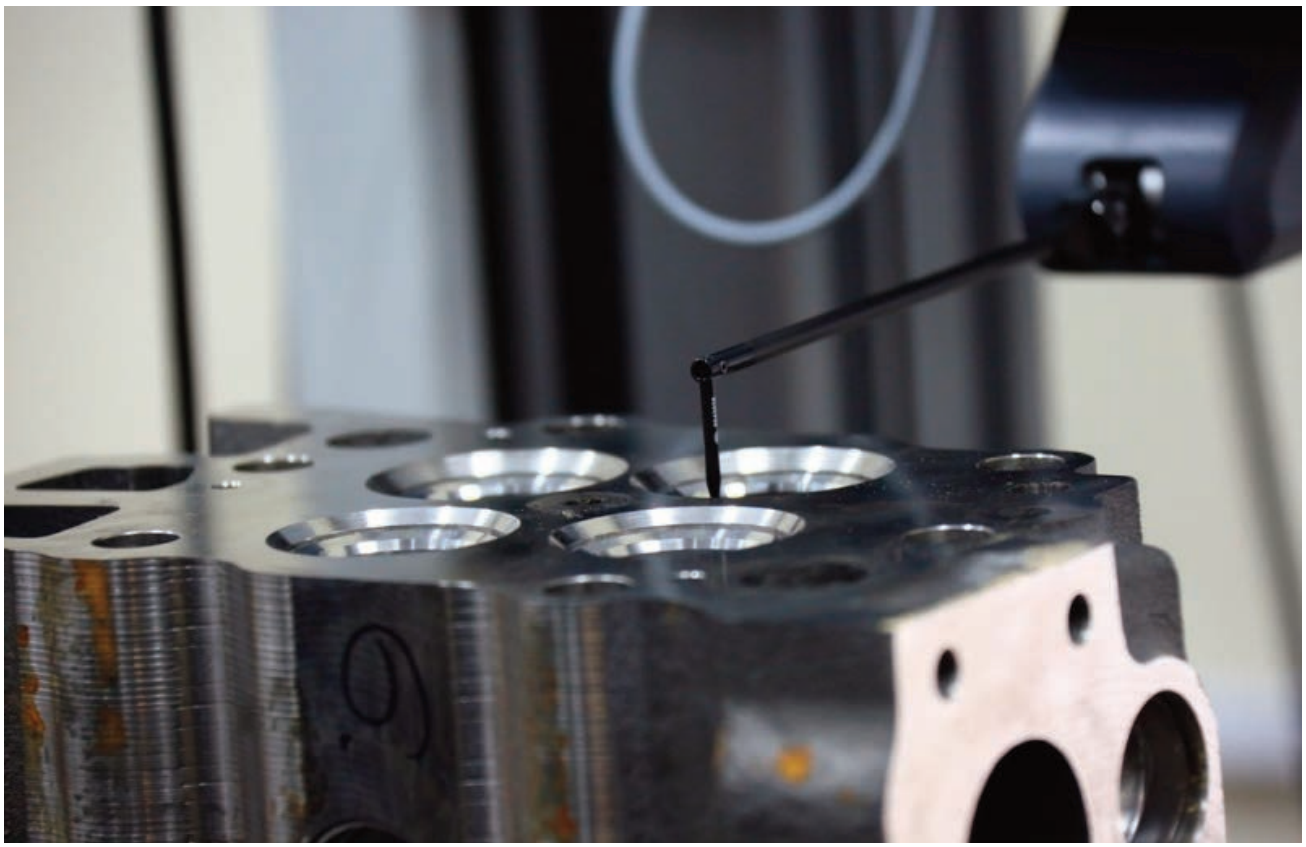
На «КАМАЗе» ведется активная работа по интеграции на нижний уровень, уровень цеха, MES-системы управления производством. Формируется своего рода цифровой двойник, с помощью которого оптимизируется расстановка оборудования и загрузка персонала. Происходит постепенный переход на ремонт оборудования с использованием систем предиктивной аналитики, что позволит повысить надежность технологических цепочек при сокращении общей стоимости производства.

«Требования клиентов таковы, что уже сегодня мы выпускаем до 800 комплектаций и 4 тыс. различных вариантов автомобиля ежегодно, – рассказал директор Центра цифровой трансформации (ЦЦТ) ПАО «КАМАЗ» Эльдар Шавалиев. – В будущем эта цифра будет только увеличиваться, требования клиентов изменяются под стремлением оптимизировать свои процессы и подобрать такое техническое решение, которое в наибольшей степени соответствует их целям». Для компании это превращается в задачу проектировать наперед модульный автомобиль во всех возможных вариантах его исполнения. И, безусловно, без цифровых решений по его проектированию это было бы невозможным.

В то же время растут и ожидания клиентов по повышению скорости разработки, и инженеры «КАМАЗа» работают над сокращением сроков освоения новых автомобилей. Это означает, что испытания прототипов в «железе» должны быть заменены испытаниями цифровых моделей, имитирующих реальные условия. «Такая же задача стоит и перед подготовкой производства. Стоимость и сроки проверки на технологичность, разработки технологических процессов должны сократиться. Решением для нас выступают инструменты имитационного моделирования технологических процессов и производства в целом», – подчеркнул Эльдар Шавалиев.

Существенно повысить качество и скорость принимаемых решений, а также показатели работы, поможет цифровая система управления. В рамках этой задачи реализуется ряд проектов по внедрению инструментов анализа данных, включая создание рекомендательных систем в принятие заказа и управление сроками разработки. Для этого нужно собрать данные о работе компании в одну ячейку, правильно их обработать, скомпоновать и предоставить человеку, принимающему решение.

Создание цифровой платформы, в которой автомобиль является одним из составных элементов Интернета вещей, является для «КАМАЗа» следующей важной задачей. С позиции клиентов цифровая



Новейшее измерительное оборудование – реальный пример цифровизации на «КАМАЗе»

платформа представляет собой набор дополнительных сервисов, в основе которых лежат технологии работы с данными. Двигаясь по маршруту, большегруз ежесекундно генерирует огромное количество данных, например, эксплуатационные параметры с бортовых сенсоров, такие как нагрузка на ось, обороты двигателя и геолокация. Обогащение этих данных параметрами эксплуатации из транспортных систем, например, маршрутами и данными о характере груза, а также данными о проведенных ремонтах и обслуживании, могут являться основой для создания тех самых принципиальных новых сервисов.

Дополнительным стимулом цифровой трансформации выступает разработка нового автомобиля из семейства К5, для чего критически важно обеспечить внедрение технологий. Подзадачами выступают два новых проекта: внедрение автоматизации подготовки производства и электронный техпроцесс. При этом решить эти задачи предстоит до начала производства нового автомобиля, чтобы изготовление и сопровождение шло уже с учетом этих инструментов.

Проектом автоматизации технологической подготовки производства (ТПП) планируется охватить все заводы уже до конца года. Это сразу позволит увидеть реальную потребность в ресурсах, синхронизировать подготовку производства конкретно по любому направлению. Что касается электронных техпроцессов – эту систему пока только начали проектировать. Задача – полностью цифровизовать работу технолога, чтобы производство работало уже с этими процессами. Важно понимать, что электронный техпроцесс – это не просто сканированная в электронном виде описательная часть техпроцесса (где расписано, что делать рабочему). Это возможность для технолога моделировать сразу в электронном виде, без ошибок, и дальше формировать уже управляющую программу. Например, процесс обработки не придется опробовать на станке, появится возможность получать всю нормативно-справочную информацию из баз данных (хранение инструментов, материалов), автоматизировать процессы расчета норм времени, материала. Далее вся эта аккумулированная информация будет поступать в производство, интегрироваться в ERP-систему, без необходимости ручной передачи данных. Это минимизирует ошибки, облегчит труд технолога и будет работать на повышение производительности труда – такова сама цель цифровизации.

Показательным с точки зрения цифровизации стал проект «Тибет» – подготовка производства к выпуску нового двигателя – рядной «шестерки». «Старт был дан в 2014 году, и за это время стало понятно, что практически полностью мы смогли учесть по нему все с точки зрения Индустрии 4.0. Идентификация, прослеживаемость установки деталей, информация со станков, ее хранение, обвязка станков одной сетью, единый центр управления этим участком… Фактически мы получили цифровое производство – в первом его приближении. До этого ничего подобного не реализовывалось. Это очень важно для внедрения процессов и новых технологий», – подчеркнул Федор Назаров.

**Федор Назаров, главный технолог ПАО «КАМАЗ» – директор технологического центра:**

«Цифровое производство разместится там же, где реальное. Новые производства, для которых сейчас закупается оборудование, можно будет сразу встраивать в эту цепочку, к старым – выборочный подход. Будем смотреть на предмет соответствия требованиям по контролю, качеству, там, где есть необходимость, – дооснащать. Здесь нет каких-то этапов, но есть векторы. Мы идем со всех сторон. По производству начали внедрять MES – это позволит забирать цифровые данные в систему и управлять ими. Со стороны ТЦ «вход» в цифровизацию с помощью ЭТП. Если говорить о потребителе – для него наш автомобиль насыщается всевозможными датчиками, интеллектуальными системами. На данный момент в мире нет стопроцентно цифровых производств, есть какие-то элементы».

## Цифровая логистика

Повышение качества управления при помощи цифровых моделей реализуется не только в производственных, но и в логистических процессах. Так, На «КАМАЗе» создаются цифровые логистические модели конвейера. Работа сборочных линий, расстановка стеллажей, поставка необходимых комплектующих – все это перестраивается в соответствии с оптимальным темпом производства и па-

раметрами, загруженными в программный продукт. Первый опыт цифрового моделирования логисты приобрели на площадке сборки силовых агрегатов V8 завода двигателей.

«Самое главное – выравнивание процесса сборки, – подчеркнула замдиректора логистического центра по развитию Светлана Романова. – Нужно было так организовать процесс, чтобы рабочий не тратил ни одной лишней секунды на перемещения, не отвлекался от своей основной функции на поиск деталей».

В первую очередь логисты рекомендовали изменить условия труда. За счет оптимальной расстановки тар была улучшена эргономика на пяти позициях конвейера. Цифровая модель выявила участки линии с загрузкой слесарей более 90%. Чтобы повысить качество сборки, необходимо было снизить нагрузку, а значит, и утомляемость работников.

Значительно уменьшить потери времени позволило изменение расстановки тар на 15 позициях сборки конвейера. На 24 позициях появились шкафы с рольставнями, позволяющие надежно и быстро закрыть «витрины» с инструментом и мелкими комплектующими (раньше рабочим приходилось тратить много времени на то, чтобы убрать их из поля зрения). В 2019 году появится еще 20 таких мини-кладовых. На 25% увеличилась доля метизов, поставляемых по системе канбан.

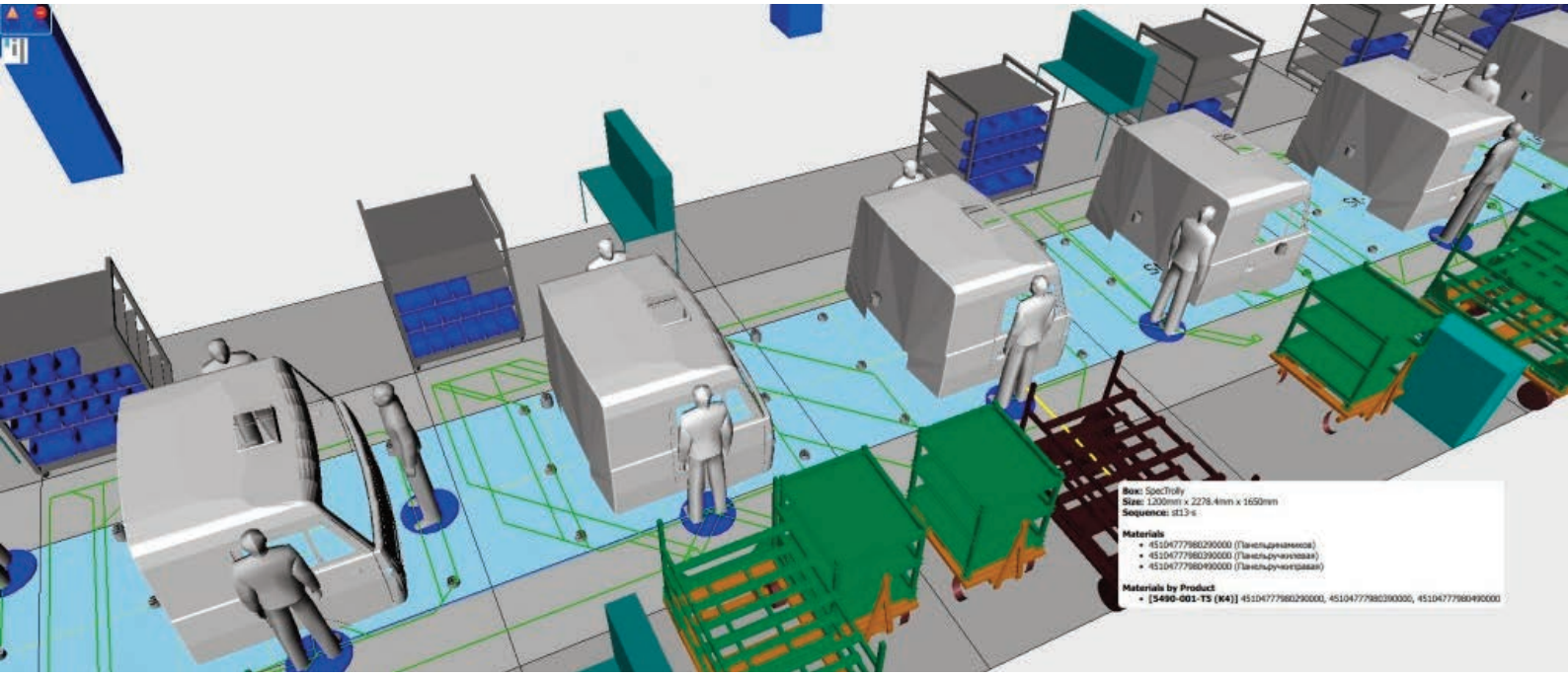
«В результате преобразований наметился устойчивый курс на снижение уровня дефектности – по сравнению с 2017 годом, она уменьшилась в пять раз. Об улучшении организации производства свидетельствует и другой показатель – снижение в десятки раз сверхурочных часов», – поделился первыми успехами начальник цеха сборки двигателей Евгений Колотовченко.

С помощью цифровой модели процесса обеспечения линии сборки двигателей Р6 были найдены оптимальные решения, которые позволили еще на этапе проектирования логистики пересмотреть стратегию поставки деталей, реестры для закупки логистического оборудования, расстановку систем хранения комплектующих.

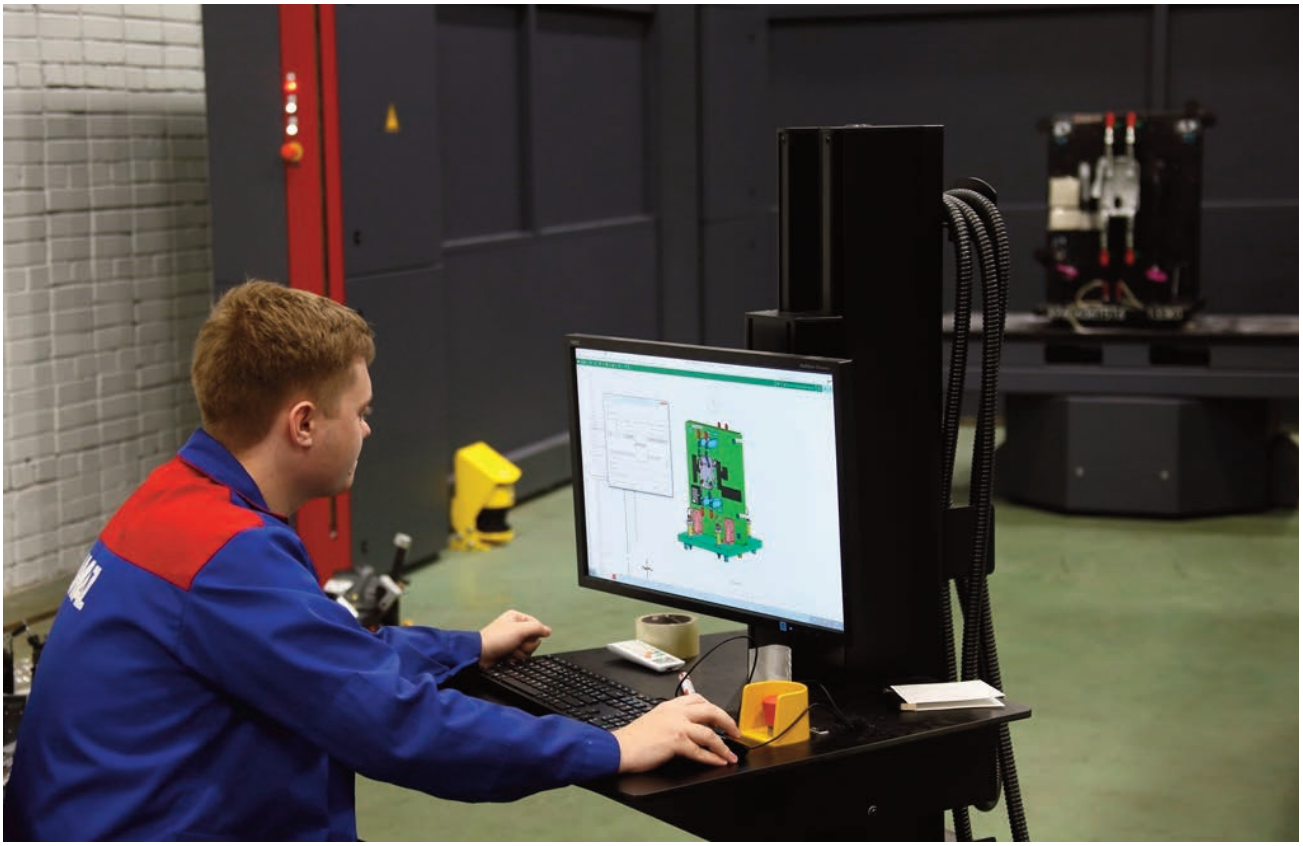
Для выравнивания загрузки рабочих на конвейере была перераспределена номенклатура между технологическими операциями, а подсборочные операции вынесены за линию. Логисты определили лучшее расположение этих участков. Есть и другие итоги – оптимальное расположение стеллажей на сборочных операциях, наиболее удобная расстановка тары на полках с учетом последовательности забора деталей при сборке и путей перемещения рабочего, изменение границ логистических зон.

Благодаря цифровым решениям удалось значительно сократить затраты. Потребность в стеллажах уменьшилась на 20%. Доля деталей, вывозимых на конвейер по технологии канбан, увеличена на 35%, а в общем потоке она составляет почти 70% от всей номенклатуры для сборки Р6. Это лучший показатель среди всех сборочных производств «КАМАЗа», сопоставимый с показателями в обеспечении сборок на зарубежных автозаводах. Количество деталей, вывозимых на конвейер в таре поставщика (их не нужно перекладывать и пересчитывать), увеличено почти втрое. При выходе конвейера сборки двигателей Р6 на проектную мощность средняя загрузка сборщиков составит 87%.

Цифровую модель линии стыковки силовых агрегатов на заводе двигателей начали строить уже в новой версии программы, которая позволяет спроектировать еще и движение напольного транс-




Так выглядит цифровая модель конвейера кабин



Чем больше в цифровой модели детали зеленого цвета, тем она качественнее

порта. Сейчас технологи и логисты завода формируют пакет информационных данных. Сложность заключается в том, что на этой линии производится стыковка не только новых силовых агрегатов, но и всех существующих моделей, а значит, необходим полный объем сведений по всей номенклатуре продукта.

Три месяца назад в зону внимания логистов попал и АвЗ. Уже построена имитационная модель участка сборки кабин перспективного модельного ряда, идет сбор данных по номенклатуре и хронометражу сборки кабины для К5. Из-за небольшой площади проектирование всех технологических и логистических процессов нужно будет вести особенно аккуратно. Есть и цифровой проект сборки автомобиля 5490 NEO на ГСК-2. Сейчас идет подготовка необходимых сведений по процессу изготовления других моделей.

На заводе уже началась опытная сборка флагмана нового модельного ряда 54901, а значит, технологам, специалистам проекта «Реинжиниринг» и КРПС предстоит собирать информацию и анализировать варианты цифровых моделей.

«При этом нужно разделять направления цифровизации и цифровой трансформации – подчеркнул Эльдар Шавалиев. – Цифровая трансформация – это, прежде всего, о поиске бизнес-модели, строящейся на новых цифровых решениях. Цифровизация же – это все то, что касается автоматизации и внедрения технологий, выводящих существующие процессы на новый уровень эффективности. Конечно, они тесно связаны. Работа над цифровизацией ведется всеми функциональными блоками компании непрерывно, особенно нужно отметить программу ИТ-проектов, реализуемых в рамках проекта «Реинжиниринг». Что еще важно, так это создание сервисов, ориентированных на наших сотрудников. К слову, вот совсем недавно ЦОБ запустил мобильное приложение по командировкам. Таких новаций будет все больше».

## Бесконтактная оценка качества

Цифровые технологии способны упросить и работу по контролю качества. На Прессово-рамном заводе качество деталей каркаса кабины для автомобиля 54901 оценивается с помощью бесконтактного метода измерения в новой лаборатории. Оптическая измерительная машина позволяет быстро отсканировать объект, совместить с 3D-моделью и детально проанализировать всю геометрию деталей и узлов.

В лаборатории два бокса: в основном можно измерить сразу весь каркас кабины, в запасном – узлы и детали весом до двух тонн. На самом деле это не коробка, а пространство, в котором ведется сканирование объекта. Трудятся здесь два робота: при измерении крупногабаритных деталей используются оба одновременно, при небольших объемах – каждый выполняет свою миссию.

«Излучение от измерительного прибора проецируется на поверхность детали, что позволяет уменьшить количество бликов и записывает с помощью двух камер модель отсканированной поверхности. «Рисунок» в виде облака точек (при быстром снимке их получается два миллиона, при полном сканировании восемь) тут же оцифровывается», – пояснил инженер-технолог центральной лаборатории измерительной техники Евгений Мигачев.

Для сканирования каждый узел закрепляется на специальном приспособлении, точность которого перед использованием была проверена в другой лаборатории завода. На этой оснастке есть специальные маячки (контрольные точки), по которым программное обеспечение совмещает сканы между собой и создает геометрию и детали, с какого бы ракурса ни велась съемка. В процессе обработки оператор вырезает изображение приспособления, оставляя лишь сам объект, и тут же совмещает полученный результат с номинальным идеалом, выполненным в формате 3D-модели. На изображении поверхности в зоне допуска окрашиваются зеленым цветом, то, что ушло в плюс, – красным, а в минус – синим. Погрешность линейного измерения от 0,024 до 0,033 мм (в зависимости от измерительного объема оптики). Из результатов формируются отчеты, которые размещаются в специальном хранилище. Доступ к нему имеют все участники проекта освоения автомобиля К5.

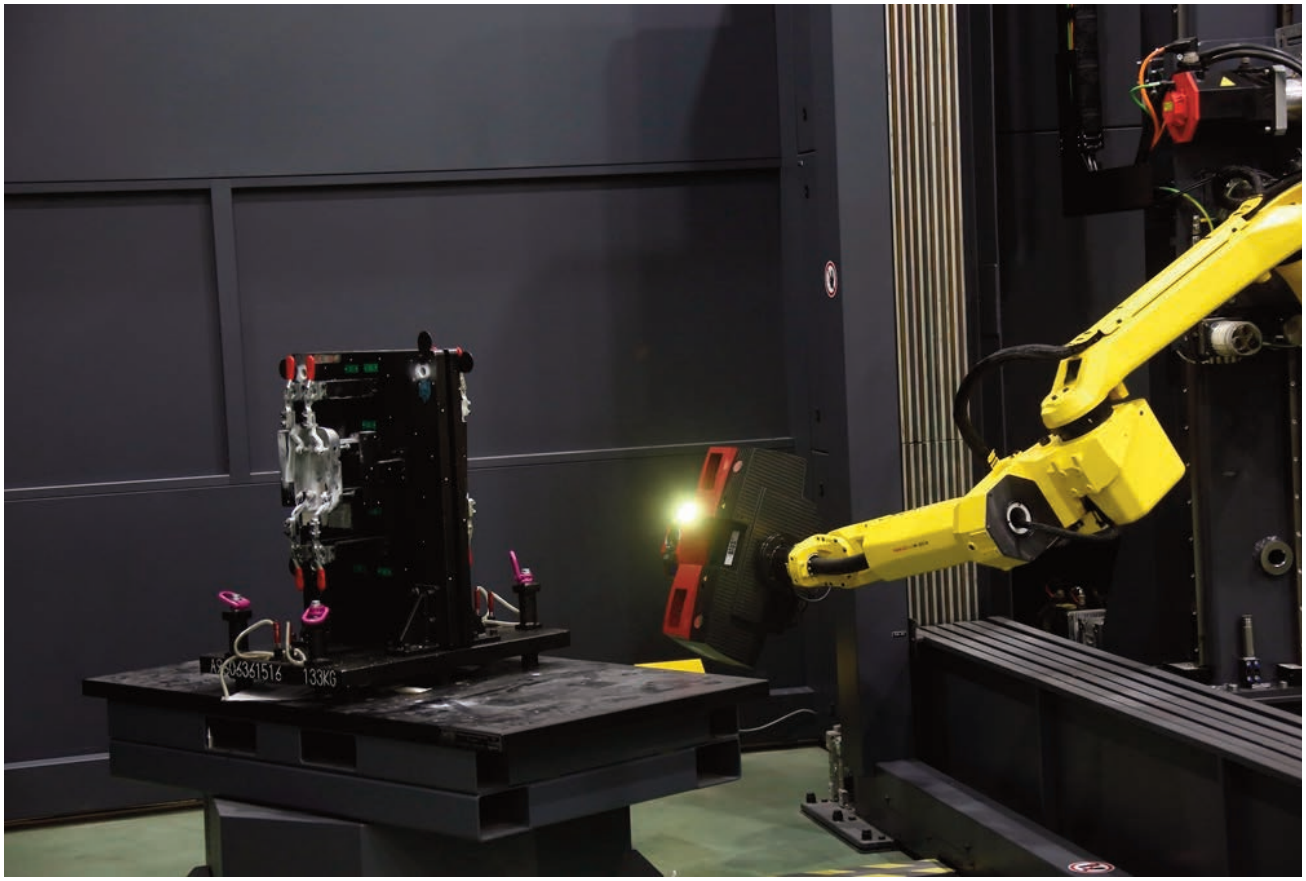
Сейчас лаборатория работает в две смены. Операторам, прежде чем начать сканирование, необходимо правильно установить оснастку и составить управляющую программу траектории движения камеры – от этого зависит ракурс захвата объекта.

«Работа интересная, творческая. Мы стараемся оптимизировать процесс, чтобы при минимальном количестве снимков получить наиболее точный результат, – поделился сидящий за компьютером измерительной машины Мансур Сираев. – Время подготовки программы зависит от сложности конфигурации деталей – для одних хватает и часа, с другими чуть ли не всю смену возишься».

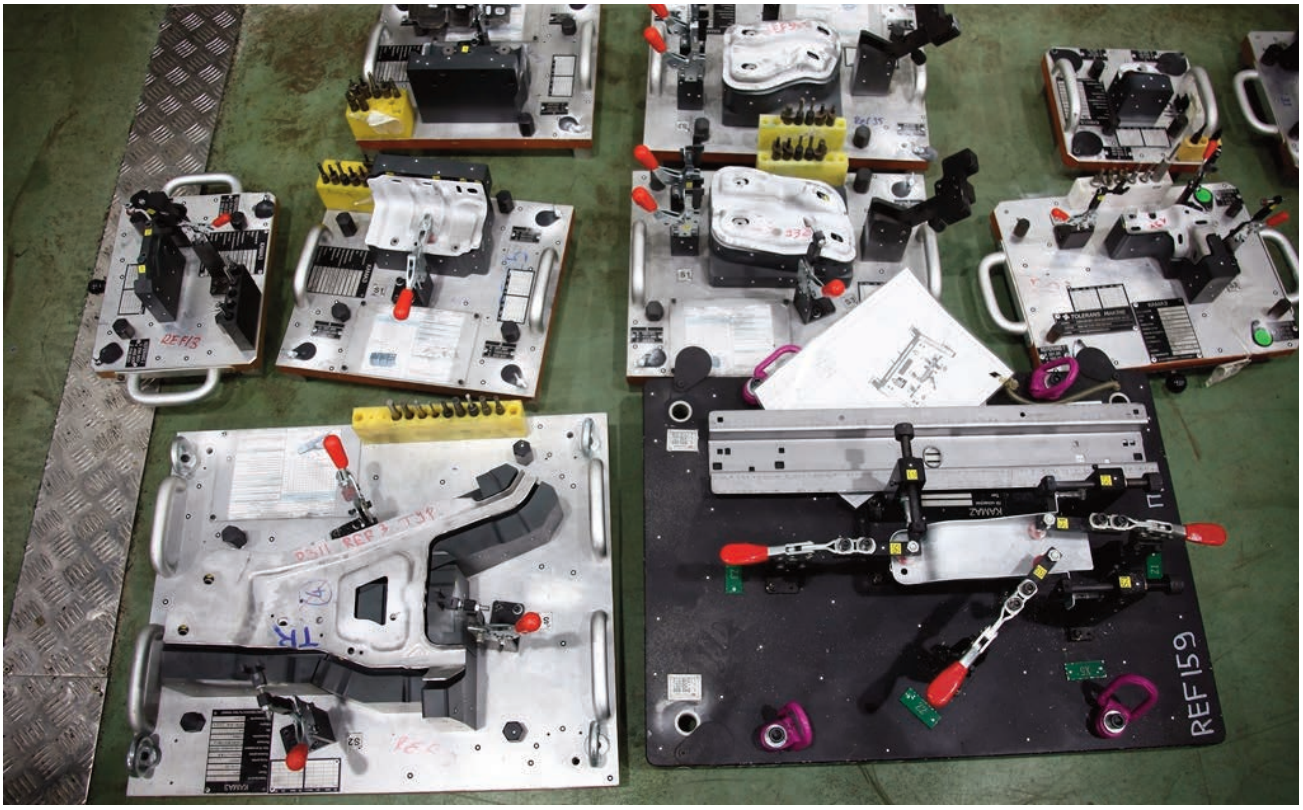
За два месяца коллектив лаборатории написал программы 75 контрольных оснасток и 107 деталей из 130, производство которых размещено на ПРЗ.

В лабораторию часто заглядывают специалисты, которые регулируют работу прессов, штампующих комплектующие для К5. Получить деталь правильной конфигурации с точными размерами с первого раза практически невозможно, а на мониторе видно все до десятой доли миллиметра. Анализ дефектов продолжается в цехе, а потом под пресс ложится новая заготовка. Так, удар за ударом, на ПРЗ стремятся к новому уровню качества своей продукции.

В перспективе в лаборатории можно будет измерять и другие детали, изготовленные на ПРЗ, но сейчас все внимание узлам для нового каркаса. Кабине большегруза 54901 они должны быть точно впору.



Сьемка ведется в автоматическом режиме, а программу движения камеры составляют операторы




Каждая деталь перед съемкой должна быть правильно установлена на своем приспособлении

## Помощь роботов

Обязательная составляющая любой программы цифровизации – роботизация. Конкурировать с машиной в вопросах скорости выполнения операций, себестоимости и качества человеку все сложнее. В этом году «КАМАЗ» завершает возведение роботизированного завода. Первым на заводе каркасов кабин был запущен робот в учебной ячейке сварочного цеха. В соответствии с программой он легко наклоняется практически под любым углом, а если дать ему в «руки» пневматические клещи, начнет варить, одновременно контролируя процесс качества сборки. Но в производственном корпусе он нужен, прежде всего, для обучения персонала. Именно на этом участке будут закреплять знания по эксплуатации и программированию первые 12 работников, прошедшие практику на заводе в Турции. Рядом с роботом размещены сварочные клещи – пневматические для машины и электрические для людей. В случае необходимости здесь можно проверить исправность любых из 170 клещей сварочного цеха. Также учебная ячейка, в случае необходимости, может быть использована в качестве резерва комплектующих.

В центре сварочного цеха расположен конвейер сборки каркасов кабин. Все необходимые комплектующие будут подаваться к нему справа и слева в соответствии с принципом бережливого производства fishbone («рыбья кость»). Сборка на линии будет вестись в автоматическом режиме, при выходе на полную мощность в сутки будет выдаваться 280 каркасов кабин. На финише установлены четыре робота, которые в автоматическом режиме будут изменять геометрию каждого каркаса, затрачивая на один экземпляр всего четыре минуты.

Еще один барьер на пути возможных дефектов – лаборатория точных измерений. Она находится в «капсуле», где поддерживается постоянная температура +20 °С. Четыре машины могут измерять отдельные узлы и полностью каркас кабины с точностью в два микрона. Обследование можно делать как с помощью специальных щупов, так и сканеров.

Еще одним новшеством в производстве станет технология нанесения окраски мокрым по мокрому. Обычно после катафорезной ванны каркас идет на сушку, потом грунтование, еще одна сушка и покрытие финишным слоем. При более высоком качестве покрытия отпадает необходимость в одной линии сушки – между вторичным грунтованием и финишным слоем, а значит, экономится энергия, время, материал, уменьшаются выбросы паров растворителя в атмосферу. В камере также впервые будет производиться очистка от паров краски с помощью мощного потока воздуха. Исключительная чистота будет царить во всем помещении окрасочного корпуса, ведь любая, даже незаметная глазу пылинка может нанести урон безупречному покрытию каркаса кабины.

«На каждом новом предприятии цикл производ-

ства строится на основании последних технологических достижений, здесь в полной мере отражена пятая волна прогресса. Завод каркасов кабин станет самым современным в автомобильной мировой промышленности» - заявил представитель «ДК РУС» Нильс Венер.

По прогнозам компании серийное производство будет запущено на заводе в апреле 2019-го.

## «Цифровой спецназ» «КАМАЗа»

Цифровая трансформация невозможна без повышения квалификации кадров. В ПАО «КАМАЗ» уже начался отбор сотрудников в так называемый «цифровой спецназ». Свое первое пятидневное стартовое обучение в Москве обучение прошли 50 «камазовцев», прошедшие отбор в проектно-образовательную программу под названием «Акселерация проектов цифровой трансформации».

«Руководством компании перед нами поставлены очень четкие и серьезные задачи, – поделился Директор центра цифровой трансформации Эльдар Шавалиев. – Прежде всего, собрать команду, способную производить изменения, начать популяризацию и внедрение инструментов цифровой трансформации, вывести на рынок первые цифровые сервисы, предложить пути решения «хронических» проблем, препятствующих развитию в полном смысле цифрового производства, и т.д. Если говорить в целом, предназначение ЦЦТ – в том, чтобы повысить скорость принятия решений на «КАМАЗе». Определенные методики для такой гибкости существуют, «Акселератор» – один из инструментов».

Проект «Акселерация», реализуемый совместно с корпоративным университетом, помогает осуществить Фонд развития интернет-инициатив (ФРИИ). Задача программы – создать для команд условия, близкие к работе стартапов: максимально гибкие и эффективные, позволяющие быстро принимать и при необходимости менять решения.

«КАМАЗу» необходимы новые источники дохода, и сама программа нацелена на новые бизнес-линии. Так получилось, что девять принятых в работу проектов, в основном, из области продаж и сервиса, и прошедший отбор персонал – тоже, в основном, работники этого блока. Средний возраст – 34 года, – рассказал Эльдар Шавалиев. – Особенность программы в том, что здесь нет чинов и рангов – будь ты руководитель департамента или специалист второй категории. Но очень важно, чтобы сами участники в команде верили в свои бизнес-идеи. Все отсекается достаточно жестко – никаких миражей».

В течение трех месяцев участникам предстоит жизнь в режиме 1:3, проводя одну неделю интенсива – очных образовательных сессий и тренингов с участием стартапов и трекеров, и три недели самостоятельной работы над проектами, выполнение определенных для этого периода заданий. К следующему этапу каждый участник должен прибыть с результатами.

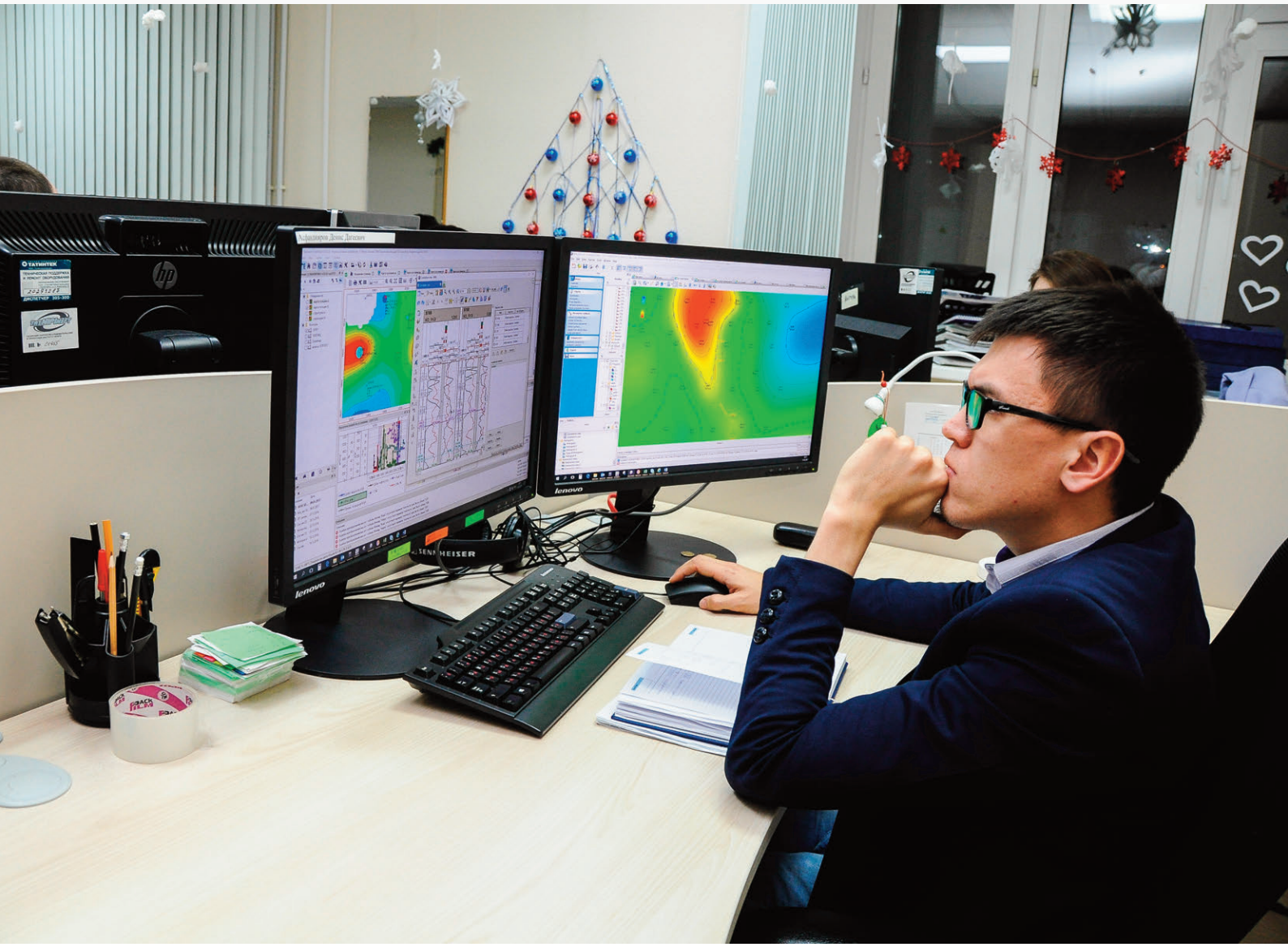
Все это время участники находятся на своих рабочих местах и выполняют свои служебные обязанности. Официально на проект каждому из них выделяется один творческий день в неделю, но фактически формат этого эксперимента – это работа на энтузиазме в режиме нон-стоп. За эти три месяца сотрудники должны довести бизнес-идею, с которой они вступили в программу, до планки MVP – минимального жизнеспособного продукта: опробовать на клиенте, совершить первую продажу. И уже имея полный пакет (с историей, отзывами клиентов и т.д.), защищать в октябре свой проект на Инвестиционном комитете. «Акселератор» хорош тем, что позволяет с минимальными с точки зрения экономики затратами проверить ту или иную гипотезу.

«В случае успешной защиты, если проект «взлетает», он получает финансирование для дальнейшего развития и масштабирования, – добавил руководитель ЦЦТ. – Уже сейчас мы думаем о создании некоего юридического лица, цифровой платформы, на которую проекту можно будет «приземлиться». Возможно, так получится вырастить новый бизнес, не являющийся традиционным для «КАМАЗа», хотя «генетически» и связанный с ним».

Как и большинству мировых автопроизводителей «КАМАЗу» еще только предстоит найти адекватные ответы на глобальные вызовы цифровой трансформации, которая представляется как непрерывный процесс повышения эффективности и поиска новых бизнес-направлений, но предпринятые в этом направлении шаги, показывают, что компания всерьез нацелена на успех.

*Материал подготовлен на основании данных: 1) Татьяна Белоножкина, На «КАМАЗе» создают цифровые логистические модели конвейера, «Вести КАМАЗа», ноябрь 2018; 2) Камазовцы поделились опытом цифровой трансформации, пресс-служба ПАО «КАМАЗ», ноябрь 2018; 3) На «КАМАЗе» появился свой ATOS, «Вести КАМАЗа», ноябрь 2018; 4) Семинар по реализации национального проекта на «КАМАЗе», пресс-служба ПАО «КАМАЗ», октябрь 2018; 5) Цифровая трансформация на «КАМАЗе»: от слов к делу, пресс-служба ПАО «КАМАЗ», октябрь 2018; 6) «КАМАЗ» погружается в цифровую трансформацию, пресс-служба ПАО «КАМАЗ», август 2018; 7) «КАМАЗ» завершит возведение роботизированного завода к 1 сентября, «Вести КАМАЗа», август 2018; 8) «Цифровой спецназ» прошел свое первое обучение в Москве, пресс-служба ПАО «КАМАЗ», август 2018; 9) Ольга Жигульская, Цифровизация КАМАЗа: заходим со всех сторон, «Вести КАМАЗа», апрель 2018.*

# «Татнефть»: Искусственный разум умных месторождений




**Нестабильные мировые цены на нефть с одновременно усложняющимися геологическими условиями разработки «старых» месторождений побуждают российские нефтяные компании активнее искать внутренние резервы. Одним из ключевых драйверов на этом пути называют возможности четвертой индустриальной революции: концепция Индустрия 4.0 предполагает создание «умных» заводов, процессов, продуктов. «Татнефть» в деле поддержания своей конкурентоспособности сделала ставку на высокие технологии. В эпоху цифровой трансформации компания изучает возможность внедрения элементов искусственного интеллекта сразу в трех направлениях – геологоразведке, добыче и стратегическом планировании. Как это меняет подход к работе – читайте в следующем материале.**

Благодарим редакцию журнала «Нефть и жизнь» ПАО «Татнефть» за предоставление данного материала.

По оценкам разных экспертов мы либо уже находимся, либо нас ожидает в ближайшее время новая четвертая волна промышленной революции. Это процесс, характеризующийся полным проникновением интернета и IT-технологий во все сферы человеческой жизни и промышленности – от быта до производства.

Новая промышленная революция не обходит стороной и нефтяную отрасль. В последние годы в России все чаще проходят научные конференции, семинары на тему построения нейронных сетей, создания «цифровых двойников» и использования технологий «Индустрии 4.0». Считается, что они изменят нефтяную отрасль до неузнаваемости, позволят компаниям быстрее адаптироваться к постоянно изменяющимся условиям, сокращать издержки и повышать эффективность производства.

Но какие именно технологии станут двигателем роста? По мнению руководителя Центра моделирования ПАО «Татнефть» Зои Лощевой, основной движущей силой технологического прорыва в нефтегазовой отрасли являются «умные месторождения». По ее словам, сегодня в нефтегазовой индустрии идет поиск новых технологических решений, которые позволили бы ей резко повысить эффективность и сократить расходы, чтобы пережить период низких цен. Для многих нефтяных компаний применение инноваций стало способом выживания, и «Татнефть» не стала исключением.

## К искусственному интеллекту

В компании «Татнефть» курс на цифровую трансформацию всей производственной системы был взят в 2014 году. И сегодня масштабная работа по использованию возможностей искусственного интеллекта продолжается.

«К 2016 году в рамках управленческой и организационной стратегии мы подвели под новые информационные платформы практически все бизнес-блоки: нефтегазодобычу, нефтепереработку, нефтехимию, энергетику, сбытовые структуры, весь нефтяной сервис, – рассказал генеральный директор «Татнефти» Наиль Маганов. – Это кратно повысило прозрачность процессов, скорость реакции на внешние и внутренние раздражители, соответственно, позволило принимать более оперативные и качественные решения».

Цифровые технологии охватывают в компании практически все процессы, начиная со сбора и обработки геолого-технологической информации, создания и актуализации геолого-гидродинамических моделей, принятия решений по выбору оптимальных геолого-технических мероприятий (ГТМ) и их реализации.

Дальнейшее развитие цифровых технологий при разработке месторождений предполагает создание интеграционной среды принятия решений, в которой объединены все пользователи информации, и решения принимаются на основе многовариантных расчетов на геолого-гидродинамической и экономической моделях с учетом оцифрованных рисков.

**СЕГОДНЯ В «ТАТНЕФТИ» ИДЕТ АКТИВНАЯ РАБОТА НАД СОЗДАНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА, ЦИФРОВЫХ «ДВОЙНИКОВ» РЕАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ И ТИРАЖИРОВАНИЕМ ЭТИХ ПРОЕКТОВ ПО ВСЕМУ ПЕРИМЕТРУ КОМПАНИИ**

В ходе всей этой масштабной деятельности возникла необходимость в создании совершенно новых, не похожих на другие структур. Так образован и успешно работает Центр бурения, а в 2016 году появился Центр геолого-технических мероприятий. Здесь на базе цифровых решений моделируются мероприятия, повышающие нефтеотдачу пластов.

Дело в том, что на поздней стадии разработки месторождений большой потенциал заложен в применении постоянно действующих геолого-гидродинамических моделей. По словам заместителя генерального директора «Татнефти» по разработке и добыче нефти и газа Рустама Халимова, они дают возможность планировать наиболее эффективные геолого-технические мероприятия, оптимально проектировать скважины, целенаправленно управлять системой поддержания пластового давления.

С прошлого года в компании работает Центр моделирования, который объединяет специалистов геофизиков, геологов и разработчиков. Приоритетными задачами Центра являются оптимальное проектирование разведки и разработки геологических объектов, объективная оценка аккумулированных в них запасов – локализация неизвлеченных запасов, выявление новых залежей. В процессе этой работы создаются различные карты: эффективных нефтенасыщенных толщин, проницаемости и пористости коллекторов, пластовых давлений, структурная. Кроме этого, центр занимается совершенствованием систем разработки на разрабатываемых объектах, оптимизацией систем заводнения, снижением рисков и повышением успешности бурения новых скважин. На сегодняшний день Центр моделирования рассматривается как база для формирования стратегического планирования добычи нефти.

## Умные месторождения

Сегодня в «Татнефти» идет активная работа над созданием искусственного интеллекта, цифровых «двойников» реальных объектов и тиражированием

этих проектов по всему периметру компании.

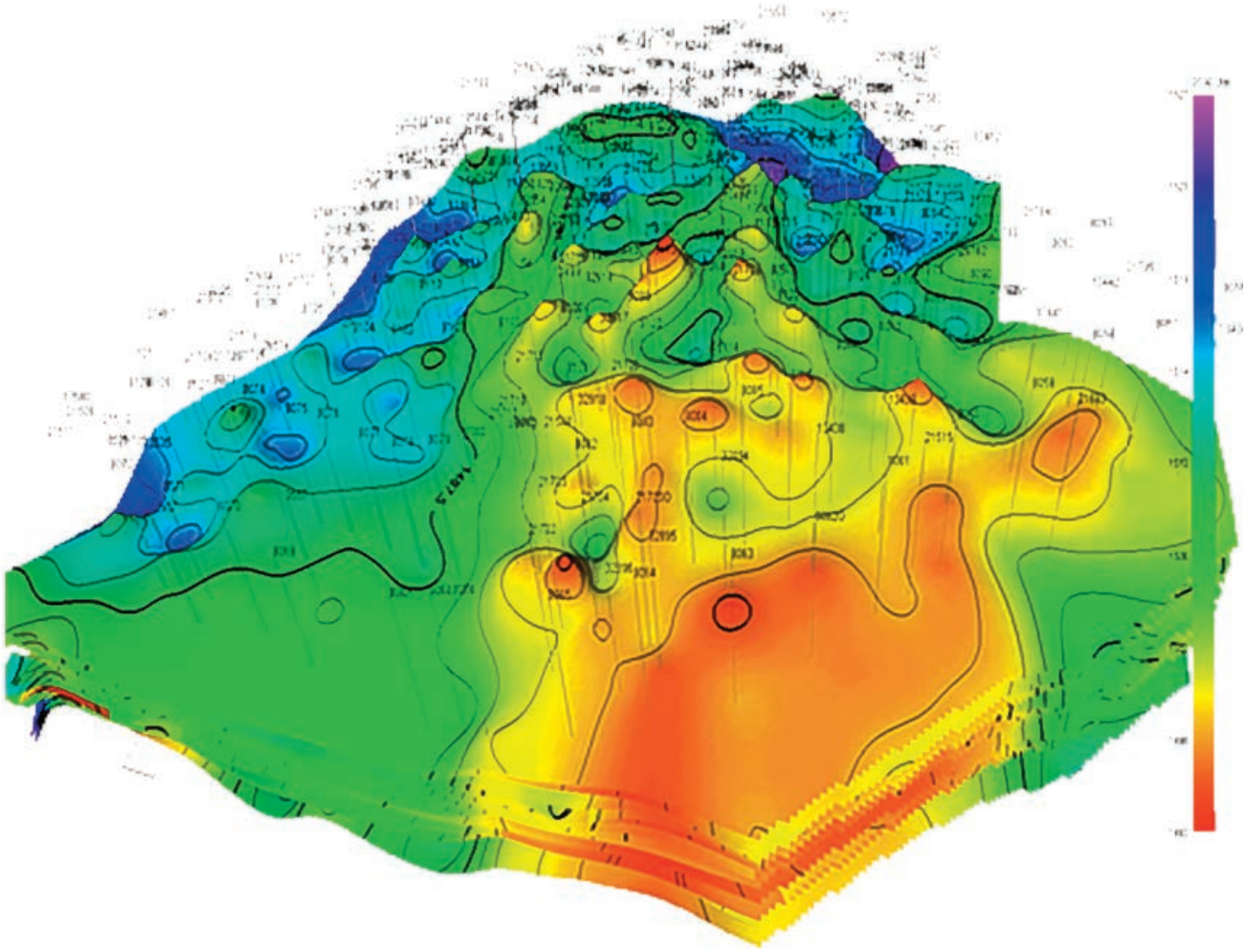
«Основной вектор развития сейчас направлен в сторону того, что можно назвать ускоренной «оцифровкой» нефтяной индустрии – автоматизации, сокращения прямого участия людей во все большем количестве процессов, а также снижения «человеческого фактора» и вероятности ошибок при принятии управленческих решений, – подчеркнула Зоя Лощева. – Многие технологии базируются на использовании искусственного интеллекта. Основные сферы его применения в нефтегазовой отрасли можно разделить на три области: геологоразведка, добыча и стратегическое планирование. В геологоразведке использование искусственного интеллекта позволяет более эффективно интерпретировать исходные данные геофизических исследований скважин, сейсмических исследований. В технологиях добычи нефти и газа развивается такое направление, как «умные месторождения», которые предполагают удаленное управление объектами нефтегазодобычи и персоналом с помощью различных методов искусственного интеллекта. Их продвигают разные компании, включая и ПАО «Татнефть».

Нефтяные компании все чаще используют методы 3D-моделирования месторождений, так как они позволяют обосновывать стратегическое планирование добычи нефти и использовать их для решения производственных задач.

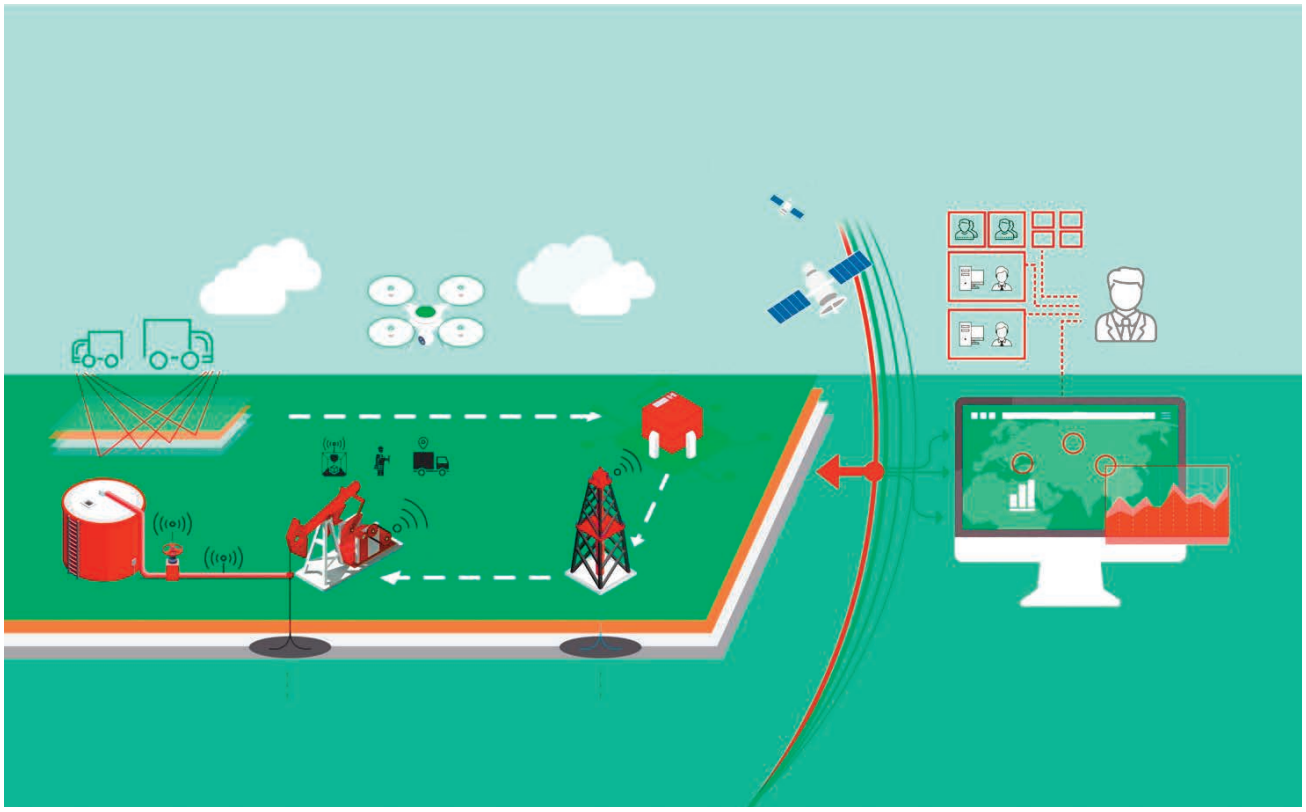
По словам Зои Лощевой, чтобы управлять технологическими процессами по разработке и эксплуатации нефтяного месторождения, необходимо иметь глубокое понимание его геологического строения и анализ всех геолого-промысловых данных, полученных за период его разработки и эксплуатации. Самым эффективным способом достижения такого понимания является использование компьютерных 3D геолого-гидродинамических моделей.

«В процессе 3D-моделирования могут быть созданы несколько видов моделей, так, например, для подсчета запасов, доразведки месторождения может быть разработана геологическая модель с предельно возможной на данном этапе детальностью, для управления процессом добычи и повышения нефтеотдачи нефтяного объекта на основе геологической модели создают фильтрационную модель», – прокомментировала руководитель Центра моделирования.

Следующие типы моделей – это экономическая модель разработки, инженерная модель обустрой-



3D-моделирование в «Татнефти»



Непрерывная оцифровка данных

ства месторождения, модели управления добычей. Все они связаны между собой, но основой и основной является геолого-гидродинамическая модель. В целом 3D-моделирование месторождений в компании ПАО «Татнефть» используется не только для решения производственных задач, но и для обоснования оптимальных вариантов разработки нефтяных объектов, а также в бизнес-планировании.

Многовариантность расчетов на модели требует быстрой обработки геофизических данных. Специалисты «Татнефти» совместно с учеными Казанского (Приволжского) федерального университета разрабатывают программный комплекс на основе нейросетевой интерпретации каротажного материала. Создаваемый искусственный интеллект позволяет заменить ручную обработку ГИС на компьютерную, автоматически выделять пласты, их фильтрационно-емкостные свойства, насыщение пластов и существенно ускорить процесс создания моделей.

В 2017 году начато внедрение экспертно-аналитической программы для оперативного мониторинга и управления разработкой нефтяных месторождений. Она как рабочий инструмент промысловых инженеров-разработчиков обеспечит качество геолого-промысловой информации, единое информационное пространство и визуализацию данных. Цифровые технологии сегодня стали повседневностью и для операторов по добыче нефти: в их распоряжении – смартфоны с приложением АРМ (автоматическое рабочее место).

В качестве одного из примеров синергетического эффекта интеллектуализации нефтедобычи был назван многостадийный гидроразрыв пласта. Это стало эффективным решением в условиях, когда значительная часть запасов «Татнефти» сосредоточена в карбонатных коллекторах, имеющих низкую проницаемость, сложную структуру пласта и высокую вязкость нефти, отметил заместитель генерального директора компании по ремонту, бурению скважин и повышению нефтеотдачи пластов Ринат Шафигуллин.

«Синергия цифровых и технологических решений, охватывающих полный комплекс работ по строительству скважин, позволяет эффективно разрабатывать трудноизвлекаемые запасы, – говорит первый заместитель генерального директора по производству – главный инженер «Татнефти» Наиль Ибрагимов. – Обоснование и проектирование будущих скважин проводится на базе цифровых секторных моделей месторождения. Это позволяет подбирать наиболее оптимальные точки для бурения и размещать горизонтальные скважины в наиболее благоприятных геологических условиях. В результате совместной работы Центра моделирования (входит в блок «Разработка и добыча» – РиД) и нефтегазодобывающих управлений за счет внедрения таких моделей дополнительно добыто уже более 150 тыс. тонн нефти.

Как это происходит? На базе трехмерной модели

месторождения проектируются горизонтальные скважины и проводятся расчеты гидроразрыва пласта, процесса создания трещин в горной породе. Длина последних достигает 400 метров, высота – 50 метров, что позволяет охватывать максимальные объемы труднодоступной нефти.

Непрерывная оцифровка данных, получаемых в ходе бурения, обеспечивает не только управление траекторией скважины, но и получение данных о характеристике пласта. Это позволяет, к примеру, выбрать оптимальные интервалы для ГРП и затем контролировать в онлайн-режиме процесс создания трещин по всей длине ствола горизонтальной скважины. При этом давление на ее устье достигает 600 атмосфер, а суммарная мощность насосных агрегатов – 11 тыс. лошадиных сил. В результате дебит ранее малорентабельных скважин возрастает порой в 10 раз! В дальнейшем будут обрабатываться все большие данные, что позволит создавать более сложные и технологичные скважины с неограниченным количеством трещин.

Зоя Лощева отметила, что в компании сложилась уникальная среда, где прогрессивные идеи получили развитие благодаря финансовой поддержке без бюрократических проволочек.

«Компания «Татнефть» взяла вектор на оцифровку практически всех процессов, начиная со сбора и обработки геолого-промысловой информации, создания и актуализации геолого-гидродинамических моделей, принятия решений по выбору оптимальных геолого-технических мероприятий (ГТМ) и их реализации. К 2020-2021 годам геолого-гидродинамическими моделями («цифровыми двойниками») планируется обеспечить все основные объекты разработки компании», – уточнила руководитель Центра моделирования.

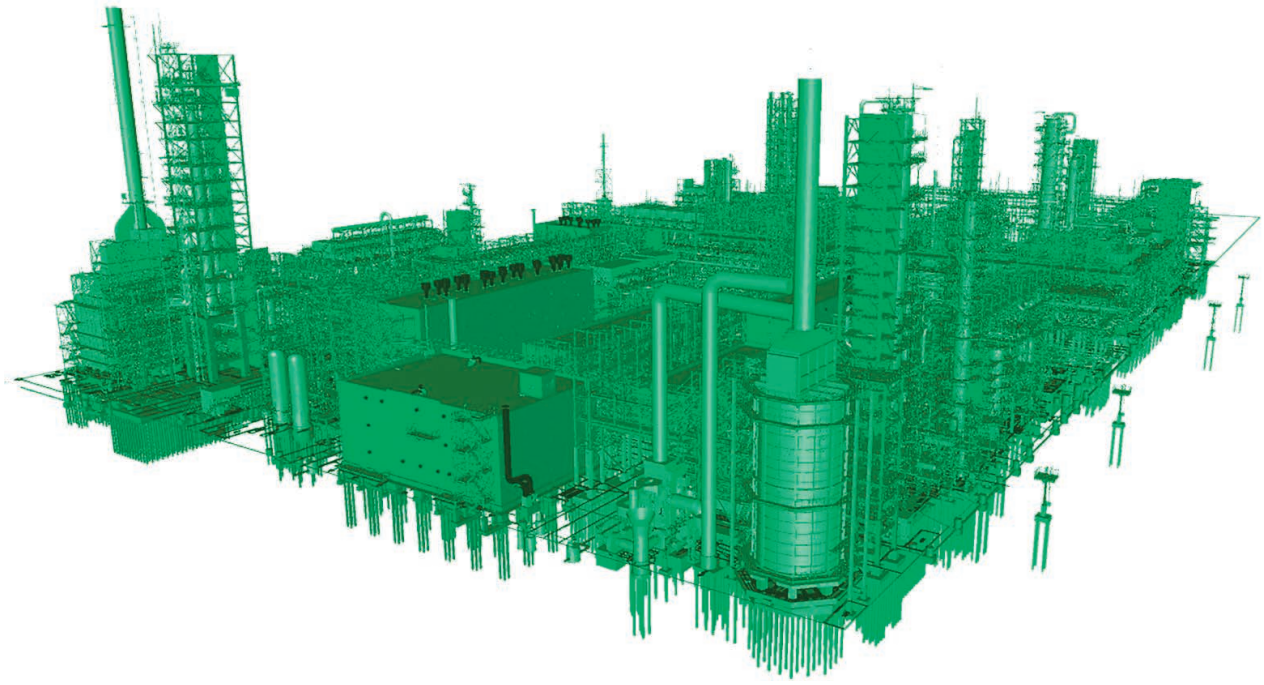
«Такие постоянно действующие модели позволяют прогнозировать различные варианты разработки в соответствии с заданными алгоритмами и визуализацией различных параметров продуктивного пласта», – пояснил Рустам Халимов. Только в 2017 году Центром моделирования введены в эксплуатацию четыре геолого-гидродинамические модели и были подготовлены к вводу еще пять. Для повышения эффективности бурения проведена геологическая оценка бурения более 2400 проектируемых скважин, проведена переинтерпретация геофизических исследований более 30 тыс. скважин.

К слову, Центр моделирования, создающий цифровые геологические модели и цифровые двойники объектов нефтедобычи, оснащен современными программными комплексами мирового уровня. Идет активное сотрудничество с подразделениями Российского ядерного центра (г. Саров).

Существенным шагом на пути создания инструмента цифрового месторождения стало автоматическое формирование «Отчетов по добыче нефти», говорит Рустам Халимов. Оно состоит из четырех автоматизированных самостоятельных этапов: сбор данных со скважин в информационную систему; интеллектуальная подготовка данных; формирование отчетности и поддержка управленческих решений.

## ИТ-инфраструктура

Для реализации задуманных планов по цифровой трансформации в «Татнефти» создается необходимая корпоративная ИТ-инфраструктура. Об этом рассказал директор Центра обслуживания бизнеса



Цифровой двойник

(ЦОБ) «Татнефти» Рустем Павлов. В 2017 году был инициирован комплекс соответствующих взаимосвязанных проектов. В блоке РиД создается единая структурированная база данных. На первом этапе введена в эксплуатацию система, консолидировавшая разрозненные источники геологических, геофизических и промысловых данных.

Одним из следующих шагов станет строительство центра обработки данных, что позволит создать собственную современную вычислительную ИТ-инфраструктуру. Суммарная емкость корпоративного дата-центра составит более 1300 процессоров и свыше 1,5 ПБ (петаБайт) обрабатываемой информации. Это позволит сконцентрировать и предоставлять вычислительные мощности для структурных подразделений и дочерних обществ «Татнефти». Для решения этой задачи, в свою очередь, предназначена создаваемая поверх сетей различных операторов связи собственная инфраструктура передачи данных с ядром корпоративной сети.

Продолжаются работы по развитию собственных информационных систем АРМИТС (Корпоративная информационная система «Автоматизированное рабочее место инженерно-технологической службы» разработана и внедрена в «Татнефти» в 2003 году с подключением более 3 тысяч пользователей) и «Татнефть-Нефтедобыча». Внедренный в КИС АРМИТС модуль «Банк ГТМ» (геолого-технических мероприятий) позволил автоматизировать процесс подбора мероприятий, снизить влияние человеческого фактора и сократить временные затраты. Организационные преобразования повысили эффективность работы разрозненных групп специалистов и разработчиков.

В рамках программы проектов по техническому обслуживанию и ремонту оборудования планируется разработка целевой модели развития и внедрения программного комплекса техническое обслуживание и ремонт (ТОиР).

Проекты «Верификация данных» и «Планирование затрат» направлены на повышение эффективности производства и оптимизацию расходов за счет автоматизации системы планирования, мониторинга, анализа производственных показателей и затрат. Решения позволят получать оперативную информацию о деятельности в разрезе процессов и элементов затрат и помогать в принятии эффективных управленческих решений.

«В рамках ИТ-стратегии особое значение для нефтяных компаний имеет кибербезопасность», – подчеркнул Рустем Павлов. Особенно очевидным это стало после того, как летом прошлого года вирус-блокировщик поразил компьютеры российской нефтяной компании и на несколько дней парализовал работу платежной системы автозаправочной сети. Создание в «Татнефти» корпоративного центра информационной безопасности позволит консолидировать необходимые компетенции в данной области.

Ведется строительство корпоративной производственной сети связи «Татнефть-ТЕТРА» (TETRA – TErrestrial Trunked RAdio, открытый стандарт наземной цифровой транкинговой радиосвязи). Уже обеспечено 100-процентное радиопокрытие объектов компании на юго-востоке республики с возможностью голосовой связи и передачи данных телеметрии.

Эта сеть позволяет получать информацию о текущем местонахождении техники и бригад и оперативно управлять ими. Посредством этого инфраструктурного проекта можно масштабировать ранее реализованные локальные проекты с максимальным использованием мобильных технологий: приложения АРМ «Мобильный оператор», модуль «Мониторинг персонала».

С целью унификации, стандартизации и цифровизации бизнес-процессов в компании консолидируются и объединяются в специализированные центры вспомогательные службы. Речь идет о службах, связанных с финансовым и экономическими блоками, кадровым администрированием, управлением трудовыми ресурсами, на базе которых создаются общие центры обслуживания (ОЦО). К концу 2018 года планируется завершить основные этапы этого процесса.

Эти преобразования Рустем Павлов связал с необходимостью концентрации разрозненных ресурсов. Создаваемым центрам, по его словам, будет под силу решение задач на фоне глобальных вызовов, стоящих перед нефтяной отраслью.

Кстати, Центр обслуживания бизнеса был создан в 2015 году, а в начале 2018 года был сделан новый шаг: приказом генерального директора «Татнефти» создан единый функциональный блок информационных технологий.

Цифровизация охватывает и другие бизнес-дивизионы компании. Многоуровневая интегрированная архитектура АСУ создана на «ТАНЕКО». Она автоматизировала контроль над всеми процессами, включая безопасность. Динамическая модель производства и развития в реальном времени формирует информацию для повышения эффективности предприятия; автоматизирована система обслуживания, контроля производства и капитального ремонта оборудования.

На нижнекамском шинном комплексе внедряется интегрированная система управления цепочкой поставок, повышающая уровень сервиса и снижающая затраты. На очереди – проект «Умная шина»: в покрышки будут вживляться цифровые чипы с сенсорными датчиками, позволяющие отслеживать весь жизненный цикл колес. Выдаваемая потребителю

информация о ходе эксплуатации позволяет своевременно принимать меры по продлению жизни шины.

«Информационные технологии мы рассматриваем не только как инструмент перезагрузки существующих производственных блоков, но и для организации своего IT-бизнеса по созданию интеллектуальных продуктов и их реализации на рынке», – говорит Наиль Маганов.

## Кузница кадров

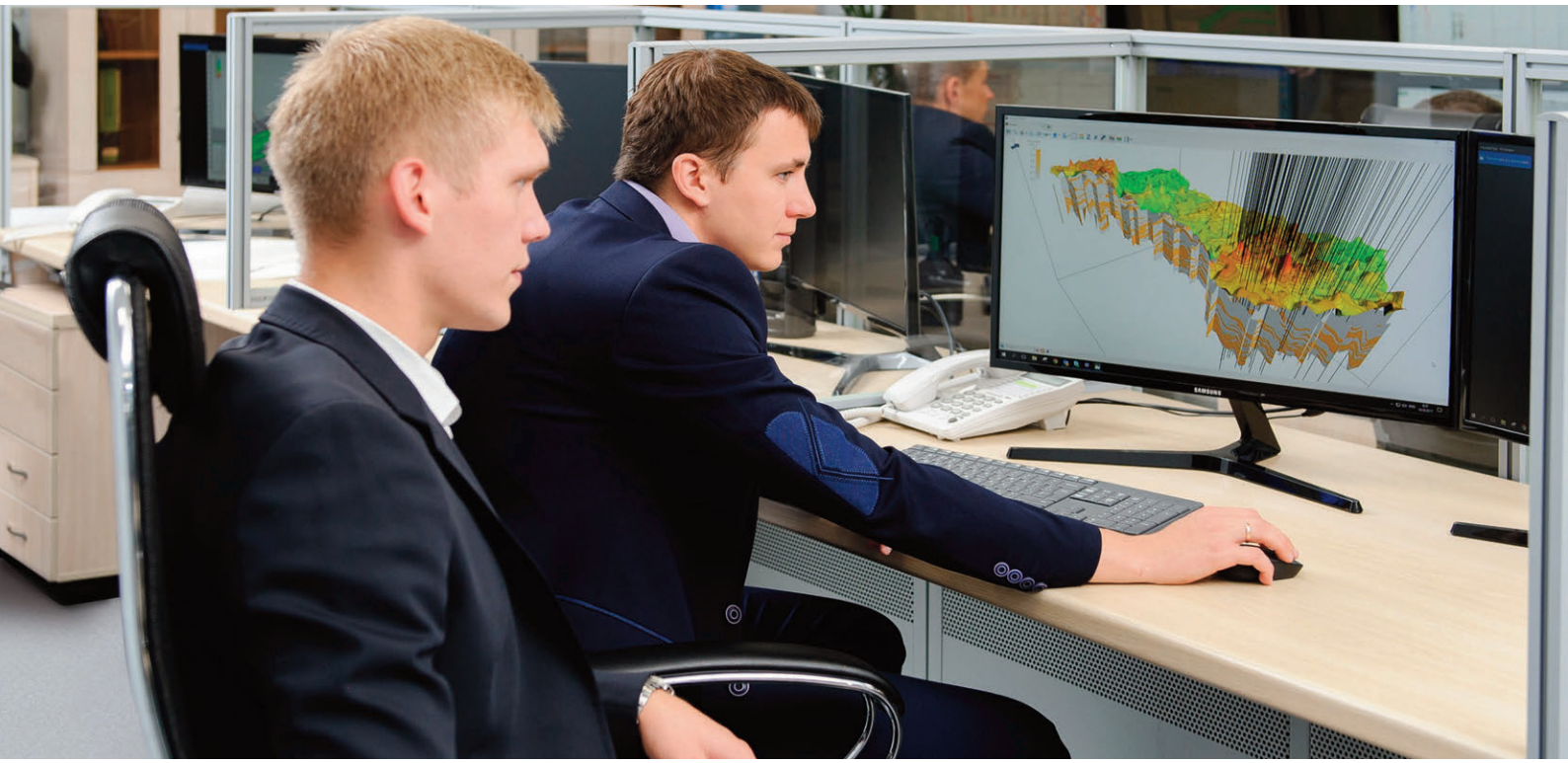
Основой успеха в цифровой трансформации компании генеральный директор называет высококвалифицированных специалистов – «Татнефть» активно инвестирует в подготовку кадров, которой также занимается Центр моделирования. На текущий момент в центре работают 112 специалистов, состоящих из опытных высококвалифицированных специалистов-производственников, дополненных выпускниками ведущих вузов страны и мира, прошедших серьезный конкурсный отбор.

В рамках корпоративного университета ПАО «Татнефть» и Центра моделирования ведется систематическое обучение специалистов производственных подразделений – НГДУ – с целью формирования компетенций, необходимых для эффективной работы с геолого-гидродинамическими моделями.

«Развитие и внедрение информационных технологий в области 3D-моделирования требует высокой квалификации специалистов в данном направлении. С этой целью в 2016 году в Альметьевском государственном нефтяном институте (АГНИ) и на базе Центра моделирования ПАО «Татнефть» было организовано дуальное обучение по направлению магистерской программы «Моделирование и управление разработкой месторождений углеводородов». Оно включает в себя получение теоретических знаний на базе образовательной организации – АГНИ, а практических навыков – непосредственно в процессе производственной деятельности на рабочих местах с трудоустройством в ЦМ. По окончании магистратуры запланировано их трудоустройство в ПАО «Татнефть», – пояснила Зоя Лощева. Она отметила, что с магистрантами заключаются ученические договоры с соответствующими условиями и обязательствами, включающими стипендиальное обеспечение, оплату обучения в магистратуре и работу в ПАО «Татнефть» не менее 3 лет. Продолжительность программы обучения в магистратуре два года.

«Думаем и о создании собственной «IT-долины», где мы сможем взращивать настоящие таланты, генерировать блестящие идеи и претворять их в жизнь», – надеется Наиль Маганов.

*Материал подготовлен на основании данных: 1) Алексей Угаров, «Искусственный разум умных месторождений», журнал «Нефть и жизнь» №2 (118)/2018; 2) Анвар Маликов, «Татнефть» создает IT-двойников», журнал «Нефть и жизнь» №1 (117)/2018; 3) Анвар Маликов «Курс на цифровую трансформацию», журнал «Нефть и жизнь» №5 (113)/2017.*



Основой успеха в цифровой трансформации генеральный директор называет высококвалифицированных специалистов

# Четвертая промышленная революция в России: актуальные программы и проекты

**Четвертая – цифровая – промышленная революция происходит на наших глазах. Все больше и больше предприятий вовлекается в этот процесс, осваивает инструменты и подходы Индустрии 4.0, уходят от ручного труда, создают цифровые двойники производств. Наибольшим конкурентным преимуществом будет обладать то государство, которое будет способно сформировать благоприятную среду для изменений и обеспечить поддержку инициатив в области цифровой трансформации. Какова национальная стратегия России в области развития цифровой экономики? Какие изменения произошли на российских предприятиях за последний год и чего ждать в будущем?**

Фото: **Завод-робот по выпуску сырокопченых колбас, Группа «Черкизово»**

Ключевым решением для продвижения цифровых технологий в России стало утверждение Программы развития цифровой экономики в Российской Федерации до 2035 года. Программа призвана сформулировать главные направления развития и сформировать в России благоприятные организационные и нормативно-правовые условия для эффективного развития институтов цифровой экономики при участии государства, национального бизнес-сообщества и гражданского общества, а также обеспечения быстрого роста национальной экономки за счет качественного изменения структуры и системы управления национальными экономическими активами, достижения эффекта «российского экономического чуда» в условиях формирования глобальной цифровой экосистемы. В число основных задач программы входят формирование новых подходов и принципов организации производственных отраслей и управления активами, развитие глобального цифрового пространства, создание необходимых условий для обеспечения технологического лидерства страны.

В программе приведен перечень технологий, определяющих переход к цифровой экономике. В области работы с данными это искусственный интеллект, туманные вычисления (архитектура системного уровня для расширения облачных функций с возможностью обработки данных на конечных устройствах сети, а не в облаке), квантовые и суперкомпьютерные технологии, технологии идентификации, блокчейна и математического моделирования, сквозные технологии и нейроннвые сети. В области производства особое значение имеют киберфизические системы (CPS), 3D-технологии и аддитивное производство, роботизация, технологии открытого производства. Индустрия 4.0 предполагает и ряд технологий в области взаимодействия с окружающей средой: беспилотные, безбумажные, мобильные и биометрические технологии, интерфейс «мозг-компьютер» и др.

Показательным с точки зрения системности внедрения цифровых технологий на производствах является реализуемый в рамках правительственной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» проект по внедрению в состав управления на предприятиях должности руководителя цифровой трансформации (РЦТ). С апреля 2018 года к проекту присоединилось НПО Энергомаш: должность РЦТ на предприятии на сегодняшний день совмещена с позицией директора по информационным технологиям. Обязанности РЦТ выполняет заместитель генерального директора по развитию информационных технологий НПО Энергомаш Денис Савенков.

«Руководитель цифровой трансформации не заменяет компетенции директора по информационным технологиям, это абсолютно новая позиция. РЦТ – не про поддержку текущих бизнес-процессов, это про поиск нового подхода к ведению бизнеса в условиях цифровой экономики», – уточнил Денис Савенков.

## Денис Мантуров, министр промышленности и торговли Российской федерации:

«Это не первая промышленная революция. Президент Всемирного экономического форума в Давосе Клаус Шваб считает ее четвертой, и большинство экономистов с ним согласны. Из опыта трех предыдущих революций ясно, что остаться в стороне от глобальных процессов нельзя – наоборот, важно занять достойное место в их авангарде. Собственно, это и является целью утвержденной правительством страны и реализуемой сейчас программы «Цифровая экономика Российской Федерации». Наиболее активны на пути к «цифре» предприятия авиационной, автомобильной, судостроительной, пищевой промышленности, атомной энергетики и ракетнокосмического комплекса. Уже сейчас на многих из них создаются цифровые двойники продукции, виртуализируются производственные процессы. Однако цифровая экономика – это не просто станки, оборудованные числовым программным управлением, а принципиально новая система производства.

Мы понимаем, что происходящая сейчас цифровая трансформация промышленности – это обязательное условие сохранения и повышения конкурентоспособности отечественной продукции на мировом рынке. И наша цель заключается не только в переводе производственных процессов в «цифру» (хотя само по себе это важно), мы стремимся вырастить глобальных лидеров, которые будут поставлять миру цифровые технологии и комплексные решения для производств нового поколения».

Основная задача РЦТ – внедрение заложенных в стратегию цифровой трансформации «прорывных» технологий, услуг и продуктов, использование которых выведет предприятие на новую, отвечающую запросам завтрашнего дня бизнес-модель.

Согласно стратегии развития ИТ предприятия, к 2020 году планируется внедрение цифрового производства, т.е. цифровой разработки, проектирования и изготовления изделия. Также ведется работа по созданию цифрового двойника изделия, который собирает о нем всю информацию на протяжении жизненного цикла, включая эксплуатацию. Внутри предприятия планируется создание специальной структуры – «Цифровой лаборатории» для поиска и реализации лучших идей во взаимодействии с партнерами и научным сообществом.

«Под цифровой трансформацией мы понимаем все новые технологии, которые радикально меняют, преобразовывают деятельность. Это новый этап – очередная промышленная революция, индустрия 4.0. Раньше такими технологиями становились паровая машина, электричество, компьютеры. Мы хотим и чувствуем необходимость быть в авангарде процесса цифровой трансформации в России, внедрять новейшие технологии. Это гарантирует нам ускорение вывода на рынок новых изделий, сокращение производственных затрат и повышение качества выпускаемой продукции в условиях наступающей цифровой экономики», – подытожил Денис Савенков.

Сегодня можно выделить ключевые технологические тренды в сфере цифровой трансформации промышленности. К ним относятся массовое внедрение роботизированных технологий, интеллектуальных датчиков и других технологий Интернета вещей, переход на безлюдное производство, хранение информации и проведение вычислений на распределенных ресурсах, сквозная автоматизация и интеграция производственных и управленческих процессов в единую информационную систему, электронный документооборот, цифровое проектирование и моделирование технологических процессов, развитие технологий промышленной аналитики и аддитивных технологий. И о некоторых их них мы поговорим подробнее на примере предприятий российской промышленности.

## Роботизация и безлюдное производство

Технологии Четвертой промышленной революции все глубже проникают в процессы производства, становясь неотъемлемой частью производственных систем компаний. Машины не только облегчают труд работников, но зачастую и заменяют их на производстве.

На предприятиях **Объединенной авиастроительной корпорации** на сегодняшний день наладили работу порядка 50 промышленных роботов, способных по производительности заменить собой целые смены высококвалифицированных сотрудников.

### Эдуард Картавый, директор Центра решений для промышленного сектора компании РДТЕХ:

«В числе наиболее важных для российского цифрового производства проектов я вижу то, что внедрение умных матмоделей в промышленности превратилось в типовую услугу: решение задач по прогнозированию сбоев промышленного оборудования и оптимизации производственных процессов выполняется с помощью искусственного интеллекта. В первую очередь эта услуга востребована на нефтехимических и металлургических предприятиях.

Впрочем к реализации проектов в рамках цифровизации производства необходимо подходить поэтапно и поступательно. Не следует спешить автоматизировать сразу все производственные процессы. Это позволит существенно сократить количество ошибок при внедрении.

Если же говорить о будущем, о том, что ожидает российское цифровое производство в ближайшие годы, то в рамках движения к Индустрии 4.0 намечается тенденция к унификации производственных и ИТ-платформ. На предприятиях создается единая платформа, на которую в дальнейшем накладываются различные информационные системы – т.е. создается единая «экосистема» производственных информационных технологий. Такой подход позволяет предприятиям действовать в рамках единой стратегии и существенно оптимизировать затраты. В первую очередь, это касается крупных организаций с разветвленной сетью производств».

На заводе **«АэроКомпозит-Ульяновск»** роботизированные установки уже выполняют большую часть технологических этапов. Если бы большинство операций выполнялись вручную, то на их проведение потребовалось бы в пять раз больше рабочих и в два раза больше времени. Сейчас же автоматизированная установка в цехах завода выкладывает длинномерную конструкцию (18 м), а контролирует процесс всего один специалист. Манипулятор формирует основу конструкции послойно из 24 углеродных лент. Лазер припаивает слои между собой. Далее автоматизированные передвижные платформы (вес 3 т) перемещают заготовку на следующий участок проведения технологического процесса. И так до конца всей производственной цепочки.

Похожая ситуация и на участке по сборке панелей фюзеляжа и дверей-люков для гражданского самолета МС-21 на заводе **«Авиастар-СП»**. Точность изготовления конструкций и их качество обеспечивают машины. Типичный пример оборудования «безлюдной» фабрики – робот для разделки отверстий при сборке киля стабилизатора МС-21. Агрегат выполняет одну из самых трудоемких операций – сверление отверстий в композитном материале и металле хвостового оперения лайнера. Отверстий требуется около 8000.

Машина на воздушной подушке сама передвигается по цеху. На сборочной линии хвостового оперения для нее оборудовали несколько рабочих мест. Робот сам позиционируется, подъезжает к агрегату для сверления, сверлит и зенкует деталь. Он может сверлить пять материалов, как отдельно, так и в различных сочетаниях – углепластиковый композит, титан, сталь.

По словам начальника цеха Михаила Чувашлова, большой плюс агрегата – высокая технологичность. Точно соблюдается геометрия отверстий. Робот хорош и тем, что безукоризненно обрабатывает композит. При неправильном соблюдении технологии сверления материал может расслаиваться. «Используй мы традиционный метод, цеху приходилось бы работать в две-три смены», – отметил Михаил Чувашлов.

Высокий уровень оснащения роботами предприятия стал возможен благодаря переходу на безбумажные методы проектирования. После незначительных изменений конструкторская документация доводится до технологов и в виде задания передается на станки.

Роботизации отводится особая роль и в развитии опытно-промышленного производства композитной оснастки (ОППКО) **Воронежского акционерного самолетостроительного общества (ВАСО)**. «Преимущество роботизированного комплекса в его большой гибкости с восемью степенями свободы, – рассказывает начальник производства ОППКО Руслан Плужников. – Проще говоря, «рука» робота очень подвижна и маневренна, что позволяет нам с высочайшей точностью обрабатывать поверхности форм как небольших, так и крупногабаритных мастер-моделей с очень сложным теоретическим контуром. Фрезерные работы такие роботы прежде не выполняли, чему, кстати, были удивлены даже в компании, которая занимается их поставкой, монтажом и сервисным обслуживанием. Но мы выбирали модель осознанно – под обработку модельных пластиков, плит МДФ и конструкций из полимерно-композиционных материалов».

Роботизация должна сыграть важную роль в освоении и внедрении новых технологий при изготовлении деталей и оснастки из полимерных композиционных материалов, а также в других направлениях производства. Об эффективности роботизированного комплекса можно сказать, что при его использовании на данный момент на 30% сокращается использование ручного труда.

**Новосибирский авиационный завод им. В.П. Чкалова** продолжает успешное применение на производстве гражданской авиационной техники в качестве современных «станков-роботов» автоматических клепальных станков.

Для автоматической клепки на новых станках был выбран самый сложный элемент самолета SSJ100 – верхняя панель отсека фюзеляжа Ф1, которая состоит из трех обшивок, имеет двойную кривизну, со-

Перемещение композитной заготовки на следующий участок технологического процесса. «АэроКомпозит-Ульяновск», фото: Марина Лысцева.

держит большие фрезерованные детали (трехметровые шпангоуты), а все ее стрингеры изогнуты по теории. Клепку на такой панели было сложно производить вручную, тем более это наружная, видимая поверхность («нулевая» зона) самолета – требовалось высокое качество выполнения работы, для которой необходимы опытные, квалифицированные специалисты-клепальщики. Сейчас эта работа выполняется автоматическими станками, которые производят сам процесс клепки. Оператор станка задает программу и следит за процессом. Качество изготовленных панелей фюзеляжа с помощью таких станков значительно повысилось, исчезли утяжки, вмятины, забоины, которых трудно было избежать при ручном труде, – принцип работы станка не допускает этого. Кроме того, ресурс самолетов при автоматической клепке значительно больше, чем при ручной.

Внедрение роботизированных технологий является одним из этапов реализации концепции полностью автоматизированного управления технологическими процессами на современном топливозаправочном комплексе (ТЗК) **«Газпром нефти»**. Так, недавно компания представила в международном аэропорту Шереметьево концепт роботизированной системы загрузки нефтепродуктов в аэродромный топливозаправщик (ТЗА). Впервые в России процесс налива авиационного топлива был реализован автоматикой с помощью робота-манипулятора без участия персонала. Технологии, закладываемые в основу роботов-манипуляторов, обеспечивают максимальную эффективность и безопасность.

Для роботизированного комплекса специалисты разработали специальное стыковочное оборудование, а также уникальную систему технического зрения и надежные алгоритмы управления. Новая манипуляционная система позволит полностью автоматизировать процесс налива аэродромных топливозаправщиков, значительно сократив количество производственных операций, проводимых вручную.

«С помощью цифровых и роботизированных технологий мы можем избавить человека от работы на опасном объекте, повысив безопасность и скорость работы. Все процессы будут контролироваться с пункта дистанционного управления в режиме онлайн. Это позволит с помощью средств предиктивной аналитики устранять возможные отклонения от целевых параметров до их возникновения, что обеспечит максимальную безопасность технологического процесса отгрузки топлива», – подчеркнул руководитель Центра цифровых инноваций ПАО «Газпром нефть» Владимир Воркачев.

В настоящее время робот-манипулятор проходит испытания для последующего внедрения на топливозаправочных комплексах в аэропортах. Следующим шагом в реализации проекта станет интеграция робототехнической системы в общую автоматизированную систему управления технологическим процессом ТЗК «Газпромнефть-Аэро». Создание цифрового ТЗК является частью обширной дорожной карты проектов в рамках цифровой трансформации бизнеса «Газпром нефти».

Автоматические клепальные станки успешно применяются в цехе изготовления панелей фюзеляжа для самолета SSJ100 Новосибирского авиационного завода им. В. П. Чкалова. Фото: пресс-служба НАЗ им. С. П. Чкалова.

Не менее интересным помощником в «Газпром нефти» стал робот, консультирующий потенциальных контрагентов и партнеров компании. Вопросы большинства пользователей достаточно стандартны, и робот готов дать на них ответ. Помощник способен ответить более чем на 500 типовых вопросов на сайте и в мобильном приложении дирекции по закупкам и капитальному строительству «Газпром нефти». Так, например, он может рассказать о том, каковы требования к контрагентам по разным направлениям работ, предоставить перечень документов, необходимых для регистрации на электронной площадке «Газпром нефти», сообщить об актуальных потребностях компании в продукции и услугах и даже найти конкретные закупки по запросу пользователя. В случае необходимости робот-консультант даст контакты нужного подразделения, где предоставят более детальную информацию. Разработчики бота не оставили без внимания и вопросы из области общих знаний. Хотя робот не предназначен для ведения отвлеченных бесед, он

сможет отшутиться в случае, если вопрос будет вне его компетенции, или даже рассказать анекдот по просьбе пользователя.

Новым словом в области обеспечения производственной безопасности и условий труда являются промышленные роботы-экзоскелеты. К их разработке и внедрению уже приступила **Hyundai Motor Group**. Первый экзоскелет для промышленного пользования представляет собой устройство для защиты коленей, которое позволяет человеку без усилий продолжительное время находиться в сидячем положении, что снижает нагрузку на организм, повышает эффективность и предотвращает травмирование работника. При весе всего в 1,6 кг он обладает высокой прочностью и способен выдерживать нагрузку в 150 кг. Поясные, набедренные и коленные ремни позволяют легко надеть систему и настроить ее под рост пользователя. Ножки этого «стула» могут откидываться на 85, 70 или 55 градусов.

Hyundai объявила искусственный интеллект для робототехники одним из пяти направлений будущего инновационного развития в начале 2018 года. Компания учредила специализированную робототехническую группу в штаб-квартире стратегических технологий, которая займется разработкой сопутствующих технологий и развитием сотрудничества со смежными секторами.

Кроме того, Hyundai планирует к концу года провести испытания и внедрить на североамериканских заводах экзоскелет, снижающий нагрузку на шею и спину рабочего, обеспечивая дополнительную поддержку рук в положении над головой в эквиваленте 60 кг. Ожидается, что она окажется очень эффективной для предотвращения травм и повышения эффективности труда.

«Робототехника не только позволяет создавать транспортные решения будущего, но и предлагает альтернативные способы борьбы со снижением производительности работников. Hyundai планирует использовать свою масштабную технологическую базу, сформированную в ходе работ над системами автономного вождения, для успешной деятельности в сфере робототехники», – рассказал директор по инновациям и исполнительный вице-президент подразделения стратегии и технологий Hyundai Motor Group д-р Чхи Янг Чхо (Youngcho Chi).

Первый экзоскелет H-CEX Hyundai Motor Group для промышленного пользования. Фото: hyundai.ru

Завершающим этапом общей роботизации можно считать выход на полностью безлюдное производство. Такой уровень уже может продемонстрировать **Группа «Черкизово»**, построившая к лету текущего года завод-робот по выпуску сырокопченых колбас.

На новом заводе полностью исключено вмешательство сотрудников в автоматизированный цикл производства колбасных изделий – задействованы только водители автомашин и вилочных погрузчиков. ИТ-инфраструктура предприятия обеспечивает его бесперебойную работу, включая планирование, производство, логистику, закупки и ряд других бизнес-процессов, позволяет контролировать производственную ситуацию от поступления партий сырья до выпуска готовой продукции, предоставляет возможность увязывать техобслуживание и ремонты с финансированием и логистикой, а также оперативно формировать управленческую отчетность. Мониторинг состояния производства осуществляется на основе данных, формируемых контрольными точками; каждая из них предоставляет сведения о ситуации в одной из пяти зон, на которые разделен производственный процесс. Для прослеживания прохождения различных видов сырья по технологической цепочке вся тара снабжена RFID-метками производства, позволяющими детально контролировать его температурные режимы и ряд других параметров.

Эти сведения поступают в приложения планирования ресурсов предприятия (Enterprise Resource Planning, ERP) и управления производственными процессами (Manufacturing Execution System, MES).

Один из важнейших компонентов системы управления автоматизированным производством – сетевая инфраструктура нового завода, площадь корпусов которого превышает 35 тыс. кв. м. Специальными требованиями к сетевым решениям, которые нашли применение на новом заводе, стали значительный объем беспроводных коммуникаций в соответствии со спецификациями робототехнических комплексов и высокий уровень готовности сети Wi-Fi, которая обеспечивает работу производственного оборудования. Наряду с этим, требуются устройства в защищенном исполнении; некоторые их них размещаются в «чистых» зонах, где производится ежедневная мойка оборудования.

Высокий уровень автоматизации производственных процессов на базе роботизированных комплексов и поддерживающих их ИТ-решений обеспечивает также выполнение требований биологической безопасности, что имеет исключительное значение в пищевой промышленности.

## Искусственный интеллект в управлении данными

Работа любого предприятия связана с необходимостью обработки больших объемов данных, и от качества их сбора и анализа зависит правильность принимаемых решений. Актуальность этой задачи стимулирует постоянное расширение сферы применения на предприятиях нейронных сетей. Искусственная нейронная сеть – это математическая модель (а также ее программное или аппаратное воплощение), построенная по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей (нервных клеток живого организма). Она дает гибкий и мощный набор инструментов для решения задач обработки и анализа данных.

**«Славнефть-Мегионнефтегаз»** запланировала на ближайшие годы внедрение ряда инновационных информационных систем по различным направлениям деятельности. В числе реализуемых проектов – применение технологий машинного обучения для

В камеры ферментации батоны колбасы отвозят роботы. Там колбаса хранится порядка 4-5 дней, после чего те же самые роботы перемещают ее в камеры сушки, где она находится еще 15-20 дней. При этом роботы колбасу в камерах сушки не бросают: они каждый день навещают ее, чтобы взвесить рамы и зафиксировать изменения веса. Отслеживая уменьшение веса при сушке, можно судить о том, насколько правильно и качественно идет процесс «созревания» колбасы. Полученная роботами информация передается в ПО, которое управляет производственными процессами, и, в том числе на основании этих данных принимается решение о готовности колбасы. Группа «Черкизово», фото и текст: tadviser.ru

оптимизации издержек, тестирование технологий виртуальной и дополненной реальности для обучения работников, автоматизация процессов при текущем и капитальном ремонте скважин, внедрение беспилотных летательных аппаратов для доставки грузов и др.

И одним из ключевых проектов за последнее время стал запуск опытно-промышленных испытаний аналитического комплекса, созданного на основе искусственной нейронной сети. Система предназначена для контроля за соблюдением правил промышленной безопасности и охраны труда на нефтепромыслах. Она будет анализировать видеопоток с камер наружного наблюдения и при выявлении нарушений направлять сигнал в единую диспетчерскую службу.

На первом этапе искусственному интеллекту доверят мониторинг применения работниками средств индивидуальной защиты. Анализ видеоинформации будет выполняться одновременно по нескольким маркерам. Так, технология компьютерного зрения в автоматическом режиме распознает наличие на человеке защитной каски с застегнутым подбородочным ремешком, осуществляет подсчет фактического количества людей в зоне производства работ, а также протоколирует выполнение всех технологических операций на объекте.

«Внедрение и тиражирование системы видеоаналитики будет способствовать снижению рисков, связанных с нарушениями правил безопасности, и повышению производительности. Система способна не только анализировать видеопоток, но и самообучаться, а значит, непрерывно совершенствоваться», – пояснил начальник службы развития новых информационных технологий в производстве Артем Музыка.

## Цифровой рудник

Четвертая промышленная революция добралась и до добывающей промышленности. Рудник, который сам контролирует производство и выбирает оптимальные режимы отработки, становится реальностью.

В 2018 году на пилотной площадке **АО «Хиагда»** был запущен проект «Умный рудник». Предыстория проекта насчитывает несколько лет. Все началось на Приаргунском производственном горно-химическом объединении, где впервые в горнорудном дивизионе для планирования отработки рудника стали применять инструменты геолого-математического моделирования. По сути это комплекс программных модулей, позволяющий воссоздать конфигурацию рудного тела, оценить запасы и выбрать из множества вариантов вскрытия залежей оптимальный. Интерактивная 3D-модель залежи гораздо нагляднее, чем чертежи на бумаге. Специальное ПО быстро выполняет расчеты, геофизику остается лишь сверить данные.

При обсуждении развития геолого-математического моделирования в дивизионе, в частности на двух предприятиях, где используют скважинное подземное выщелачивание, на «Далуре» и «Хиагде», и возникла идея создания «Умного рудника». Основные составляющие умного рудника – информационная система, видеонаблюдение и датчики, по одному на скважину плюс по дополнительному на каждый ряд скважин. Информационная система фиксирует и заносит в базу показания датчиков, анализирует, что происходит под землей, как меняется объем продукции, добываемой из скважины за единицу времени, как двигаются продуктивные растворы, и контролирует работу скважин. Если под воздействием давления продуктивные растворы

Проект «Умный рудник», АО «Хиагда»

вдруг изменят направление движения, система автоматически перестроит работу насосов так, чтобы выровнять их поток и вернуть прежний режим. Если засорится фильтр, система даст сигнал о неполадке.

Инновационная интеллектуальная технология управления разработкой месторождений урана методом скважинного подземного выщелачивания была создана специалистами Горнорудного дивизиона Госкорпорации «Росатом» совместно с учеными Северского технологического института НИЯУ «МИФИ».

Управление всеми технологическими процессами на предприятии производится из главного диспетчерского пункта. Оператор видит на экранах мониторов все производственные процессы, происходящие в главном корпусе, в сернокислотном цехе, на локальной сорбционной установке, на полигоне подземного выщелачивания. «Мы видим структуру полигона, то есть скважины и обвязку, видим потоки, которые подаем в недра, их перемещение, объем раствора, который выдаем на поверхность. То есть, теперь мы можем управлять технологией на глубине 400 м, полностью контролируем все процессы, происходящие в рудном теле», – объяснил главный инженер АО «Хиагда» Анатолий Михайлов.

Программные комплексы помогут предприятию достоверно оценивать горно-геологическую обстановку отрабатываемых участков месторождений, моделировать варианты отработки, проводить точный анализ выполненных работ, оперативно принимать решения при анализе и прогнозе освоения месторождения, геологическом моделировании и планировании. По словам генерального директора АО «Хиагда» Андрея Гладышева, уже на предварительном этапе реализации проекта предприятие смогло значительно оптимизировать схемы вскрытия рудных тел, сократить расходы на добычу и эксплуатацию полигона. «Система уже помогает нам осуществлять прогноз и своевременное выполнение ремонтно-восстановительных работ, и, таким образом, снизить затраты на обслуживание добычного комплекса. Мы доводим обработку геологических и геотехнологических данных до полной автоматизации, обеспечивая оперативный доступ к любой геотехнологической информации и теперь сможем рассчитывать и поддерживать оптимальные режимы отработки эксплуатационных блоков», – подчеркнул он.

«Сегодня мы внедряем инновации, которые в ближайшем будущем позволят говорить о новой модели добычного производства, – подчеркнул куратор проекта, руководитель направления группы сопровождения ИТ-проектов АРМЗ Роман Рудин. – Онлайн-доступ к удаленному оборудованию, мгновенная обработка информации и другие новые функции позволят оперативно принимать решения и исключить нештатные ситуации. Наша задача – перевести на цифру все этапы добычного цикла скважинного подземного выщелачивания и передать управление интеллектуальной ИТ-системе».

Реализация проекта «Умный рудник» позволит на стадии добычных работ автоматически вести сбор и обработку большого массива цифровых геологических, геофизических и геотехнологических данных в online-режиме. Они дадут возможность определять оптимальные режимы отработки эксплуатационных блоков для обеспечения максимальной экономической эффективности работы предприятия. Планируется, что в дальнейшем «Умный рудник» будет реализован на других месторождениях Витимского рудного поля, отрабатывающихся АО «Хиагда», а также на АО «Далур» (входит в контур управления Уранокого холдинга «АРМЗ»), добывающем стратегический металл в Курганской области.

О планах построения «цифровых двойников» рудников сообщила и специализирующаяся на добыче алмазов компания **АЛРОСА**. «Цифровой рудник – это многомерный комплекс увязанных между собой цифровых моделей, отражающий в информационных системах реальную ситуацию в руднике, а также происходящие в нем ретроспективные и будущие процессы, – пояснил заместитель главного инженера Айхальского ГОКа по контрольно-измерительным приборам и автоматике Александр Левченко. – Понятие цифрового рудника также включает в себя совершенно новый подход ко взаимодействию работников, когда каждый специалист обладает данными от сотрудников смежных специальностей и учитывает эту информацию при принятии решений».

Для того чтобы цифровой рудник работал, нужно построить и постоянно наполнять данными комплекс цифровых моделей, позволяющий автоматизировать процессы долгосрочного, среднесрочного планирования и оперативного управления горными работами. На этом пути придется пересмотреть подходы к существующим системам автоматизации: от каких-то отказаться, какие-то доработать, какие-то приобрести и внедрить. Предполагается провести серию пилотных опробований и технических отборов, построить информационную инфраструктуру, обучить всех участников и наладить их взаимодействие, разработать и внедрить необходимые регламенты.

«Отмечу, что цифровизация предусматривается и стратегическими документами правительства нашей страны. Сегодня различные службы на наших рудниках работают преимущественно только над своими моделями: геологи – над блочной моделью рудного тела, маркшейдеры – над каркасной моделью выработок, геотехники строят модель устойчи-

вости горного массива и его состояния, пылевентиляционные службы – модель проветривания рудника, ежегодно строится финансовая модель. Внедренная в 2016 году Единая интегрированная горно-геологическая информационная система компании поддерживает только часть функций работы с моделями. Ее сопровождением занимается главным образом «Якутнипроалмаз». Обладая комплексной информацией с помощью современных средств обработки данных, можно быстрее, полнее и точнее проводить планирование, а также оперативное управление. Повышается не только эффективность, но и безопасность работ. При переходе к цифровому взаимодействию растет роль надежности систем автоматизации и информационных технологий. Для поддержания высокого уровня надежности придется предусматривать резервирование их компонентов, увеличение объемов регламентных работ и пересматривать режимы работы ремонтных служб. Для каждого рудника, разумеется, нужно создавать собственный цифровой двойник, ведь каждый рудник уникален», – добавил Александр Левченко.

Проект концепции «Цифровой рудник АЛРОСА» готовит горное управление АЛРОСА совместно с управлением информационных технологий, отделом контрольно-измерительных приборов и автоматизации.

## Цифровые энергосети

Системы распределенной автоматизации сетей уже начали внедряться в российские энергосистемы. Они подразумевают интеграцию в существующую сеть «умных» устройств – реклоузеров, которые позволяют без участия оперативного персонала автоматически находить и выделять поврежденный участок, сохраняя электроснабжение основной части потребителей. Технологии Smart grids внедряются с целью повышения надежности электроснабжения, снижения времени ликвидации аварий, сокращения недоотпуска электрической энергии и оптимизации эксплуатационных затрат. Их особенностями является гибкость – способность подстраиваться под нужды потребителей, доступность, надежность, экономичность.

Проект «Цифровой РЭС» уже реализует **ПАО «Россети»**. Он подразумевает три этапа. Первый – автоматизация центров питания и сетей, второй – внедрение комплексной системы энергомониторинга, установка интеллектуальных приборов учета и третий – внедрение системы поддержки принятия решений по управлению сетевой компанией.

Инновационные технологии в рамках программы оказывают положительное влияние на ключевые показатели надежности электроэнергии. Все переключения в аварийных ситуациях происходят полностью автоматически; сеть наблюдаема и управляема; сокращается время обесточения потребителей, время реагирования на аварийные ситуа-

### Алексей Текслер, первый заместитель Министра энергетики Российской федерации:

«Мы уже находимся внутри процесса цифровизации. Цифровые технологии активно проникают в энергетику, позволяя эффективнее анализировать и управлять производством, транспортировкой и потреблением энергии. В конечном итоге от цифровизации выиграют все ее участники. Энергетические компании смогут оптимизировать операционные расходы, повысить производительность труда и расширить спектр своих продуктов и услуг для потребителей, снизить издержки на простои и аварии за счет использования предиктивного анализа, улучшения планирования, оптимизации производственных и бизнес-процессов.

Технологические компании и промышленные предприятия получат «рыночный импульс» для развития и производства инновационной продукции, которая повысит конкурентоспособность российского ТЭК на традиционных мировых рынках и позволит выйти на новые – высокотехнологичные рынки. На уровне страны в целом повысится надежность и качество энергоснабжения потребителей, возрастет устойчивость работы ключевых энергосистем, появятся новые конкурентные цифровые рынки, действующие в интересах всех участников отрасли. Наконец, внедрение цифровых решений благотворно отразится на конечных потребителях, повысит их осведомленность о текущем энергопотреблении и прозрачность формируемых для них начислений».

ции и количество самих отключений.

**ПАО «МРСК Сибири»**, дочернее общество ПАО «Российские сети», имеет в регионах 15 пилотных площадок по цифровизации. В числе реализованных проектов – первая в России цифровая подстанция 110 киловольт (кВ) «Им. М.П. Сморгунова». Основные эффекты реализации этого сложного проекта – снижение капитальных затрат на строительство на 5%, а операционных – на 30%. При этом уровень самодиагностики системы управления подстанцией – более 90%. В Емельяновском районе Красноярского края ведется проект по созданию цифровых РЭС. С его завершением повысится наблюдаемость сети (до 100%), сократится срок технологических присоединений (на 104 дня), существенно снизится уровень потерь электроэнергии (на 17%) и затрат на техобслуживание и ремонты (на 15%). «Из социальных эффектов проекта можно назвать развитие клиентских сервисов, сдерживание роста тарифа, рост цифровой сферы экономики, сокращение перерывов в электроснабжении, высокий уровень комфорта», – подчеркнул генеральный директор «МРСК Сибири» Виталий Иванов. Важной частью большой цифровой энергосистемы является и один из самых современных в России цифровой центр управления сетями, запущенный в Красноярском крае. Это специализированный комплекс, где в режиме реального времени отражены все процессы, происходящие в энергосистеме региона.

Цифровые электросети позволяют отслеживать каждого потребителя, они практически до нуля снизят среднюю продолжительность отключения против нынешних двух часов. Они также могут самодиагностироваться и самовосстанавливаться – в случае повреждения на одной из линий подача электроэнергии автоматически начнется по другим. Такой опыт уже применялся в Калининградской области. Цифровая подстанция отличается от обычной высокой степенью автоматизации. Ее основные системы управления и защиты работают с помощью цифровых технологий, следствием чего стала компактность и возможность отказаться от значительной части оборудования. В обычной подстанции около 150-160 км кабелей, в цифровой – в десять раз меньше.

Затраты на цифровизацию сетей во всех регионах присутствия в «МРСК Сибири» оценили в 300 млрд рублей.

## Аддитивные технологии в промышленности

Сегодня аддитивные технологии – одно из наиболее динамично развивающихся направлений цифрового производства, позволяющее применить новый подход к созданию заготовки и сократить его стоимость. Они все шире применяются в самых разных отраслях российской промышленности. Значимость этого направления подтверждает разработка государственной программы по развитию и внедрению аддитивных технологий до 2025 года. Комплексный план мероприятий был подготовлен Межведомственной рабочей группой по поручению Минпромторга на базе Всероссийского института авиационных материалов (ВИАМ). Согласно этому плану через семь лет в России должны появиться 3D-принтеры собственного производства, работающие на базе российского программного обеспечения. Металлопорошковые композиции также будут отечественными.

«Комплексный план представляет собой основу государственной программы развития аддитивных технологий и максимально охватывает все вопросы, связанные с их созданием и внедрением в производство в различных отраслях промышленности. Хочу подчеркнуть, что аддитивные технологии – это основа новой промышленной революции, они принципиально меняют весь технологический уклад и влекут за собой изменение всего производственного цикла», – рассказал Евгений Каблов, Академик РАН, генеральный директор Всероссийского института авиационных материалов.

Метод аддитивных технологий подразумевает создание изделия путем добавления материала слой за

**Евгений Каблов, Академик РАН, генеральный директор Всероссийского института авиационных материалов:**

«Аддитивные технологии позволяют увеличить производительность труда в 30 раз, довести коэффициент использования материала до 98%, снизить массу конструкции на 50%. При этом до минимума сокращается длительность цикла от чертежа до изделия, резко снижаются затраты, возрастает экологическая безопасность всех технологических переделов».

слоем по трехмерной компьютерной модели с минимальными трудозатратами на подготовку производства и последующую обработку. В этом его принципиальное отличие от привычного метода производства, при котором от исходного куска материала путем деформации или механической обработки удаляют лишнее. Таким образом, при использовании аддитивных технологий расходуется ровно то количество материала, которое необходимо для готовой детали. Аддитивные технологии обладают рядом и других преимуществ. Прежде всего, это возможность изготавливать продукцию сложных форм, которых невозможно достичь механической обработкой или литьем; уникальные сочетания материалов (например, металла и керамики); значительное снижение массы изделия и сроков производства прототипов.

План по развитию и внедрению аддитивных технологий состоит из семи основных мероприятий. Первые три непосредственно связаны с созданием оборудования – это разработка программного обеспечения и нескольких линеек самого оборудования, а также создание материалов и технологий синтеза. Важную часть плана составляет подготовка персонала и нормативной документации. Отдельный раздел – применение аддитивных технологий в медицине: здесь особая специфика требующихся материалов и оборудования. Финальная часть реализации плана – организация серийных отраслевых производственных центров. Согласно расчетам на реализацию всех мероприятий понадобится 89,2 млрд рублей.

В пул организаций, развивающих полный цикл аддитивного производства на федеральном уровне входит порядка 50 разных компаний: предприятия Росатома, Объединенная двигателестроительная компания, ОАК, ВИАМ, Роскосмос, Санкт-Петербургский Политех, Академия наук и другие. Но основная ответственность за технологические направления, включая разработку нормативной базы через технический комитет при Росстандарте, и их координация находятся в компетенции двух организаций: Госкорпорации «Росатом» и ВИАМа. Отраслевым интегратором по развитию направления трехмерной печати стала созданная в рамках структуры Росатома компания **«Русатом – Аддитивные технологии»**. Она сосредоточится на шести ключевых направлениях:

- разработка программного обеспечения для аддитивных систем;
- производство 3D-принтеров и их компонентов;
- создание материалов и металлических порошков для аддитивной печати;
- развитие нормативной базы и стандартов;
- подготовка кадров;
- оказание услуг по 3D-печати и внедрение аддитивных технологий в цифровые производства (в том числе в части организации центров производства).

По каждому направлению составлена дорожная карта развития и прописаны основные этапы реализации. Стратегическая цель нового интегратора амбициозна – обеспечить к 2025 году выручку до 50 млрд руб. и занять до 1,5 % на мировом рынке аддитивных технологий.

Обслуживание принтера 3D-600. Русатом - Аддитивные технологии

Активная работа по исследованию аддитивных технологий (АТ) в целях применения в авиационном двигателестроении развернута на уфимском **ПАО «ОДК – УМПО»** (входит в Госкорпорацию Ростех). Работа по освоению аддитивных технологий ведется на всех предприятиях Объединенной двигателестроительной корпорации. Холдинг планирует применять их при серийном производстве перспективных российских газотурбинных двигателей, которые будут сертифицированы в 2025- 2030 годах.

Продолжительность и стоимость изготовления деталей с применением аддитивных технологий может быть значительно меньше, чем при традиционном способе.

**«ОДК-Сатурн»** разработал и в 2017 году внедрил единый цикл проектирования деталей под аддитивное производство, позволяющий сократить сроки разработки и внедрения в конструкторскую документацию новых конструкций деталей и узлов. Ключевую роль играет технология топологической оптимизации элементов ГТД с учетом использования аддитивных технологий. По результатам применения единого цикла проектирования получено: снижение массы деталей – на 30-50%; необходимый уровень прочностных характеристик по статической и динамической прочности; сокращение количества поддерживающих структур (экономия материала) относительно исходных деталей в два раза.

«При реализации методов топологической оптимизации в большинстве случаев аддитивные технологии являются единственным технологическим решением для изготовления сложнопрофильных и уникальных топологически оптимизированных деталей, – рассказал заместитель главного инженера опытного завода по аддитивным технологиям «ОДК-Сатурн» Денис Федосеев. – Аддитивные технологии в данном случае полностью исключают технологическую подготовку при изготовлении заготовок и минимизируют последующую механическую обработку». По его словам, на предприятии используется замкнутый цикл проектирования, ключевым элементом которого является 3D-модель (для проектирования, расчетов, изготовления и контроля геометрии).

В «ОДК-Сатурн» функционирует и Центр аддитивных технологий. В нем представлены все перспективные и наиболее востребованные промышленностью направления аддитивных технологий. Центр специализируется на изготовлении опытных деталей, моделей и узлов газотурбинных двигателей авиационного и наземного применения методами послойного синтеза. Центр активно участвует в работах по разработке и получению отечественных металлопорошковых композиций.

В настоящее время в «ОДК-Сатурн» детали, изготовленные по аддитивным технологиям, применяются, в частности, в механизмах поворота лопаток, элементах камер сгорания, элементах механизации, перепуска и направляющих аппаратов ГТД. Процентное соотношение в конструкциях ГТД деталей, изготовленных методами аддитивных технологий, увеличивается. В 2016 году более 600 деталей газотурбинных двигателей изготовлены аддитивными технологиями из кобальтового, титанового сплавов, нержавеющей стали.

Еще одной компанией, работающей над внедрением аддитивных технологий является **НПО Энергомаш** (входит в Госкорпорацию «РОСКОСМОС»), применяющее их в производстве жидкостных ракетных двигателей (ЖРД) для семейства ракет-носителей (РН) «Ангара», «Союз-5» и «Союз-2». Согласно расчетам, это решение позволит снизить трудоемкость производства ряда двигателей на 20 процентов.

Предложение о внедрении в производство двигателей аддитивных технологий было сделано Конструкторским бюро НПО Энергомаш и утверждено научно-техническим советом предприятия после успешных огневых испытаний на воронежском КБХА (входит в НПО Энергомаш) камеры двигателя 14Д23 (применяется в РН «Союз-2.1б»), которые подтвердили возможность применения аддитивных технологий при производстве ЖРД; предприятие уже освоило методику изготовления смесительной головки и сопла двигателя 14Д23 с помощью аддитивных технологий.

По оценке специалистов КБХА, применение аддитивных технологий сократит трудоемкость производства этого двигателя на 20 процентов. Например, смесительная головка, произведенная по традиционной технологии, состоит из 220 деталей, имеет 124 паяных соединения и 62 сварных шва, а изготовленная по аддитивной технологии состоит всего лишь из одной цельной детали, и срок ее «выращивания» – 77 часов.

Как подчеркнул заместитель главного конструктора НПО Энергомаш по новым технологиям Андрей Иванов, компания видит в аддитивных технологиях один из методов сокращения сроков создания и снижения трудоемкости при производстве ракетных двигателей. И в рамках Интегрированной структуры ракетного двигателестроения (ИСРД) была утверждена программа внедрения и развития аддитивных технологий и план-график ее реализации.

**НПП «Респиратор»** холдинга «Технодинамика» внедряет аддитивные технологии в рамках программы по техническому перевооружению. Предприятие использует технологию 3D-печати в опытно-конструкторских работах для создания макетных и опытных образцов новой техники.

Метод FDM-печати является самой распространенной технологией 3D-печати в мире. Он позволяет создавать трехмерные изделия послойно из расплавленной пластиковой нити. Получившийся объект в точности повторяет контуры цифровой модели, спроектированной в специализированной программе. Такие трехмерные модели используются для визуализации чертежей и способствуют минимизации количества бракованных деталей.

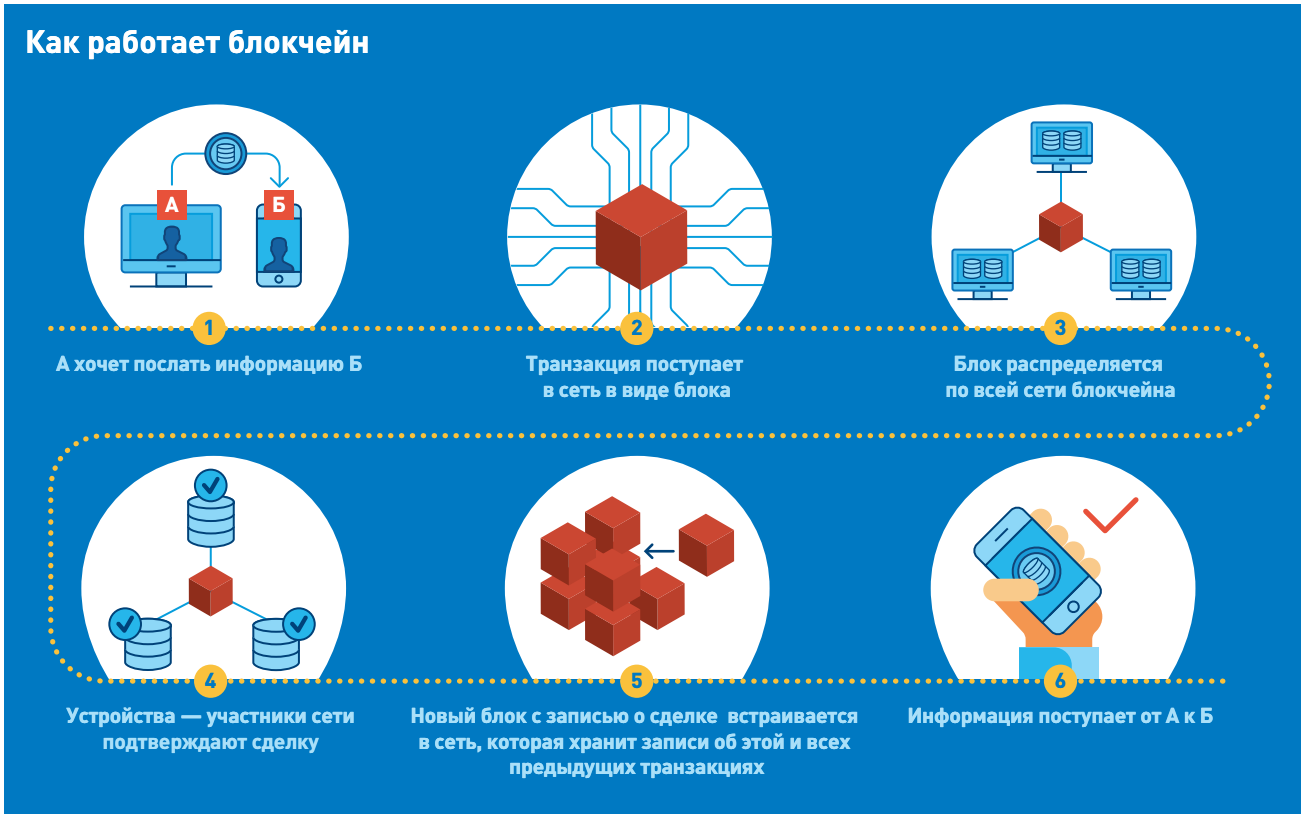
«Сегодня аддитивные технологии – это необходимый элемент процесса разработки на каждом современном промышленном предприятии. Внедрение FDM-печати на НПП «Респиратор» станет важным этапом в процессе апробации новой продукции на соответствие самым высоким стандартам заказчика», – отметил генеральный директор холдинга «Технодинамика» Игорь Насенков.

Он также выразил уверенность, что опытные образцы, изготовленные с применением такой технологии, помогут изделиям холдинга успешно пройти все этапы испытаний, что ускорит завершение ряда перспективных разработок.

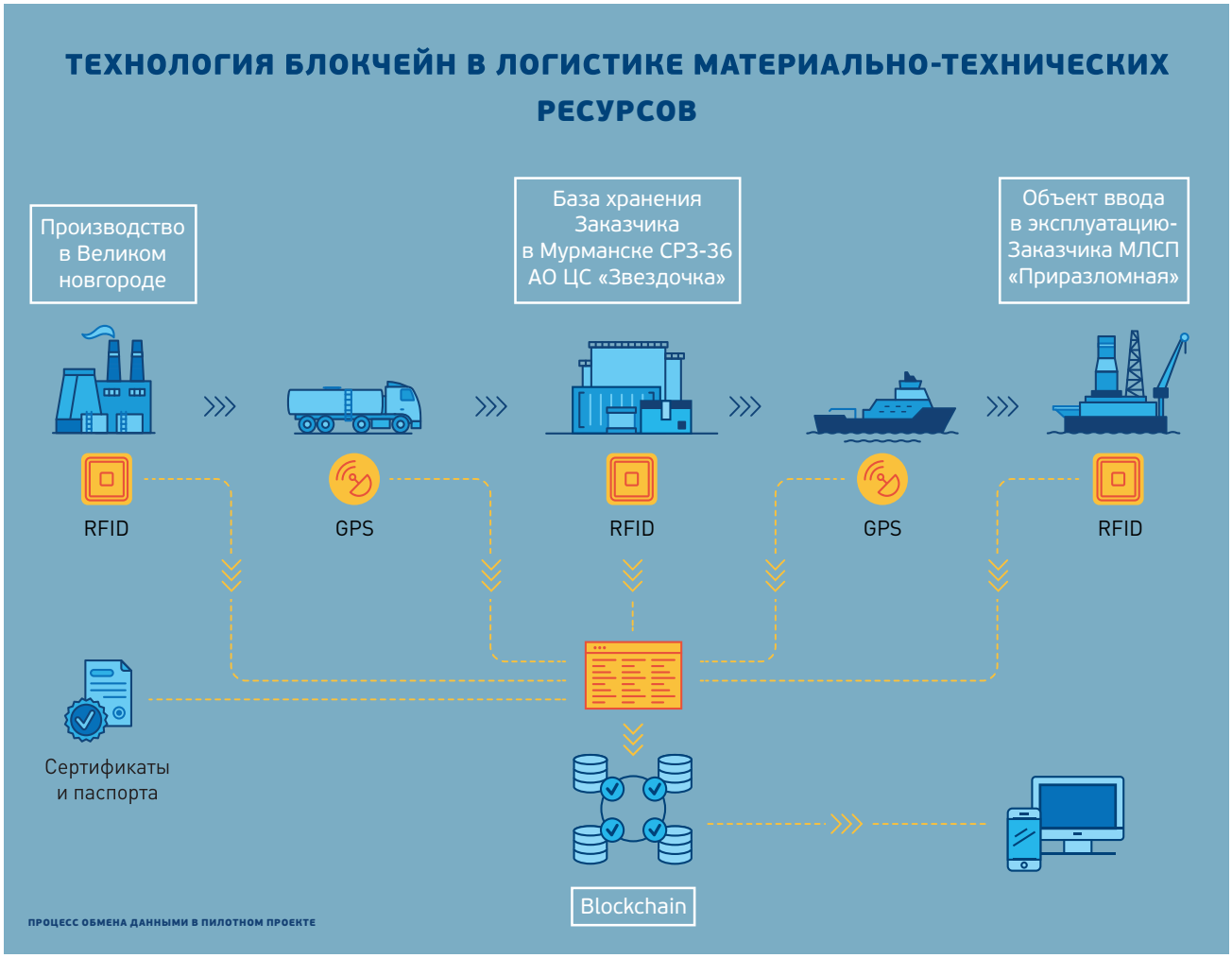
Дмитрий Байдаров, руководитель проектного офиса «Развитие производства продукции гражданского назначения» Блока по развитию и международному бизнесу ГК «Росатом»: «Отличительная черта аддитивных технологий в том, что весь процесс, от проектирования до изготовления конечного продукта, происходит «в цифре». Цифровое проектирование и моделирование – ключевые технологии, которые будут востребованы как в мировой, так и в российской промышленности. Цифровое проектирование тесно связано с аддитивными технологиями, они все шире применяются в авиастроении, медицине и других отраслях. Для эффективного использования аддитивных технологий уже сейчас необходимо системно решать следующие задачи: создать отечественное оборудование для аддитивного производства, научиться изготавливать расходные материалы, подготовить технический и инженерный персонал, понимающий преимущества и возможности новых технологий, а также наладить процесс сертификации. Промышленная революция и цифровая трансформация предполагают перестройку бизнеса в целом, акцент на высокотехнологичных, но компактных и быстрых, конкурентоспособных решениях, удовлетворяющих потребностям заказчика, на проектировании, укладывающемся в заданные сроки и стоимость. Использование существующих технологических заделов организаций атомной отрасли и лучших мировых практик позволит создать и успешно продвигать на рынок конкурентоспособный продукт».

## Технологии блокчейна

Блокчейн – распределенная база данных, которая содержит непрерывно возрастающий набор упорядоченных записей (блоков), каждый блок содержит метку времени и связь с предыдущим блоком. Принципы формирования такой цепочки и хранения содержащейся в блоках информации позволяют гарантировать ее неизменность.




Инфографика: Татьяна Удалова




Инфографика: Татьяна Удалова

Концепция подтверждает свою эффективность в решении широкого ряда задач, в которых взаимодействие многочисленных агентов или организаций строится вокруг определенной информации, доступность, сохранность и достоверность которой чрезвычайно важна. Это может быть информация о правах собственности на объекты недвижимости или авторских правах, результаты голосования, данные о цепочках поставок, идентификация личности, хранение кредитных историй и др. Принципы блокчейна позволяют обеспечить достоверность и неизменность этих данных без обращения к какому-либо контролирующему органу, единому центру, посреднику, гарантирующему совершение транзакции или удостоверяющему подлинность тех или иных записей. У этой технологии – большое будущее, причем не только в области криптовалют, но и в промышленной сфере.

Одним из первопроходцев в этой области стала **«Газпром нефть»**, реализовавшая пилотный проект по доставке оборудования на платформу «Приразломная» с применением технологии блокчейн. Чтобы данные о перемещении груза записывались в блокчейн автоматически, еще на заводе в Великом Новгороде на груз нанесли радиочастотные (RFID) метки и установили GPS-датчики. Использовались пассивные (без источника питания) RFID-метки, которые, в соответствии с особыми условиями транспортировки, были предварительно протестированы на ударопрочность и устойчивость к агрессивной среде и низким температурам.

Метки считывались на всех складах по пути следования груза, информация автоматически сохранялась в сеть. Решение позволило собирать и хранить данные обо всех маршрутах, скорости перемещения, количестве и продолжительности остановок, физических лицах, сканировавших метки на складах, формировать и сохранять отчеты в единой базе данных. Считывание RFID-метки также давало быстрый доступ к общим сведениям о грузе и к сканированной копии сопроводительной документации в формате PDF. Технология позволила автоматизировать все складские операции, а также проконтролировать их выполнение в заявленные сроки.

Благодаря использованию блокчейна все данные о перемещении груза были собраны в едином информационном пространстве и в то же время их не пришлось хранить на централизованном сервере.

Каждый пользователь, подключенный к сети блокчейн, хранил копию сделанных записей и подтверждал добавление новых блоков. Доступ к данным был у всех участников системы, при этом, так как ввод данных был автоматизирован, а возможность ошибок, подмены или исправления записей – исключена, логистический процесс стал максимально прозрачным для всех.

В компании планируют продолжить внедрение технологии. На следующем этапе предполагается автоматизировать расчеты с подрядчиками, контроль качества и допуск на объекты. Также в сети будет создан рейтинг поставщиков для упрощения процедур закупок. Будет усовершенствована и техническая сторона: добавлена интеграция с SAP, обеспечен доступ участникам к зашифрованной информации (в отличие от первоначального публичного доступа по логину и паролю).

Никита Шурупов, руководитель направления проектного офиса «Газпромнефть-Снабжения»: «Пилотный проект позволил достичь основной цели – проверить возможность создания неразрывной связи физической поставки, всех сопровождающих процессов и документооборота. Подтверждены наши предположения о невозможности замены информации после записи в блок, о том, что в единую базу данных можно будет собирать информацию из источников разного характера. В целом проект не только позволил обеспечить контроль логистической цепочки от завода к заказчику, но и показал необходимость внедрения технологии блокчейн для создания экосистемы закупок и поставок материально-технических ресурсов».

## Виртуальная реальность и обучение

Цифровые технологии меняют и подход к образовательным программам, в том числе и в промышленности. От методов онлайн-обучения компании переходят к возможностям виртуальной реальности.

В компании **«Карельский окатыш»** специально разработанный программно-методический комплекс «Производство железорудных окатышей» демонстрирует всю технологическую цепочку производства окатышей – от разгрузки думпкаров в корпусе крупного дробления до отгрузки готовой продукции в вагоны. Электронное учебное пособие включает 3D-модели и интерактивные изображения фабрик «Карельского окатыша». Любой агрегат можно рассмотреть целиком и в разрезе, приблизить или повернуть.

С помощью такого инструмента виртуальной реальности можно обучаться любым технологическим профессиям фабрик комбината: дробильщик, машинист мельниц, оператор пульта управления, фильтровальщик и другие. Программа будет полезна и студентам политехнического колледжа, когда они будут готовиться выйти на производственную практику.

На **ЧерМК** новых сотрудников сталеплавильного производства будут обучать при помощи тренажера виртуальной реальности. Разработка предназначена для помощников сталевара, которые еще не знакомы с действующим производством. Необходимые навыки они будут осваивать с помощью двух джойстиков и VR-очков.

### Олег Евтушенко, исполнительный директор Госкорпорации Ростех:

«Прогресс не останавливается, а только ускоряется. Как только появляется новая технология или продукт, тут же появляются новые специальности. В этих условиях выигрывает тот, кто быстрее других переобучит своих сотрудников. На мой взгляд, в будущем успешными будут компании, которые научатся быстро перестраиваться и ставить процессы обучения на другие рельсы. И в этом им будут помогать специализированные образовательные компании, которые эту услугу будут предлагать. Если бы я был частным инвестором, то точно бы вложился в такой бизнес.

Что касается будущих лидеров рынка, то могу с уверенностью сказать, что успешными будут компании с высокой долей «умной» продукции. Именно поэтому мы активно переходим от «железа» к «интеллекту». Производства будущего будут создавать продукцию с высокой добавленной стоимостью. Повсеместное внедрение искусственного интеллекта станет главным трендом на ближайшие годы, если мы, конечно, не полетим к далеким планетам и не создадим там новые формы бизнеса».

– Каждую смену подручный сталевара должен брать пробы жидкого металла и измерять его температуру (более 60 раз в течение 12-часовой смены). Когда новый сотрудник впервые попадает в «горячий» цех и видит раскаленную жидкую сталь вблизи – это повергает его в шок, – рассказал мастер по технологии и технологическому оборудованию цеха выплавки и внепечной обработки электростали Александр Маслов. – Чтобы подготовить сотрудника и ознакомить его с опасными производственными факторами, мы решили опробовать такой нестандартный формат обучения.

Воплотить задуманное в жизнь коллегам помогли сотрудники дирекции по персоналу **«Российской стали» и «Северсталь-инфокома»**. За основу разработчики взяли 3D-модель установки «печь-ковш» №2 (УПК-2), которую предоставили специалисты «Северсталь-Проекта».

– Виртуальная реальность – абсолютно новое направление для нашего подразделения. Мы с нуля изучали информацию о том, как создать цифровой мир, чтобы он ничуть не отличался от действующего производства, – поделилась эксперт по развитию новых технологий «Северсталь-инфокома» Ольга Пешина. – В результате мы разработали два сценария: взятие пробы и замер температуры металла. Обучающемуся необходимо выполнить все действия в правильном порядке. В случае ошибки тренажер будет предлагать подсказки и корректировать действия.

Первыми тестовую версию тренажера испытали на себе работники цеха внепечной обработки конвертерной стали. По их словам, виртуальная реальность неотличима от прототипа и максимально погружает в обстановку цеха: приглушенный свет, брызги жидкого металла, раскаленные электроды УПК-2.

До конца года разработчики подготовят сценарии, где сотрудники смогут отточить навыки постановки сталь-ковша и подключения гибких аргонопроводов. Кроме того, в будущем в виртуальной реальности попробуют воссоздать стрессовые и аварийные ситуаций, которые могут произойти на производстве.

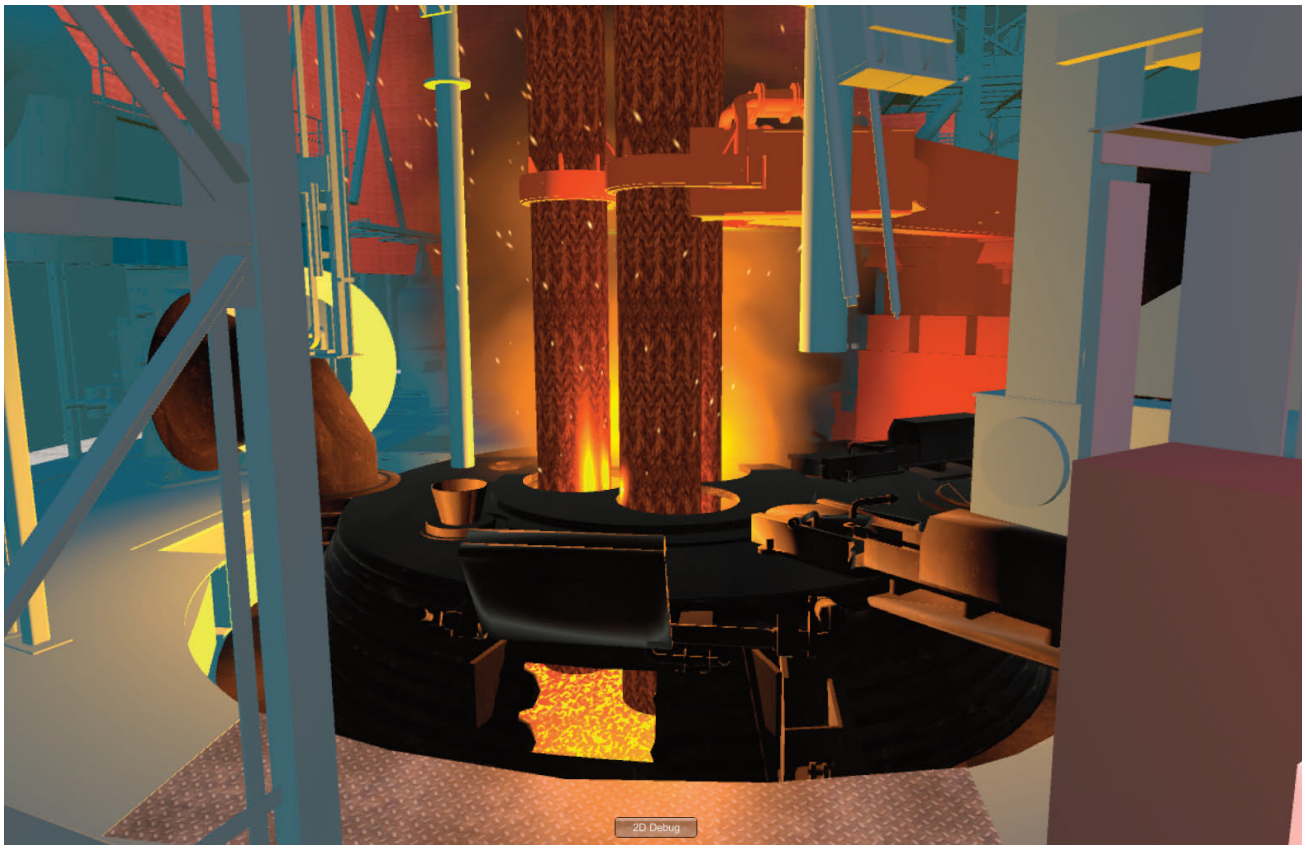
Также сотрудники «Северсталь-инфокома» планируют интегрировать тренажер виртуальной реальности в портал «Мое обучение и развитие». За успешно пройденный тренинг подручные сталевара получат баллы, которые будут отображены в Личном кабинете сотрудника.

Елена Погодина, старший менеджер управления по привлечению и развитию персонала дирекции по персоналу «Российской стали»: «Виртуальный формат обучения позволяет максимально вовлечь сотрудника и добиться высоких результатов. В таком пространстве не страшны ошибки, цена которых в реальном мире равна человеческим жизням. Кроме того, благодаря максимальной степени детализации, в трехмерном мире можно достоверно показать процессы, которые невозможно увидеть в реальных условиях».

Подобные VR-тренажеры могут применяться и в наработке навыков управления различными системами производства – к примеру, энергоблоком атомной электростанции. Технология «виртуального пульта управления» позволяет в автоматическом режиме из проектной базы данных создавать различные конфигурации виртуальных мозаичных панелей и пультов, являющихся аналогом реального блочного пульта управления. Все активные мозаичные элементы подключены к полномасштабной математической модели энергоблока, что позволяет воспроизводить на виртуальном блочном пункте управления все проектные режимы, возможные на атомной станции. Данная технология может быть применима для решения задач верификации и валидации человеко-машинного интерфейса, в части мозаичных панелей пультов, а также для представления заказчику готового решения уже спроектированного, но еще не изготовленного в железе блочного пульта управления.

Компьютерная программа демонстрирует интерактивные изображения фабрик «Карельского окатыша»

Чтобы максимально точно воссоздать облик установки «печь-ковш» № 2 и скопировать действия подручного сталевара, сотрудники «Северсталь-инфокома» снимали и фотографировали реальный производственный процесс




Скриншот из программы виртуального тренажера, «Северсталь-инфоком»

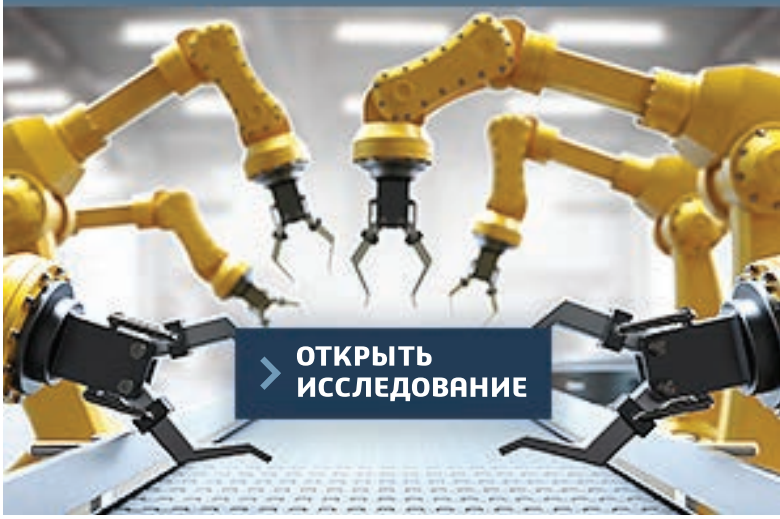
Глобальная цифровая революция стремительно меняет экономику, подталкивая производителей к изменению привычных подходов к управлению, производству, контролю, созданию продуктов и оказанию услуг. Мы рассмотрели лишь малую долю изменений, которые происходят прямо на наших глазах. Работа идет по всем направлениям: цифровые двойники производств и безлюдные заводы, аддитивные технологии и автоматизированные системы управления данными, виртуальная реальность и искусственный интеллект. Реализация этих проектов на российских производствах позволит им действовать в рамках новой цифровой экономики в качестве полноправных участников, а включение данных технологических трендов в национальную программу развития станет им поддержкой и поможет обеспечить равные конкурентные условия.

DASSAULT SYSTEMES

**Цифровая трансформация и преемственность данных:**

4 революционных подхода для производственных компаний

Как цифровая транформация позволяет производителям коренным образом преобразовать процессы создания инноваций, изготовления, продажи и обслуживания своей продукции.




*Материал подготовлен на основании данных:*

*1) Развития цифровой экономики в России. Программа до 2035 года. 2) Цифровой скачок. АЛРОСА готовит концепцию цифрового рудника, «Вестник АЛРОСА», №7 (260) 2018; 3) Юрий Мурашко, Рудник большого ума, «Страна Росатом», 2018; 4) Вездесущая «цифра»: Роботы и цифровые технологи на предприятиях ОАК, «Горизонты», № 2/2017; 5) Сделано в «Газпром нефти», «Сибирская нефть» №8/155, октябрь 2018; 6) Блокчейн для «Приразломной»: применение технологии в логистике, Журнал «Сибирская нефть», 2018; 7) Горнорудный дивизион Госкорпорации «Росатом» впервые в России начал «цифровую» добычу урана, пресс-служба АО «Хиагда», декабрь 2018; 8) Руслан Ильясов: Люди – наш главный актив, «Электросталь» №45 (2027)/ 16 ноября 2018; 9) Олег Евтушенко: «Робоапокалипсиса не будет», Хайтек+, ноябрь 2018; 10) В «МРСК Сибири» оценили затраты на цифровизацию сетей в 300 млрд рублей, https://tass.ru, ноябрь 2018; 11) «Газпром нефть» представила первый роботизированный топливозаправочный комплекс, пресс-служба ПАО «Газпром нефть», ноябрь 2018; 12) Hyundai Motor Group приступает к разработке носимых проымшленных роботов-экзоскелетов, пресс-служба Hyundai, ноябрь 2018; 13) Алексей Чернобровцев, Группа «Черкизово» построила завод-робот, пресс-служба Группы «Черкизово», октябрь 2018; 14) «Нам очень нужен прорыв»: как Россия к 2025 году будет обеспечивать себя 3D-принтерами, Известия, октябрь 2018; 15) В НПО Энергомаш новая роль – руководитель цифровой трансформации, Пресс-служба НПО Энергомаш, октябрь 2018 16) Амина Тагиева, В виртуальном производстве: Северсталь будет обучать новых сотрудников при помощи VR-тренажера, пресс-служба ПАО «Северсталь», сентябрь 2018; 17) НПП «Респиратор» внедряет аддитивные технологии для создания новой техники, пресс-служба Ростех, август 2018; 18) «Мегионнефтегаз» расширяет сферу применения цифровых технологий, Пресс-служба ОАО «Славнефть-Мегионнефтегаз», май 2018; 19) Иван Моргунов, Как «Русатом – Аддитивные технологии» планирует завоевать рынок 3D-печати, Атомный эксперт, май 2018; 20) «ОДК-Сатурн» внедряет инновационные принципы проектирования, пресс-служба Ростех, апрель 2018; 21) Первый замминистра энергетики рассказал о ключевых компетенциях «энергетики будущего», minenergo.gov.ru; апрель 2018; 22) НПО Энергомаш будет использовать аддитивные технологии при производстве жидкостных ракетных двигателей, Пресс-служба Госкорпорации «Роскосмос», март 2018; 23) Денис Мантуров: Остаться в стороне от глобальных процессов нельзя – важно занять место в их авангарде, Минпромторг, февраль 2018; 24) На пилотной площадке «Хиагды» может быть запущен проект «Умный рудник», «Страна Росатом», январь 2018; 25) Владимир Якушев обсудил развитие цифровой экономики в Тюменской области с представителями IT-компаний, Пресс-служба Губернатора Тюменской области, декабрь 2017; 26) Официальный сайт Русатом - Аддитивные технологии https://www.rusatom-additive.ru/*

ВСЕРОССИЙСКАЯ ПРЕМИЯ 2018

# Производительность труда: Лидеры промышленности России – 2018

## Итоговый обзор

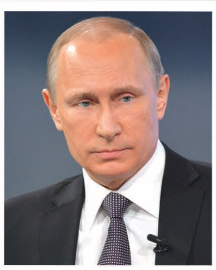
Определены лидеры производительности страны, регионов и ключевых отраслей

**5000+**
изучено предприятий

**50%+ ВВП РОССИИ**
выручка участников

Задача повышения производительности труда стала общенациональным проектом

Сергей Жишкевич,
главный редактор Делового портала «Управление производством»



Правительству обеспечить рост производительности труда не ниже 5% к 2024 году

Владимир Путин,
Президент Российской Федерации

## Лидеры отраслей

**ТОП-100:** Машиностроение
**ТОП-70:** Металлургия
**ТОП-50:** Радиоэлектронная
**ТОП-30:** Приборостроение
**ТОП-100:** Пищевая
**ТОП-70:** Химическая
**ТОП-45:** Энергетика
и другие номинации

Деловой портал «Управление производством» – Сообщество производственных менеджеров №1 в России www.up-pro.ru

Управление производством

Скачать итоги бесплатно:
http://www.up-pro.ru/specprojects/lidery/

# ЦИФРОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ИЗДЕЛИЯ

В условиях высокой конкуренции все большее значение для компании имеет снижение себестоимости и повышение скорости разработки и вывода продукта на рынок. В помощь производителям сегодня предлагается целый арсенал инструментов, способных упростить эту задачу, повысить качество работы, снижая при этом риск совершения ошибок.

На страницах спецвыпуска «Цифровое производство: сегодня и завтра российской промышленности» заместитель директора по развитию ГК «ПЛМ Урал» рассказывает о взаимосвязи управления качеством (QMS) и управления жизненным циклом изделия (PLM) и предлагает рекомендации по выстраиванию иерархии информационных систем и помодульному внедрению QMS.

А руководитель проекта «Цифровая экономика» службы заместителя управляющего директора – директора по экономике и финансам ПАО «ОДК–Сатурн» представляет опыт предприятия по цифровизации на всех этапах жизненного цикла изделия, рассказывает об обеспечении непрерывного потока информации между всеми участниками цепочки от разработки до производства, об эффективном взаимодействии клиента и поставщика и о том, для чего нужны умные продукты и интернет вещей.

# Место систем автоматизации СМК в ИТ-ландшафте предприятия

**Управление требованиями к изделию начинается уже на ранних стадиях проектирования – такой подход позволяет согласовать всю необходимую информацию, обеспечить эффективное взаимодействие разработчиков и избежать ошибок или по крайней мере обнаружить их на самых ранних этапах процесса разработки изделия. Затем на стадиях подготовки производства и самого производственного процесса необходимо обеспечить верификацию и валидацию этих требований, потому так важно рассматривать системы управления качеством (QMS) и системы управления жизненным циклом изделия (PLM) в интеграции с системной инженерией – к этой теме мы обращались не раз [1]. Впрочем этот вопрос носит концептуальный характер, а в следующей статье мы сконцентрируемся на конкретных задачах, решаемых QMS-системой при взаимодействии с другими ИТ-системами предприятия.**

Павел Ведмидь, к.т.н., заместитель директора по развитию ГК «ПЛМ Урал»

Понятие «автоматизация» вынесено в заголовок не случайно: в отечественной практике устоялся термин СМК – система менеджмента качества, под которым понимают «совокупность организационной структуры, методик, процессов и ресурсов, необходимых для общего руководства качеством» (определение Википедии). Таким образом, QMS-системы призваны автоматизировать СМК, это программное обеспечение для автоматизации СМК.

## Иерархия производственных систем

Иерархию информационных систем предприятия определяет стандарт ISA 95, разработанный ассоциацией MESA.

На верхнем уровне (уровне 4, рис. 1) располагаются системы бизнес-уровня (Управление предприятием, работа с заказами, работа с поставщиками – ERP; конструкторская и технологическая подготовка производства – классическую трактовку CAD/CAM/CAE в последнее время включают в понятие PLM). Уровни 1-2 – это уровни систем управления оборудованием (как отдельными станками, так и комплексами). Уровень 3 (MOM – Manufacturing Operations Management, управление производственным процессом) предназначен для связи бизнес-уровня и уровней систем управления (дискретной автоматизации). Принципиально важно, что на уровнях 1-3 управление осуществляется в режиме реального времени (рис. 1).

Для задач, решаемых на уровне 4, аналитическая компания LNS ввела термин EQMS (Enterprise QMS – система управления качеством для предприятия) [2]. Оперативное же управление качеством располагается на уровне 3, уровне управления производством, т.е. входит в MOM. Разделение задач между уровнями 3 и 4 как раз и обусловлено тем, что задачи уровня 3 выполняются в режиме реального времени. Системы класса QMS обычно включают функционал обоих уровней.

## Цикл Деминга как основа построения QMS-систем

Системы управления качеством тесно связаны с циклом Деминга, или циклом PDCA (аббревиатура от PLAN-DO-CHECK-ACT; существует несколько вариантов перевода, в нашем варианте: Планируй – Делай – Проверяй - Внедряй). Модули системы QMS Professional от компании Siemens PLM Software в привязке к циклу Деминга мы отобразили на рисунке 2.

Система является модульной; рисунок подчеркивает, что разные модули системы работают на разных стадиях цикла Деминга, а также то, что цикл является замкнутым, т.е. после стадии Внедряй информация снова используется на стадии Планируй. Это полностью соответствует концепции непрерывного совершенствования качества, лежащей в основе всех стандартов менеджмента качества. Если сопоставить рис.1 и 2, то отметим, что на уровне 3 (Управление производством) работают модули стадии Делай: Входной контроль, Выходной контроль, Статистический контроль процессов и некоторые другие.

Рассмотрим взаимодействие этих модулей с другими стадиями менеджмента качества более детально. Отметим, что замкнутость цикла качества и связь QMS с системами ERP, PLM, MES подчеркивает и организация MESA [3]. QMS интегрируется с существующей системой управления предприятием (ERP), системой управления жизненным циклом продукции (PLM), системой управления производством (MES) и дополняет их для поддержки управления рисками, обеспечивая непосредственный

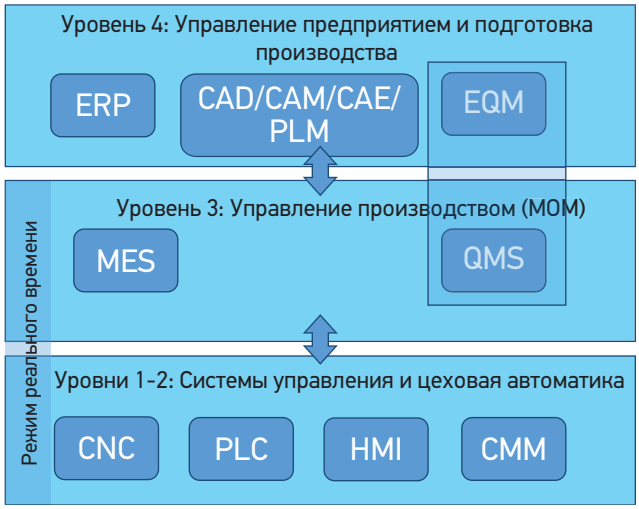



Рис. 1. Иерархия производственных систем по ISA 95

доступ к информации о производстве и качестве продукции компании. Это также помогает поддерживать бесшовную интеграцию систем и выравнивание основных данных (master data) по функциям. Она контролирует все процессы корпоративного управления и производства, а также их соответствие стандартам, законам и другим руководящим материалам. Поддерживается весь спектр методов и практик управления качеством в единой согласованной системе, таких как расширенные планирование качества (APQP), планы контроля, управленческий аудит, анализ причин и последствий отказов (FMEA), управление планами испытаний (IPM), управление рекламациями (CCM), статистический контроль процесса (SPC) в процессе производства,

Рис. 2. Модули QMS Professional в привязке к циклу Деминга

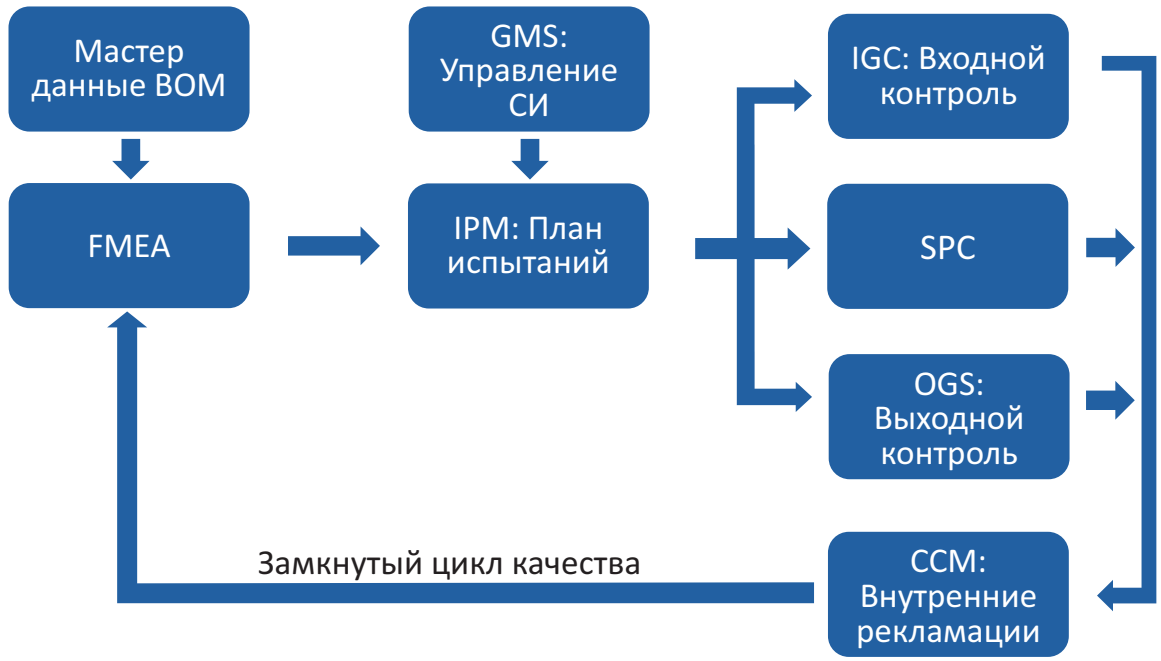



Рис. 3. Набор модулей для реализации замкнутого цикла качества

управление гарантией, управление прослеживаемостью, входной и выходной контроль изделий и интегрированный процесс управления задачами и исполнителями.

В качестве одной из задач замкнутого цикла качества указывается его связь с методами Бережливого производства (Lean), весьма популярными на наших предприятиях. Однако в нашей стране эти методы обычно не ассоциируются с использованием ИТ-технологий, на что мы уже обращали внимание в работе [4].

## Взаимодействие модулей системы QMS Professional

Хочется обратить внимание предприятий, которые уже столкнулись со сложностями при внедрении ERP- или PLM-систем, что QMS-системы внедряются проще. Причем сами разработчики рекомендуют внедрять продукт помодульно, чтобы функционал последующих модулей опирался на уже внедренные. Некоторые модули системы могут работать автономно, некоторые имеют смысл только после внедрения других модулей.

Например, анализ рисков и последствий потенциальных отказов может работать независимо от других модулей, а динамический входной контроль связан с планированием контроля и оценкой поставщиков, которая в свою очередь связана с анализом рекламаций.

Рассмотрим набор модулей, с которого, на наш взгляд, можно начать внедрение QMS-системы (рис. 3).

Модуль QMS FMEA – Анализ видов и последствий потенциальных отказов (российские термины – АВПО/АВПКО) – позволяет учесть возможность возникновения ошибок производства и последствия этих ошибок, т.е. их критичность для заказчика/покупателя или последующих стадий производственного процесса. Он выполняется на стадии проектирования, с точки зрения цикла PDCA – на стадии Планируй. При этом выделяются DFMEA – анализ конструкции, и PFMEA – анализ процесса. Этапы PFMEA совпадают с этапами плана управления (Control plan). На основе плана управления создаются планы контроля/испытаний (Inspection plan), которые далее будут использоваться на стадиях входного, промежуточного или выходного контроля, а также при статистическом анализе процессов.

Создание FMEA с помощью специализированного ПО позволяет структурировать этот процесс, организовать работу в команде, обеспечить обмен данными между модулями, исключить двойную работу. Кроме того, стандарт ISO9001:2015 сильно развил эту тему, и теперь предписывается многоуровневый FMEA (со взамовлиянием уровней). Это нельзя сделать привычными способами, а в QMS такое влияние можно обеспечить. На основании структуры изделия (на рисунке 3 BOM – Bill of Material) можно создавать структуру функций и возможных отказов, требуемых по методике FMEA прямо в Teamcenter. Функционал модуля FMEA позволяет непосредственно на структуре отказов задавать их взаимовлияние.

Модуль QMS IPM – Планирование испытаний (по российской терминологии – карты контроля) – является центральным элементом всего решения QMS по управлению качеством. В модуле описываются критерии контроля качества всех бизнес-процессов и продукции, на базе которых создается план конт-

роля качества производства. В результате данные будут храниться не в бумажном, а в электронном виде, и пригодны для дальнейшей обработки. План испытаний (контроля) связывает производственный заказ с соответствующей технологией контроля.

Модуль QMS IPM позволяет выбирать 3D-аннотации для конкретных операций контроля на основе CAD-файла, полученного, например, из системы проектирования NX.

Атрибуты 3D-аннотаций используются для формирования Списка характеристик (Bill of Characteristics), который далее используется в инструкциях плана испытаний. Соответствующий графический эскиз может выводиться в карту контроля (рис. 4). Этот функционал расширяет подходы безбумажного проектирования на стадию производства.

Модуль QMS IPM при создании планов испытаний (карт контроля) задает конкретные средства измерений. При этом используются данные модуля GMS – Управление средствами измерения. В модуле GMS при необходимости проводится анализ уровня воспроизводимости, требуемый некоторыми стандартами (например, ISO TC16949). Также модуль позволяет управлять поверками и калибровками средств измерения, а также улучшит документирование деятельности по учету и обслуживанию средств измерения, повысит прозрачность и прослеживаемость на протяжении всего ЖЦ измерительных инструментов.

Планы испытаний (карты контроля) далее используются производственными модулями для проведения измерений. Контролер при работе видит подсказку, что нужно измерять в конкретный момент времени. Реакция системы может настраиваться, например, запрещать повторные измерения или анализировать введенные данные на предмет обмера одного и того же изделия вместо партии. Кроме этого, в дополнение к программным продуктам в состав системы может входить специально разработанная аппаратура: контрольно-измерительные станции (стенды), системы сигнализации. Передача данных со средств измерения может реализовываться как через импорт файлов данных, так и на основе драйвера (сервиса), когда данные измерения сразу по мере появления поступают в систему управления качеством. Второй путь – это основной путь реализации функции мониторинга (отслеживание состояния) процессов и реализации своевременного реагирования на нежелательный тренд контрольных параметров. Этот подход используется в модуле статистического анализа процессов (SPC).

Еще одна возможность, которую стоит упомянуть – это динамический входной контроль (в модуле QMS IGS). В зависимости от рейтинга поставщика поддержание уровня качества может обеспечиваться с помощью автоматического понижения/повышения интенсивности выборочного контроля, регулирования объемов выборки. Здесь мы подошли к использованию модуля анализа несоответствий (рекламаций) QMS CCM, через который замыкается цикл качества (рис. 3). По данным этого модуля отслеживается и корректируется рейтинг поставщиков. Также модуль позволяет планировать корректирующие и предупреждающие действия для устранения проблемы, в том числе корректировать данные FMEA для учета реального уровня несоответствий.

Важной функцией модуля управления несоответствиями являются встроенные методики поиска корневых причин дефектов. К ним относятся диа-

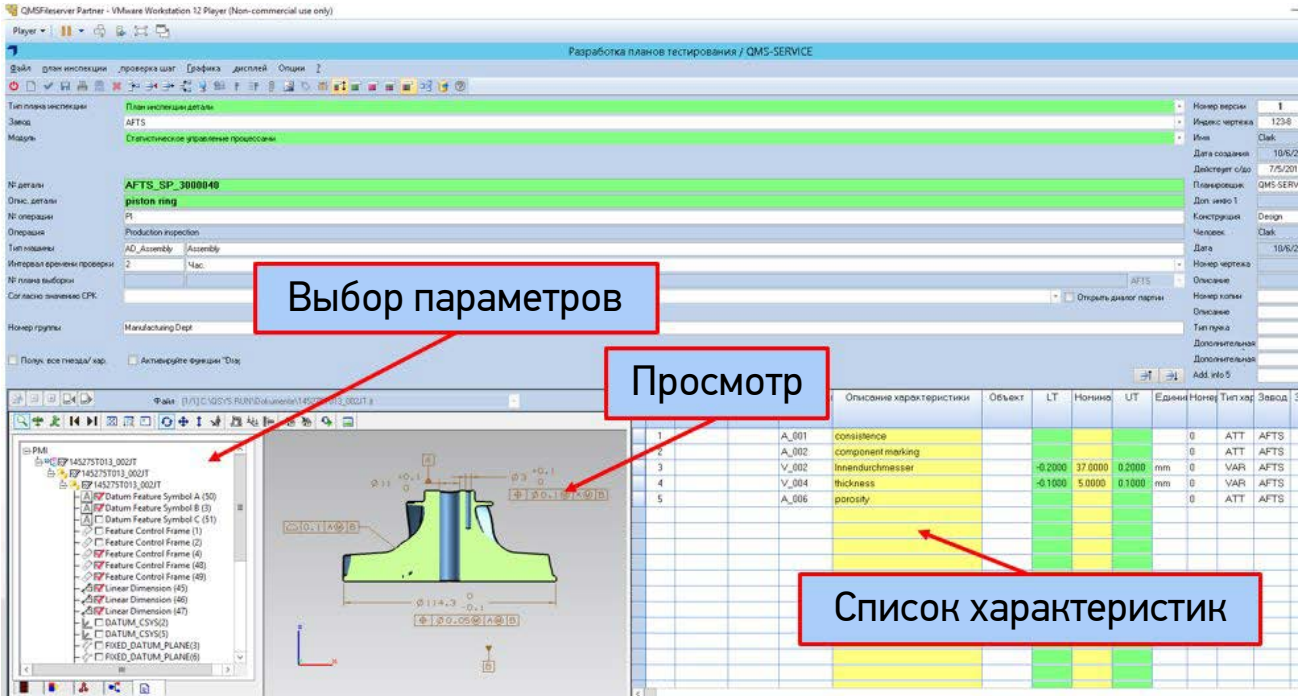



Рис. 4. Работа с PMI-данными в модуле планирования испытаний системы QMS Professional

грамма Ишикавы, методики 8D и «5 Почему». Решение по управлению несоответствиями (претензиями) эффективно обеспечивает обмен данными в режиме реального времени. Процессы работы с претензиями позволяют принимать незамедлительные меры, направляя соответствующую информацию в службы предприятия.

## Заключение

Эффект от внедрения модулей QMS Professional увеличивается по мере роста числа внедренных модулей. Это достигается за счет централизованного хранения информации о качестве, устранения двойного/тройного ввода данных, устранения ошибок при переносе данных с бумажных носителей, унификации процессов, организации своевременного уведомления/ контроля ответственного персонала, автоматического (где возможно) ввода данных с измерительного оборудования.

Внедрение QMS-систем требует проектного подхода и определенного набора методик, которые используются при реализации комплексных PLM-проектов. С предлагаемыми подходами и методиками можно познакомиться в статье «Почему внедрение новых технологий PLM происходит медленно», представленной в спецвыпуске «Цифровое производство: сегодня и завтра российской промышленности» №2 (2017). [5].

*Литература: 1. Ведмидь П.А., Власов В.Н. PLM и системы менеджмента качества // САПР и Графика, 2017, №4, С. 66-69. 2. Manufacturing Operations Management: Best Practices Guide // LNS Research, 2013, 3. 8 Examples of How a Closed-loop Quality System Should Function 4. Бережливое производство в эпоху цифрового производства / Ведмидь П.А. // Управление производством, 2017, №5, С. 6-10. 5. Почему внедрение новых технологий PLM происходит медленно? / Ведмидь П., Щейников С. // Цифровое производство, 2017, №2, С. 43-49.*

***Диаграмма Ишикавы*** *(причинно-следственная диаграмма, «рыбья кость») – графический метод анализа и формирования причинно-следственных связей для систематического определения причин проблемы; по внешнему виду напоминает рыбий скелет, из-за чего и получила свое название. Диаграмма Исикавы позволяет визуализировать и провести категоризацию потенциальных причин существующей проблемы: источники проблемы могут корениться в материалах, оборудовании, методе, человеке, управлении, среде, измерительных методах. При анализе не обязательно использовать все семь категорий; ненужные элементы могут опускаться в зависимости от характера проблемы. Каждая из основных категорий (причин) может быть разделена на более подробные причины, которые в свою очередь могут разбиваться на еще более мелкие и так далее.*

***Методика 8D*** *(Eight Discipline, «восемь дисциплин») – инструмент определения коренных причин несоответствий, разработки и внедрения корректирующих действий, способных предотвратить повторное появление проблемы. Состоит из восьми шагов, позволяющих подробно проработать проблему, от чего и получил свое название.*

***«5 Почему»*** *– метод поиска коренной причины существующей проблемы. Сущность метода заключается в том, что к исходной проблеме задается вопрос «Почему это произошло (происходит)?». К выявленной причине снова задается вопрос «Почему?» и так далее, пока логическая цепочка не приведет к первопричине проблемы. Название метода условно, вопрос «почему» может задаваться более или менее пяти раз.*

PLM УРАЛ

Справка о компании

Группа компаний «ПЛМ Урал» специализируется на внедрении передовых CAD/CAE/CAM/CAI/PLM-решений, предназначенных для цифрового сопровождения изделия на всех этапах его жизненного цикла, а также на их интеграции с системами управления производством (MES) и системами управления качеством (QMS). Дополнительной специализацией ПЛМ Урал является поставка координатно-измерительного оборудования, лазерных трекеров, оптических 3D-сканеров.

ГК «ПЛМ Урал» была основана в 1993 году и за 25 лет работы зарекомендовала себя в качестве надежного партнера для промышленных предприятий и проектных организаций, а также промышленных корпораций РФ (Оборонпром, ОДК, Вертолеты России, Росатом, ОАК, Трансмашхолдинг, Русгидро, Роскосмос). Компания является официальным дилером ведущих мировых разработчиков программного обеспечения Autodesk, Siemens PLM Software, ANSYS, ESI Group, КванторФорм и др.

Инжиниринговый центр ГК «ПЛМ Урал» оказывает услуги по выполнению компьютерных инженерных расчетов и анализу производственных технологий, услуги для программирования станков с ЧПУ и измерений на КИМ, обучение работе в программном обеспечении.

# QMS Professional

## Система управления качеством для предприятий сложного машиностроения

### ГК «ПЛМ Урал» предлагает услуги по реализации комплексного PLM-решения

Успех производственных предприятий полностью зависит от качества выпускаемой продукции. Эффективное управление качеством приводит к постоянному снижению себестоимости и способствует созданию высококачественной продукции, полностью удовлетворяющей потребности заказчика.

Полнофункциональная система управления качеством QMS Professional от Siemens PLM Software помогает справляться с растущей сложностью производства и соответствовать самым высоким стандартам качества.

ГК «ПЛМ Урал» занимается поставкой и внедрением комплексных решений по автоматизации инженерной подготовки производства, а также их интеграцией с системами менеджмента качества и управления производством.

**Подробнее на сайте qms.plm-ural.ru**

PLM УРАЛ

Solution Partner PLM SIEMENS

# Зачем нужны «умные» продукты и сотрудники: ОДК-Сатурн о цифровом сопровождении жизненного цикла изделия

**Ключевым фактором конкурентоспособности, влияющим на сроки вывода на рынок новых продуктов, на стоимость разработки, последующего серийного производства и владения газотурбинным двигателем, является (и будет продолжать увеличивать свое влияние) процесс цифрового проникновения во все этапы жизненного цикла изделия. Об основных задачах цифровизации производства в газотурбинном двигателестроении, об истории развития цифрового «Сатурна» и о том, почему производство должно стать гибким, рассказывает руководитель проекта «Цифровая экономика» ПАО «ОДК–Сатурн» Павел Бехер.**

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

## Ключевые задачи цифровизации производства

Сложившийся метод разделения производства изделий по технологическим компетенциям 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 реализация только этого блока цифровизации авиапрома не дает должного эффекта. При этом уровень финансовых и человеческих затрат на внедрение ИТ-систем класса ERP, учитывая масштабы авиационных предприятий, количество технологических переделов и кооперационные связи, достаточно высок. Наличие ERP-системы на предприятии является базовым условием для реализации концепции цифрового производства. Но конкурентная борьба ставит новые вызовы.

Первой задачей стоит сокращение цикла разработки изделия и вывода его на рынок. Апробированная практика ПАО «ОДК–Сатурн» на примере двигателя SaM146 показала, что создание цифрового проекта, использование высокопроизводительных вычислений для инженерных расчетов газодинамики, термодинамики, напряжений, прочности и т. п. позволили сократить сроки разработки двигателя от привычных для отрасли 25-30 лет до 8 лет при существенном снижении материальных затрат на натурные испытания. Так, только цифровизация процесса разработки новых изделий позволила компании сэкономить более 200 млн долларов за последние 10 лет. Однако этот «прогресс» уже является стандартом де-факто для западных компаний

и не дает конкурентного преимущества. При этом цифровой продукт является базисом, который обеспечивает цифровизацию производства, определяет принципиальную возможность перехода в цифровую эру.

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 цикл, затраты) по 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 на цеховом полу 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 модели двигателя и его реального поведения в реальных условиях, также является задачей формирования и анализа больших данных (Big Data), формируемых с помощью индустриального интернета. Западные компании (одну из лидирующих позиций в секторе ГТД занимает General Electric) 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 в газотурбинных двигателях ПАО «ОДК–Сатурн» используются детали, изготовленные с помощью аддитивных технологий (метод послойного спекания). В 2017 году был проведен конкурс по перепроектированию кронштейна двигателя с учетом передовых методов проектирования с помощью высокопроизводительных оптимизационных расчетов. Победитель продемонстрировал возможность шестикратного снижения массы детали при сохранении необходимых параметров статических и динамических нагрузок. Нужно отметить, что для реализации подобных задач ис-

ПАО «ОДК–Сатурн»

пользование оптимизационного моделирования (используя высокопроизводительные суперкомпьютерные вычисления) 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 ставят 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.

## История развития цифрового «Сатурна»

ПАО «ОДК–Сатурн» объединило в одном юридическом лице функции производства и разработки новой продукции. Это определило особенности создания цифровой среды предприятия, которая позволила объединить усилия в создании единой информационной среды от разработки продукта через производство до поддержки в эксплуатации, то есть реализовать все процессы жизненного цикла изделия – газотурбинного двигателя.

ПАО «ОДК–Сатурн» уже почти 20 лет движется в сторону создания цифрового предприятия. В течение этого времени наиболее активно развивались направления создания и внедрения систем управления деятельностью предприятия, конструкторской и технологической подготовкой.

Уже в 2001 году последний кульман покинул рабочее место конструкторов – все проектирование ведется в электронных системах. В конструкторской подготовке используется интегрированная система управления данными изделия (Product Data Management System – PDM).

Важным фактором успеха предприятия является использование высокопроизводительных инженерных расчетов. Как было упомянуто выше, этот опыт позволил серьезно сократить цикл выхода двигателя SaM146 на рынок и уменьшить затраты на опытные образцы изделия. Сейчас эти практики широко применяются для всей линейки продукции ПАО «ОДК–Сатурн». Таким образом, вся современная продукция предприятия оцифрована в облике «as-designed» (как разработано).

Системы конструкторско-технологической подготовки являются источником нормативных данных для системы планирования и контроля производства (спецификации, нормативы, маршруты и т. п.), систем бюджетирования и оценки затрат. Существующая система управления производством реализована собственными силами предприятия. В настоящий момент принято решение о ее модернизации и замене на новое тиражное решение. Ожидается, что новая система позволит охватить все уровни управления от среднесрочного уровня до непосредственного выполнения внутри цеха.

Значительным продвижением в деле модернизации организационной деятельности предприятия стало внедрение процедуры среднесрочного планирования производства. Она стала дополнением к классическим алгоритмам MRP-расчетов, используемым на предприятии, т. к. позволила оценивать реальную пропускную способность производственных подразделений. Приведение производственных планов к возможностям цехов дало возможность стабилизировать работу, скоординировать планы развития, модернизации оборудования, найма персонала с потребностями цехов для выполнения запланированных заданий. В итоге производственные подразделения смогли планомерно работать над повышением пропускной способности, что в итоге положительным образом сказалось на финансовых результатах компании. Ежегодный рост выручки ПАО «ОДК-Сатурн» за последние три года составляет 20-30 %, при существенном увеличении оборачиваемости используемого капитала.

Переход к внутрицеховому управлению, созданию MES-систем требует использования средств индустриального интернета (IIoT). Очевидно, что для правильного принятия решений необходим сбор информации в ежесекундном режиме. На предприятии принято решение о запуске проекта по созданию системы мониторинга станочного парка. Подобные системы позволяют интегрироваться ИТ-системам со стойками ЧПУ станков и в режиме реального времени отображать информацию о ключевых параметрах работы станка, выполняемых управляющих программах. Соответственно такая информация полезна для контроля выполнения производственных заданий и дает возможность выходить на прогнозирование обслуживания оборудования, грамотного

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

проведения ремонтных и превентивных работ.

Системы управления парком изделий в эксплуатации также используются на предприятии, но ориентированы, в первую очередь, на ремонт изделий (контроль наработки, ресурсов). Сейчас предприятие запустило пилотный проект по удаленному мониторингу изделий в эксплуатации. Первым применением стал мониторинг наземной газотурбинной установки. Специалисты предприятия получат доступ в режиме онлайн к параметрам работающей ГТУ, что позволит получить реальную картину эксплуатации. Накопленные данные и средства их анализа (Big Data и Data Science), опыт разработчиков предприятия позволят создать цифровой двойник изделия в эксплуатации. Цифровой двойник продукта дает возможность прогнозировать состояние изделия для определения превентивных мер, планировать ремонтные работы по реальному состоянию, а не регламенту, и следовательно, снизить издержки на поддержание избыточного запаса дорогостоящих запасных частей на складах, а также предложить нашим заказчикам наиболее эффективные циклы работы двигателя и менее затратную концепцию его обслуживания.

## Расширяя традиционные границы бизнеса

Особенности российской авиационной отрасли в целом и газотурбостроения в частности демонстрируют некоторое отставание в цифровизации от наших западных конкурентов. Это означает, что для сохранения конкурентоспособности мы должны начать серьезно инвестировать в новую цифровую базу производства и привлекать новые кадры с новыми специальностями, навыками и компетенциями для реализации задач цифровизации производственных компаний по всем направлениям.

Положительный опыт мировых газотурбинных производителей (например, General Electric, Siemens) демонстрирует огромные перспективы, включая создание новых источников прибыли. Не случайно практически все гиганты индустрии создали свои Digital-подразделения или SPV-компании, которые уже реализовали целый ряд проектов по успешному применению цифры в бизнесе.

Российские предприятия авиационной отрасли обязаны уже сейчас реализовать проекты цифровых двойников продуктов и производства для сохранения своего присутствия на мировом рынке, это позволит не только снизить издержки и повысить операционную эффективность, но и расширить традиционные границы бизнеса, предложив заказчикам принципиально новые продукты и услуги. Нам уже сегодня нужны «умные» (smart) продукты, сотрудники и менеджмент, оперирующие понятиями цифровой экономики; производства должны стать гибкими, быстрыми, эффективными и цифровыми. Не сделавшие этот шаг уже в ближайшее время вынуждены будут покинуть рынок.

*Благодарим редакцию корпоративного ежемесячника «Сатурн» ПАО «ОДК-Сатурн» за предоставление данного материала.*

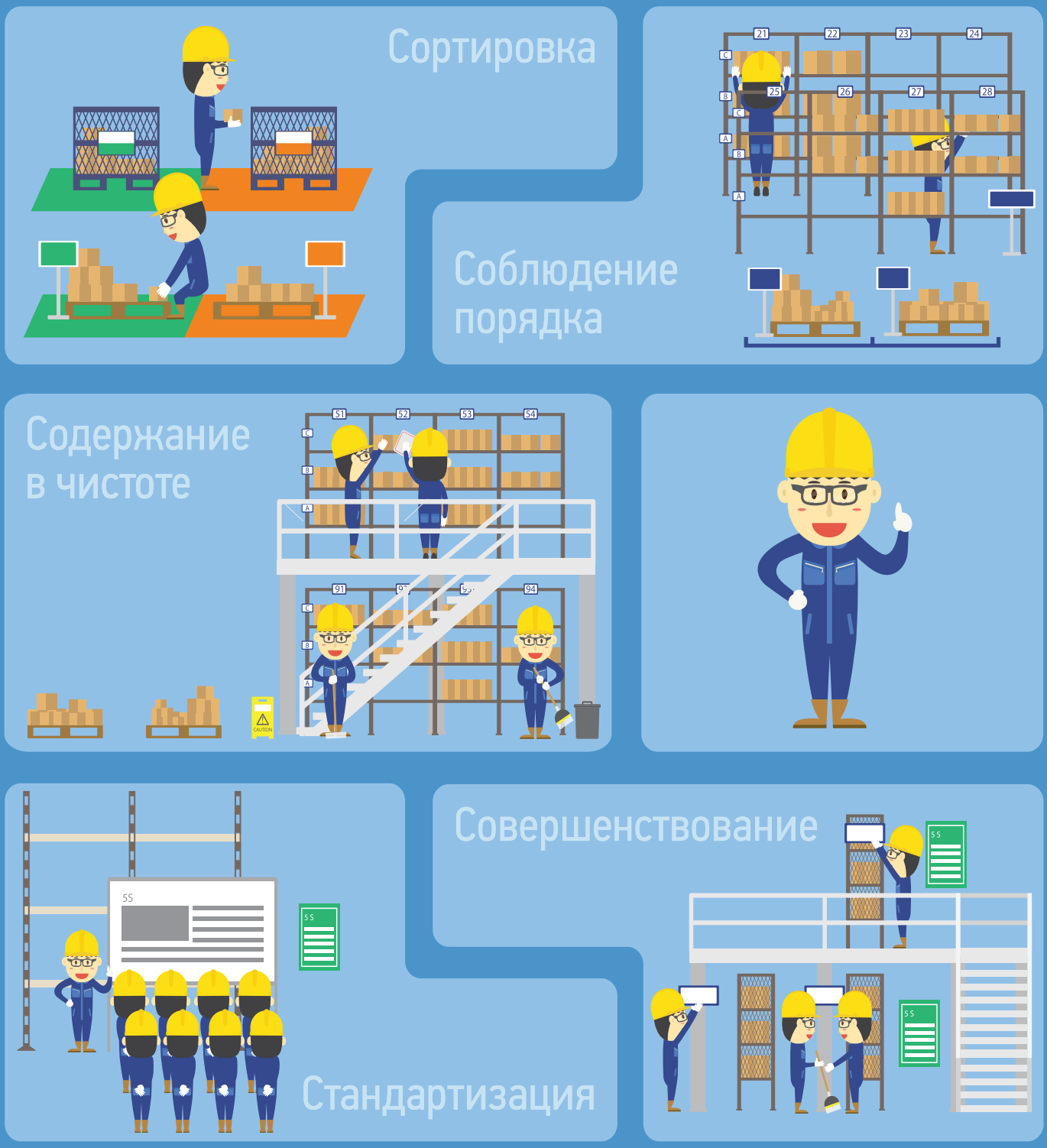
# 5S: ПРАКТИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО ПО ВНЕДРЕНИЮ

ПРАКТИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО

**МАЙ 2018**

## в руководстве


- КАК НАЧАТЬ ПРОЕКТ? 7
- ОЦЕНКА РАБОЧЕЙ ЗОНЫ 19
- КОНТРОЛЬНЫЕ ЛИСТЫ 41
- ПРОВЕРКА ЗА 1 МИНУТУ 64



Узнать больше
на www.up-pro.ru

PDF

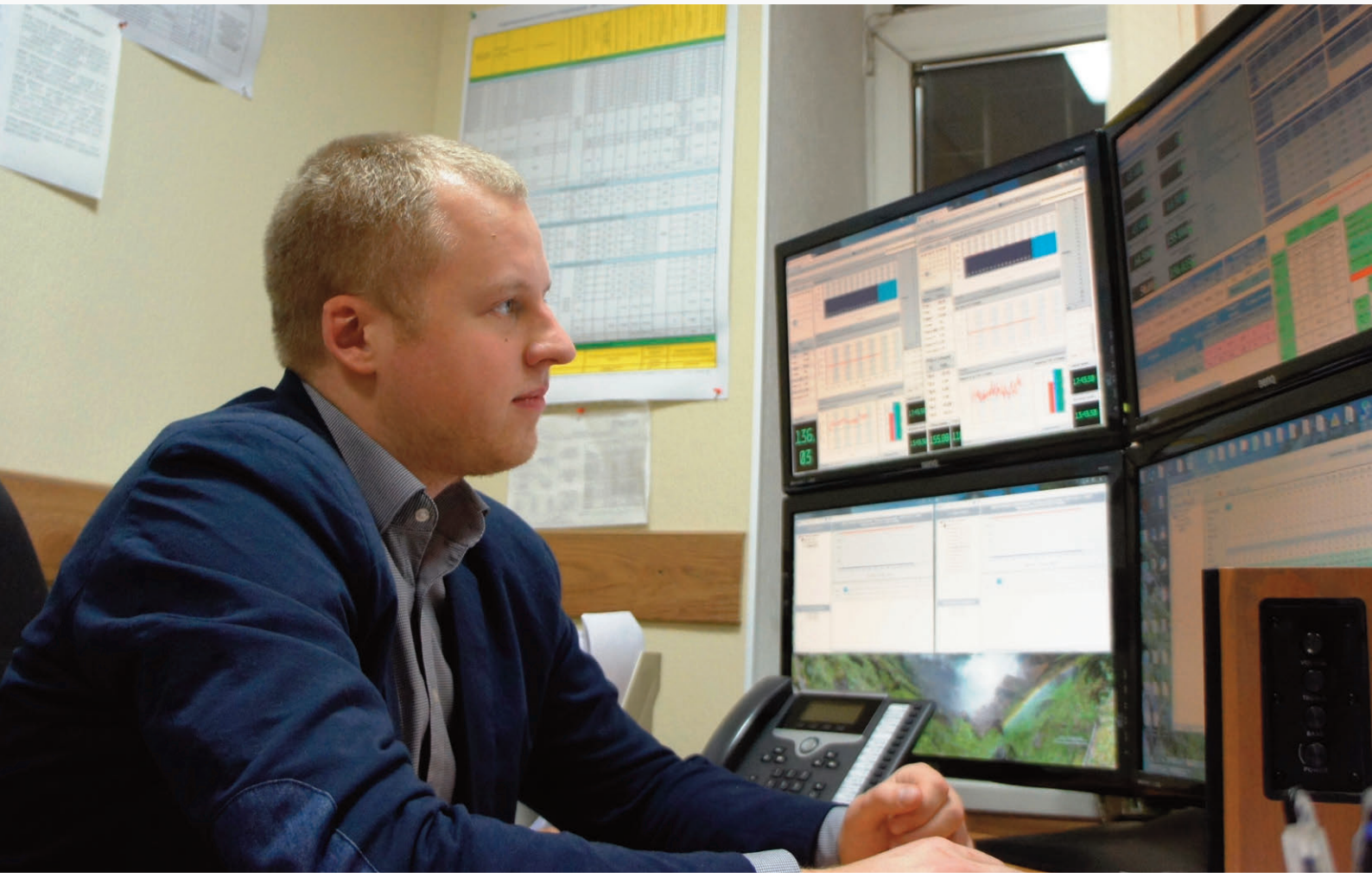
Демо-версия

# ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОБОРУДОВАНИЯ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА

Оснащения цеха современным высокопроизводительным оборудованием недостаточно для того, чтобы обеспечить его эффективную работу в оптимальном режиме, а каждая минута простоя влечет для производителей огромные потери. Как добиться бесперебойной работы оборудования? Как согласовать новые технологии с существующей производственной системой и действующим парком оборудования?

«Томская генерация» рассказывает о том, как интеграция с передовыми компьютерными технологиями позволяет оперативно собирать и обрабатывать технологические данные со всех станций, определять оптимальные режимы работы оборудования и осуществлять планирование, исключая влияние человеческого фактора. А Новочеркасский электровозостроительный завод (НЭВЗ) делится собственным опытом повышения эффективности оборудования за счет управления данными в режиме реального времени.

# Как интегрировать «цифру» в производство: «Томская генерация» о внедрении автоматизированной системы управления данными



**Цифровизация промышленности ставит перед производителями новые задачи: как обеспечить плавный переход, какие сложности могут встретиться на этом пути, как согласовать новые решения с существующей производственной системой, действующим парком оборудования, принятыми практиками работы. «Томская генерация» дает свой ответ на вопрос: как быть с оборудованием, установленным еще до всеобщей компьютеризации, но продолжающим надежно работать? Повысить точность получаемых показателей и оперативность принятия верных управленческих решений компании поможет комплексная автоматизированная информационная система сбора данных.**

Фото: **Артем Пелымский, диспетчер отдела коммерческого диспетчирования АО «Томская генерация», отслеживает данные о работе основного оборудования, получаемые со всех станций компании.**

Благодарим пресс-службу АО «Томская генерация» за предоставление данного материала.

Лет 20 назад, на заре появления доступных персональных компьютеров в эпоху Pentium-133, многие из нас, видя возможности ЭВМ, предвкушали, что вот-вот, совсем скоро компьютеры прочно войдут в наш быт. «Умные» машины помогут любому человеку производить сложные математические вычисления, получать и обрабатывать массивы данных, общаться и развлекаться. Так и произошло. Аналогичные процессы в эти годы происходили и в промышленности: с конца 90-х вычислительные машины стали массово внедряться в рабочие процессы заводов, фабрик, предприятий. Сегодня современные производственные объекты немыслимы без компьютерного оснащения.

Но как быть с тем оборудованием, которое установили еще до всеобщей компьютеризации, а оно при этом продолжает надежно работать?

## Оптимальная стратегия реализации энергии

Ответ очевиден: необходима интеграция с передовыми компьютерными технологиями. Именно для этого в «Томской генерации» реализуется масштабный проект, который позволит оперативно собирать и обрабатывать технологические данные со всех станций, рассчитывать оптимальный состав оборудования и режимы его работы, автоматизировать расчеты расходов топлива при заданном отпуске электроэнергии и тепла, снижая и даже полностью исключая влияние человеческого фактора.

ГРЭС-2 обеспечивает тепловой энергией большую часть города Томска

Кроме того, разрабатываемая система позволит рассчитывать оптимальную стратегию реализации электрической и тепловой энергии, анализировать состояние балансирующего рынка и финансовые результаты работы предприятия за прошедшие сутки, готовить прогнозы сценариев работы на будущее, а значит, снизить финансовые риски компании.

«При внедрении столь сложной информационной системы мы не обошли вниманием и вопросы оптимизации затрат на ее дальнейшее сопровождение и эксплуатацию, – рассказывает Анатолий Воротников, начальник управления информационных технологий. – При проектировании архитектуры системы был проведен анализ двух возможных вариантов ее построения: распределенного и централизованного. С учетом имеющихся надежных каналов корпоративной сети передачи данных со всех станций до управления мы приняли решение о целесообразности построения системы с использованием централизованной архитектуры. Это позволит добиться значительной экономии на оборудовании, максимально оптимизировать структуру, минимизировать затраты на сопровождение как с точки зрения финансовых, так и человеческих ресурсов».

## Максимальный экономический эффект

«На данном этапе мы не ставим перед собой задачу обеспечить полную автоматизацию сбора всех технологических параметров, необходимых для расчета, – поясняет Евгений Вороновский, начальник производственно-технической службы СП ГРЭС-2. – Мы проводим частичную автоматизацию ручного труда операторов. Так, например, работа с системой предусматривает использование дигитайзеров – устройств, обеспечивающих оцифровку данных, представленных в виде диаграммных лент. Использование такого оборудования позволит существенно ускорить ввод в систему данных с лент, повысить точность ввода, снизить количество операторских ошибок. Кроме того, в рамках проекта проработаны также вопросы организации доступа к базам данных станционных систем АСУТП, частичной модернизации этих систем для получения оптимального набора исходных данных для проведения расчетов».

По мере организации передачи данных из закрытых станционных АСУТП и дооснащения станций дополнительными автоматизированными средствами измерения появится возможность дальнейшего развития создаваемого программно-технического комплекса. Цель – получение максимального экономического эффекта за счет организации оперативного расчета технико-экономических показателей, оперативного конт-

Турбина ПТ-140 на ТЭЦ-3, самая мощная в Томской области

роля пережогов, оперативной (ежечасной) корректировки режимов работы оборудования и, в случае необходимости, оперативной корректировки заявок при работе на балансирующем рынке.

«В части коммерческой диспетчеризации система позволит прогнозировать заявки на основе данных о режимах работы оборудования, выдавать рекомендации по корректировке режимов в реальном времени на основе ситуации на балансирующем рынке, – говорит Денис Невтисов, директор по трейдингу АО «Томская генерация». – А в части энерготрейдинга – обеспечит автоматизацию процессов, связанных с реализацией электрической энергии и мощности, с прогнозированием цен, учетом платежей, формированием документации, заявок и отчетов. Кроме того, предполагается получение дополнительного дохода от оптимизации загрузки и разгрузки оборудования».

## Уникальное решение для российской энергетики

Использование новой системы позволит повысить точность получаемых данных, снизит трудоемкость всех расчетов, даст возможность оценки влияния персонала на ключевые технико-экономические показатели (ТЭП). Автоматизируются расчеты и вырастет оперативность получения фактической информации, что, в свою очередь, повысит оперативность принятия верных управленческих решений.

«Конечно, внедряемые в АО «Томская генерация» решения сами по себе не являются абсолютно новыми для отрасли, – отмечает Алексей Бухаткин, заместитель генерального директора – технический директор АО «Томская генерация». – Системы расчета ТЭП, аналогичные внедряемой в Томске, уже успешно работают на многих объектах, на рынке есть также отдельные решения для автоматизации энерготрейдинга. Но такого комплексного решения, которое позволило бы увязать в единый комплекс для всей энергосистемы оперативные расчеты ТЭП и оптимизаторы режимов работы оборудования станций, модуль энерготрейдинга, а самое главное – действительно уникальный модуль коммерческой диспетчеризации, проектируемый подрядчиком на основе собственных наработок специалистов «Томской генерации», пожалуй, нет сегодня ни на одном из предприятий российской энергетики».

В 2019 году планируется завершить последний этап проекта. Общая стоимость создания комплексной автоматизированной информационной системы сбора данных на всех объектах АО «Томская генерация» составляет около 40 млн рублей. Сумма немаленькая, но эффективность от внедрения системы позволит в среднесрочной перспективе только за счет более эффективной работы энергетического оборудования сэкономить гораздо больше.

# Мониторинг работы оборудования как первый шаг к единой киберфизической системе: опыт НЭВЗа

**На современном этапе развития общества цифровизация – процесс, который происходит абсолютно во всех сферах деятельности человека. И в первую очередь, это касается промышленного производства. Концепция цифрового производства существенно изменяет деятельность предприятий, которые рассматриваются не просто как производство и персонал. Значительно возрастает роль нематериальных активов – методологий, бизнес-процессов, информации, компетенций, навыков и умений, способности справляться с различными нештатными ситуациями. Стартовой площадкой для цифровизации в Трансмашхолдинге стал Новочеркасский электровозостроительный завод (НЭВЗ). Об эффективности оборудования и управлении данными в режиме реального времени рассказывает руководитель проекта «Цифровой завод НЭВЗ» Игорь Малакаев.**

Игорь Малакаев, руководитель проекта «Цифровой завод НЭВЗ»

**– Игорь Викторович, мир стремительно меняется. Всеобщий доступ к интернету, к большим базам данных, глобальное распространение сенсорных устройств и беспроводных технологий передачи данных цифровизирует наше общество. Люди и машины вскоре смогут пользоваться одной цифровой инфраструктурой при взаимодействии друг с другом. Что это может дать НЭВЗу?**

– В первую очередь, возникает возможность эффективного использования ресурсов для достижения бизнес-целей за счет сокращения времени на планирование наиболее оптимального варианта производства, обеспечения прозрачности и управления на основе данных, полученных в режиме реального времени. Для достижения этих целей на всех этапах производства процесс должен быть полностью управляемым и прозрачным. Все эти явления в нашей жизни рождают новую реальность – цифровую экономику, где основой производства должны стать не станки и оборудование, а программное обеспечение и технологии. Причем, именно новые технологии: роботизация производства, трехмерное моделирование и печать, компьютерное зрение, промышленный интернет вещей, виртуальная реальность, машинное обучение, цифровой двойник завода и многое другое.

**– Любой путь начинается с первого шага. И эта истина, помимо побуждения к действию, подразумевает еще и четкое осознание конечной цели. С чего началась цифровизация на НЭВЗе?**

– Первым шагом внедрения на НЭВЗе решений «Индустрия 4.0», предусматривающих сквозную цифровизацию предприятия и интеграцию всех физических активов производ-

ства в единую киберфизическую систему, стала система мониторинга работы оборудования. На первом этапе внедрения системы было охвачено 36 единиц критичного для завода оборудования. Уже сейчас можно увидеть положительные эффекты от внедрения системы мониторинга, позволяющей эффективно использовать снимаемую с оборудования информацию: незагруженные производственные мощности будут перемещены в другой цех, где будут обеспечены полной загрузкой. Второй этап затронул уже 232 единицы оборудования (по состоянию на октябрь 2018), а до конца года завершится 3-й этап – по 99 единицам оборудования.

Система дисциплинирует операторов и позволяет увеличить полезное время работы станка в среднем до 5-10%, анализируя причины простоев в формате LEAN-методологии (Бережливое производство). Это, в частности, простои в ожидании детали, крана, время переналадки. Сейчас разрабатываются решения по их минимизации. В планах – повышение коэффициента общей эффективности работы оборудования (OEE) до 0,8-0,85.

Работа оборудования напрямую влияет на ритмичность производственного процесса. При анализе корневых причин неритмичности эта была одной из основных. Но чтобы дойти до истинной причины проблемы, нам понадобилось внимательно проанализировать причины простоя оборудования.

**– А как практически осуществляется мониторинг оборудования?**

– Раньше это были экспертные оценки мастера или, в лучшем случае, элементы видеофиксации. Настоящим ноу-хау выглядело решение с датчиками моточасов (контроллеры, которые считали время работы главного привода станка), но везде вмешивался человеческий фактор – любую систему можно обойти.

Проведя сравнительный анализ предложений на рынке по мониторингу оборудования, специалисты завода остановили свой выбор на российской системе.

Система предназначена для оперативного мониторинга работы оборудования в режиме онлайн и для анализа эффективности его использования в автоматизированном режиме. Цель внедряемой системы – повышение эффективности работы оборудования и, как следствие, рост производительности производственного персонала.

Информацию о работе оборудования и производственного персонала (сколько станки работали, сколько простаивали, по каким причинам простаивали, кто из операторов в этот момент работал и др.) собирает специальная программа через установленные на стойках управления станков контроллеры-регистраторы и терминалы ввода-вывода информации.

Система мониторинга работы оборудования в действии.
Фото: Дмитрий Ибраимов

Часть информации – отключение станка от питания, работа по управляющей программе, аварийная остановка – программа фиксирует автоматически, здесь человеческий фактор исключен полностью. Оператору остается лишь правильно классифицировать причины простоя из списка составленных стандартизированных причин. В итоге получаемые отчеты об эффективности работы производства позволяют принять управленческие решения, направленные на повышение эффективности производственного процесса.

До конца 2018 года на предприятии предполагается масштабировать систему мониторинга производственного оборудования с охватом около 300 единиц: все оставшееся критичное оборудование, все оборудование с числовым программным управлением (ЧПУ), а также универсальное оборудование электромашинного производства. Внедряемая система мониторинга универсальна, так как работает со всеми распространенными станками ЧПУ и с оборудованием без ЧПУ. Для последнего типа оборудования предусмотрено оснащение дополнительными датчиками для установки системы мониторинга аналогично станкам ЧПУ, в которых соответствующие датчики предусмотрены стандартной конфигурацией.

Система мониторинга работы оборудования в состоянии обеспечить снятие с оборудования следующей информации:

- получать отражение на диаграмме фактической работы оборудования в режиме реального времени;

• составлять детализацию причин простоев по стандартизированным причинам для последующей аналитики и минимизации простоев;
• проводить автоматизированный расчет общей эффективности оборудования (OEE);
• идентифицировать оператора, обрабатываемую деталь и выполняемую операцию;
• производить сравнение эталонной управляющей программы с текущей на станке;
• проводить мониторинг всех энергетических характеристик станка для оптимального использования энергоресурсов;
• фиксировать динамические характеристики станка: скорость вращения и нагрузка на шпиндель, положения корректоров подачи, скорости шпинделя и ручных перемещений;
• формировать сводный анализ работы оборудования и персонала в виде отчетов по предприятию и осуществлять автоматическую рассылку их на электронные адреса пользователей сети;
• производить информирование по сети, в том числе и с использованием SMS-рассылки на службы поддержки об аварийных остановках критичного оборудования, что позволит добиться оперативности принятия решений и сократить организационные потери.

**– И куда поступает вся оперативная информации о работе оборудования?**

– Уже сейчас мы собираем с производства, с инфраструктуры, с логистики и других сфер деятельности завода большие объемы данных, которые поступают из тысяч источников, а также генерируются тысячами различных датчиков. Поэтапно эти потоки подлежат цифровизации.

Для анализа и обработки этих данных в режиме реального времени на заводе организован Ситуационный центр (СЦ). Это суперсовременное помещение, оснащенное всеми средствами коммуникации, а также средствами интерактивного представления информации.

Основные задачи Ситуационного центра:

• мониторинг информационных потоков по состоянию наблюдаемых объектов (оборудование, транспорт, движение ТМЦ, инфраструктура и т.д.) и прогнозирование ситуации на основе анализа поступающей информации с помощью применения Цифровой Имитационной модели в рамках внедрения Цифрового двойника завода;
• моделирование развития ситуации в производстве при реализации различных управленческих решений, на основе использования Цифровой Имитационной Модели производства;
• экспертная оценка принимаемых решений и их оптимизация для повышения эффективности производственных процессов;
• управление в кризисной ситуации за счет оперативного реагирования на непредвиденные события, обнаруженные в режиме реального времени путем получения и анализа информации, снимаемой датчиками с производственных объектов мониторинга;
• каскадирование оперативной информации и аналитики на уровень руководителей завода для принятия стратегических решений.

В связи с увеличивающимся охватом цифровизацией все новых сфер деятельности предприятия, количество показателей, которые мы мониторим через СЦ, постоянно увеличивается. Все ценнее становится скорость реакции и принятия управленческих решений, поэтому растут требования к взаимодействию систем. Поэтому так важно, что Ситуационный центр делает возможным оперативное взаимодействие с аналогичными подразделениями в рамках холдинга.

**– Внедрение цифрового производства позволяет значительно повысить производительность труда и качество выпускаемой продукции, а значит – усилить конкурентоспособность нашего предприятия. Каковы следующие шаги в этом направлении?**

– «Пилотными» по цифровизации уже стали электровозосборочный цех №1, электромашинное и заготовительное производств, часть тележечного цеха. Идет поиск перспективных решений и для кузовного производства.

В цехах уже внедряется система отслеживания ТМЦ. Это позволит сократить производственный цикл путем контроля ритмичности комплектной поставки, времени простоя персонала в ожидании комплектующих, НЗП, также обеспечит прослеживаемость сборочных узлов на всем жизненном цикле и защиту от контрафакта. В рамках пилотов внедряется система внутрицехового планирования, с последующей интеграцией в существующую систему ERP.

На указанных участках производства внедряется система мониторинга оборудования для контроля работы и технического состояния оборудования, что позволит повысить эффективность использования оборудования, а также обеспечит снижение затрат на ТОиР.

Система мониторинга работы оборудования, установленная на станки. Фото: Дмитрий Ибраимов

Ситуационный центр – 3D-модель сборочного производства. Фото: Дмитрий Ибраимов

Логика и подход к организации проекта цифровизации
**Функционально-продуктовая схема цифровизации**

2050

**Искусственный Интеллект ( AI )**

- Цифровая Имитационная модель ( ЦИМ )
- 3D модель завода
- Постпроцессирование

**Промышленный интернет вещей ( IIOT )**

- Мониторинг оборудования
- Прослеживание ТМЦ
- Мониторинг персонала
- Качество
- Мониторинг транспортной логистики
- Инфраструктура

**Интеграция ИТ и IIoT**

- Вертикальная интеграция (PLM, IIoT)
- Горизонтальная интеграция (ERP, MES, PLC, SCADA)
- Дополнительные ИТ-решения (web-приложения)
- Довнедрение индустрии 3.0 в части цифровизации КТПП
- Ситуационный центр
- Цифровой Банк Идей

**Технологии Индустрии 4.0**

- Роботизация
- Компьютерное зрение (ОТК)
- AR/VR (Обучение)
- Интегральные инженерные решения
- Smart-инструмент для сборки

В перспективе станет возможным проводить дистанционную диагностику оборудования, вовремя планировать ремонты, исходя из фактического технического состояния, и существенно снизить внеплановые простои станков. Идет проработка темы широкого использования вибродиагностики.

По завершении пилотных проектов, лучшие реализованные решения Индустрии 4.0 будут распространяться на весь завод. Цифровизация повысит нашу конкурентоспособность и даст новый импульс к развитию завода.

В целом, работа по цифровизации предприятия в ближайшем будущем будет вестись по направлениям:

• Промышленный интернет вещей (IIOT), где будет осуществляться непрерывный сбор и хранение объективных данных о работе оборудования (параметры работы оборудования и его узлов, нагрузки и режимы, технология, действия операторов, ошибки, состояния и статусы, отслеживание в режиме реального времени общей эффективности оборудования), о работе персонала (это данные о статусе выполнения операций и, что немаловажно, планируется реализовать функционал повышающий защищенность персонала в сфере охраны труда и промышленной безопасности). Здесь также идет речь о мониторинге транспорта и о прослеживании ТМЦ, и еще о ряде информационных потоков.

• Искусственный интеллект (AI), где с помощью имитационного моделирования будет создаваться цифровой двойник предприятия, представляющий собой виртуальную копию реального производства. Кроме того, здесь будет обеспечиваться интеграция с 3D-моделью завода.

• Интеграция информационных технологий в интернет вещей.

• Внедрение перспективных технологий Индустрии 4.0. Уже внедряется робототехнический комплекс, следующим этапом проектируется уже целый участок и прорабатывается концепция – Дорожная карта по роботизации. На очереди «умный» инструмент для сборочных операций и работы по внедрению компьютерного зрения для использования в ОТК, что позволит существенно сократить время операций контроля, исключит спорные вопросы с ОТК, а также повлияет на снижение исполнительского брака и интерактивные электронные стандартные операционные карты для сборки.

*Текст: Анна Семенюк. Благодарим Управление по внешним связям и корпоративным коммуникациям ООО «Производственная компания «Новочеркасский электровозостроительный завод» за предоставление данного материала.*

# БЕРЕЖЛИВОЕ ПРОИЗВОДСТВО

практическое руководство по внедрению

ЭЛЕКТРОННАЯ ВЕРСИЯ

**ИЮЛЬ 2018**

в руководстве


- LEAN. ГИД ПО ВНЕДРЕНИЮ 22
- КОНТРОЛЬНЫЕ ЛИСТЫ 57
- ОСНОВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ПОТЕРЬ 68
- ФОРМИРОВАНИЕ LEAN-КУЛЬТУРЫ 107

82 ШАГА: ОТ СТАРТА ПРОЕКТА ДО ФОРМИРОВАНИЯ LEAN-КУЛЬТУРЫ

методики: **5S, SMED, TPM, Poka Yoke, VSM, дорожная карта Lean Six Sigma и другие**

чек-листы: **от базовых, оценивающих общую готовность предприятия к LEAN, до более сложных, глубоко проникающих в процессы организации**

БОЛЕЕ 100 СТРАНИЦ
объем выпуска

Узнать больше
на www.up-pro.ru

PDF

Демо-версия

# ИНДУСТРИЯ 4.0 И УПРАВЛЕНИЕ РЕМОНТАМИ

Одной из основных задач для современных производителей является повышение эффективности управления всеми видами ресурсов, и в немалой степени это зависит от надежности оборудования. Снижение частоты выхода оборудования из строя и сокращение продолжительности ремонта требуют эффективно организованной службы ТОиР, и здесь производители сталкиваются с непростым решением – профилактический и планово-предупредительный ремонт, несмотря на свою надежность, обходится дорого, но ремонт по отказу – малоэффективен, а для многих отраслей и вовсе недопустим.

О решении этой проблемы, важности ремонта по техническому состоянию и использовании цифровых технологий для проведения диагностического контроля и анализа данных по надежности рассуждает первый заместитель генерального директора – исполнительный директор АО «Атомэнергоремонт».

А на примере ГК «ЛокоТех» мы рассмотрим, что такое «умный локомотив», «идеальное депо» и «цифровая диспетчерская», как искусственный интеллект помогает управлять ремонтами, а автоматизация работы сервисных депо снижает количество внеплановых ремонтов и улучшает качество обслуживания.

# «Умный локомотив» и «Идеальное депо»: Индустрия 4.0 на службе сервиса и ремонта в «ЛокоТех»

**Зарубежные производители транспортного оборудования активно инвестируют в инструменты Индустрии 4.0. Они дают возможность увеличивать эффективность процессов, повышать управляемость производства, снижать количество и частоту возникновения ошибок. Впрочем российские компании также вовлечены в этот общемировой тренд. Последние несколько лет «ЛокоТех» уверенно следует курсу на цифровизацию своих процессов. Что значат для компании проекты «умный локомотив», «идеальное депо» и «цифровая диспетчерская»?**

Изображения: http://trainandbrain.ru

## Цифровизация в железнодорожной промышленности

Осенью 2016 года Союз предприятий железнодорожной промышленности Европы (UNIFE) опубликовал доклад о цифровизации, в котором обозначил ключевые тренды, меняющие отрасль. Технологии увеличивают связность транспортных сетей, позволяют гибко подстраиваться под динамику спроса, расширяют возможности для мониторинга состояния подвижного состава и путей, улучшают клиентский опыт и сервис, меняют принципы формирования тарифов.

Согласно данным опроса международной компании, занимающейся управленческим консалтингом, Roland Berger, более 90% производителей железнодорожной техники сегодня инвестируют в технологии четвертой промышленной революции. Например, французская корпорация Alstom в 2016 году приобрела дополнительные производственные корпуса рядом со своим предприятием в Santa Perpetua (Испания) для строительства «завода будущего». Производство подвижного состава на предприятии будет организовано с использованием средств объемной печати и промышленных роботов. Некоторое число рабочих тем не менее останется. Для них разработают специальные костюмы с датчиками движения, сигнализирующими о сближении с опасными объектами.

А канадская машиностроительная компания Bombardier недавно построила в Бауцене (Германия) новую производственную линию стоимостью 8 млн евро. Управление поставками и производственным процессом, контроль качества и испытательные стенды здесь объединены в единую компьютерную сеть с элементами виртуальной реальности. Компьютеризированный склад направляет в цех детали вместе с необходимыми инструментами, что должно ускорить сборку и уменьшить процент брака. Процесс производства максимально приближен к автомобильному конвейеру, а пусконаладка под новый вид подвижного состава занимает минимум времени.

Важным шагом в цифровой трансформации является внедрение предиктивного технического обслуживания. Сегодня многочисленные сенсоры передают информацию в изолированные друг от друга системы, что затрудняет применение алгоритмов анализа больших данных. Объединение всего массива статистики позволит перейти от периодических профилактических процедур к точечным ремонтам. По оценке Roland Berger, это позволит железнодорожным операторам снизить расходы на техническое обслуживание на 20%. Аналогичные оценки приводит и McKinsey.

К примеру, немецкий концерн Siemens для развития предиктивного технического обслуживания начиная с 2014 года развернул в шести подразделениях, включая Москву, единую платформу, в которую стекаются все доступные компании данные о подвижном составе из почти двух десятков стран. Еще до того, как подвижной состав поступит в депо, здесь знают, какие виды работ предстоит провести, что существенно сокращает простой. Кроме того, анализ огромных массивов информации позволяет обнаруживать закономерности между условиями эксплуатации и характером неисправности. Для отдельных комплектующих, например подшипников, инженеры уже могут предсказать поломку на несколько дней вперед. Эти наработки позволили начать пилотные проекты по предиктивному техническому обслуживанию с основным железнодорожным оператором Германии Deutsche Bahn и государственной железнодорожной сетью Испании Renfe.

Активно эволюционирует и сервис. В 2015 году французская машиностроительная компания Alstom открыла онлайн-платформу клиентской поддержки, где круглосуточно в режиме реального времени можно ознакомиться с документацией, получить консультацию инженера, обменяться файлами, заказать комплектующие и отследить прохождение заявки на обслуживание. Сегодня к системе подключены 1200 сотрудников из 220 компаний-заказчиков.

Несмотря на обилие конкретных примеров, производители железнодорожной техники сегодня находятся в самом начале цифровой трансформации. Однако лидеры отрасли уверены, проблемы с внедрением технологий будут решены скорее раньше, чем позже, и в третьем десятилетии XXI века железные дороги станут по-настоящему цифровыми.

## АСУ «Сетевой график»

В Группе компаний «ЛокоТех», специализирующихся на управлении активами по обслуживанию, ремонту, модернизации, передаче в лизинг локомотивов и производстве узлов и деталей для предприятий железнодорожного машиностроения, работа по повышению эффективности управления процессами технического обслуживания и ремонта (ТОиР) электровозов и тепловозов ведется уже несколько лет. Основной упор сделан на автоматизированную систему управления.

Формированию АСУ способствовал целый ряд факторов. В частности, общий мировой тренд к автоматизации процессов, в том числе производственных, а также необходимость развития технологий управления надежностью. Ведь поломки и неплановые ремонты локомотивов неизбежно приводят к потерям. И вывод был один – внедрять информационную систему, которая объединила бы все данные о локомотивах, обработала их и дала четкое

понимание, почему происходит тот или иной отказ, что в итоге позволило бы принять корректирующие меры.

Разработка АСУ «Сетевой график» началась в ноябре 2015 года. Основное преимущество данной платформы заключается в том, что с ней могут работать абсолютно все причастные к производственному процессу. По словам начальника департамента развития систем мониторинга технического состояния локомотивов ООО «ЛокоТех» Игоря Лакина, депо иногда существенно отличаются друг от друга, в зависимости от структуры и численности штата. «Одну и ту же функцию, к примеру, по приемке локомотива в том или ином депо могут выполнять разные люди. Мы выстроили процесс, а затем конкретно по каждому депо начали прорабатывать, кто и какую роль будет выполнять. Руководство депо принимает локомотив в ремонт и решение об объеме работ, мастер поручает работу слесарю, последний, благодаря системе, понимает, что ему нужно сделать, и обязательно отмечает ход выполнения работ. Отдел кадров получает отчет о том, какие наряды закрыты мастером и заместителем по ремонту, и управляет заработной платой. Складские работники имеют возможность управлять материальной базой, поскольку, имея статистику потребления деталей, можно прогнозировать дальнейший заказ и многое другое», – перечислил он.

А на уровне исполнительного аппарата работа ведется уже с аналитикой, прослеживается динамика увеличения или уменьшения отказов, просматривается эффект от внедренных мероприятий и т.д.

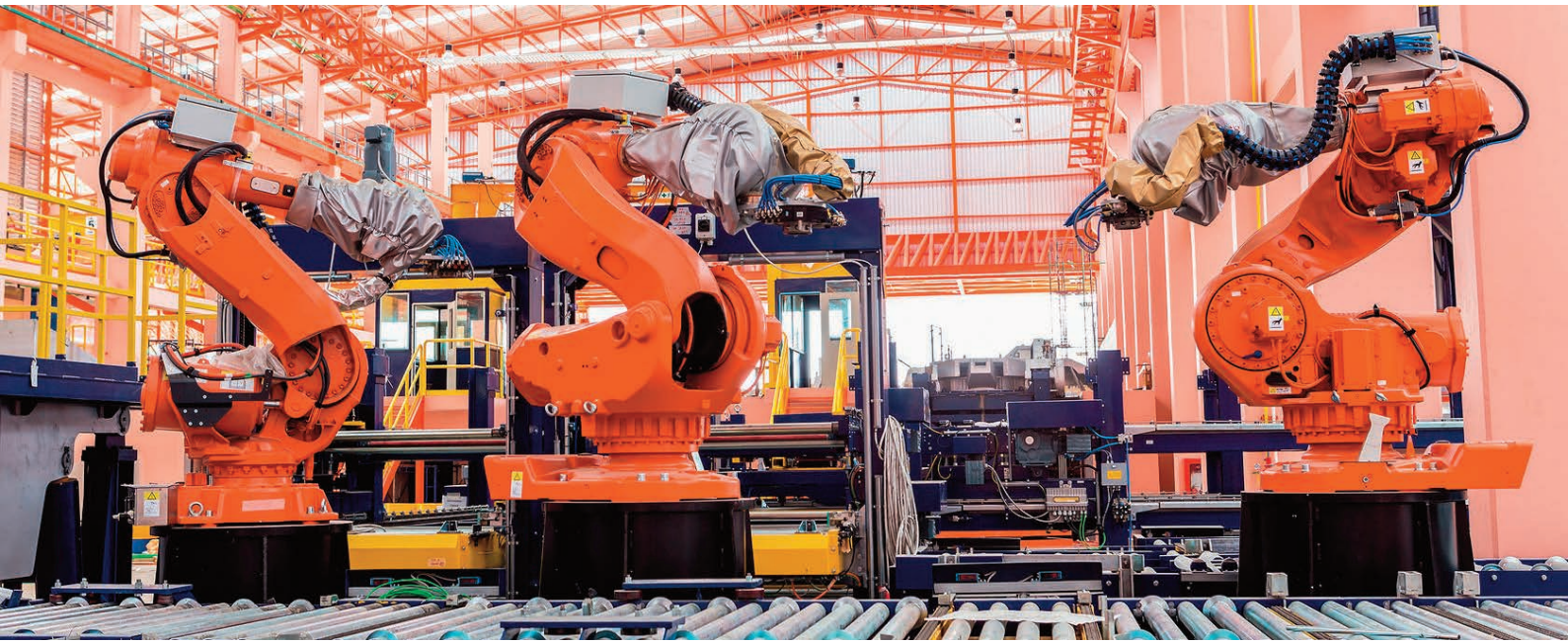
Для работников депо внедряется своеобразная технология электронной подписи. Каждому слесарю выдается специальная карточка, непосредственно на предприятиях стоят устройства по считыванию этих карт. Работник прикладывает карту к специальному терминалу – и сразу может получить информацию о том, какие работы для него назначены. В зависимости от обстоятельств он сам принимает решение об объеме их выполнения. И обязательно делает пометку, если в процессе работы возникли сложности: например, отсутствие необходимых запчастей или направление специалиста на другое задание. Исходя из полученных данных заместитель начальника депо по ремонту видит, что при выдаче локомотива может возникнуть проблема, потому что работа сейчас не выполняется. В журнале учета ТУ-28, где ранее все пометки производились от руки, такое, конечно, невозможно.

В рамках развития технологии «Встроенное качество» в системе предусмотрен целый ряд блокировок на выполнение работ. К примеру, при учете деталей на складе: рабочий не сможет закрыть наряд, если отказавшая форсунка не сдана на склад, а исправная не получена. «Таким образом, с одной стороны, мы контролируем, чтобы работа реально была выполнена, с другой – автоматизируем учет всех материалов повторного использования, а третья наша цель – это ведение жизненного цикла каждого узла», – добавил Игорь Лакин.

Кроме того, есть блокировка на закрытие работ по внеплановому ремонту без разбора обстоятельств, ведь в этом случае необходимо знать причину и система не разрешает выдавать локомотив без ее объяснения и т. д. До конца года планируется перевести на работу в системе все депо «ЛокоТех».

## Умный локомотив

В 2016 году в «ЛокоТех» был запущен новый проект, один из ключевых в рамках процесса повышения надежности ремонта и обслуживания – «Умный локо-



Автоматизация не всегда заменяет человека, иногда она усиливает его естественные возможности

мотив». Он направлен на переход от планово-предупредительного ремонта (когда детали и узлы машины меняются в соответствии с утвержденными нормативами) на его обслуживание по фактическому состоянию. По сути, он представляет собой автоматизированное рабочее место (АРМ). Система позволяет диагностировать техническое состояние локомотивов и режимы их эксплуатации по данным многочисленных устройств диагностики и бортовых микропроцессорных систем управления локомотивов (МСУ), которые в постоянном режиме фиксируют работу машины по 300-400 параметрам. Анализ генерируемой информации позволяет специалистам узнать о возможных отклонениях от нормальной эксплуатации не в тот момент, когда эти отклонения уже произошли, а заранее, когда появляются первые тревожные симптомы. Они могут быть признаком того, что в узле накопились какие-то критические дефекты, связанные, например, с его конструкционными особенностями, неправильной эксплуатацией, состоянием инфраструктуры или некачественным топливом. Используя систему предиктивной диагностики, можно заранее понять, в чем проблема, предпринять соответствующие меры, не дожидаясь, когда узел выйдет из строя, и избежать дорогостоящего ремонта. Кроме того, с их помощью можно не только совершенствовать процесс ремонта и обслуживания тягового подвижного состава, но и повышать дисциплину работников.

Важно то, что доступ к выдаваемой системой информации, получат и разработчики тягового подвижного состава. Конструктор конкретной модели локомотива в ежедневном режиме сможет следить за тем, как ведет себя созданная им машина в процессе эксплуатации, а значит, уделить больше внимания ее слабым местам при работе над следующим поколением техники.

В настоящее время система действует на 6400 секциях локомотивов в 40 сервисных локомотивных депо. Решение позволяет анализировать 23 вида оборудования локомотивов и находит более 60 видов сбоев в работе оборудования. Время на диагностику локомотива в системе сократилось с 2 часов до 5 минут.

В итоге внедрение системы «Умный локомотив» позволит существенно снизить операционные затраты, количество внеплановых ремонтов и повысить коэффициент технической готовности локомотивного парка. По словам Игоря Лакина, на базе АСУ «Сетевой график» и АРМ «Умный локомотив» будут строиться интеллектуальные технологии: поддержка принятия решений об объеме ремонта по данным МСУ («Ремонт по состоянию»), автоматическое оповещение ответственных о наличии проблем, управление затратами, жизненным циклом локомотивов и многое другое.

## Цифровая диспетчерская

В сентябре в рамках международной железнодорожной выставки InnoTrans 2018 был анонсирован новый этап цифровой трансформации в «ЛокоТех» – начало внедрения SmartMaintenance («Цифровая диспетчерская») для перехода на управление ремонтами тягового подвижного состава с помощью технологий искусственного интеллекта. Председатель совета директоров «ЛокоТех» Алексей Белинский объявил, что решение будет запущено на Восточном полигоне, в частности, в сервисном локомотивном депо Вихоревка. Внедрить систему компания рассчитывает до конца января 2019 года.

В основе SmartMaintenance лежат данные по реальному и прогнозному техническому состоянию оборудования, полученные из системы «Умный локомотив». SmartMaintenance автоматически оценивает и прогнозирует техническое состояние узлов и агрегатов локомотива, предлагает наиболее оптимальное решение по времени и объему сервиса. Данное решение трансформирует привычные подходы к техническому обслуживанию и ремонту (ТОиР), позволяя управлять процессом в режиме реального времени по состоянию.

«Умная диспетчерская» стала логическим продолжением «Умного локомотива». Она позволяет видеть техническое состояние всего парка оборудования, ранжировать его с точки зрения риска. SmartMaintenance решает эти задачи автоматически с помощью искусственного интеллекта.

В период внедрения запланированы изменения в бизнес-процессах компании: интеграция с уже существующей ИТ-архитектурой, обновление должностных инструкций, обучение персонала. SmartMaintenance будет интегрировано с ERP-системой для автоматического формирования плана ремонтных работ для парка техники.

## Идеальное депо

В депо Волхов прошла опытная реализация ряда инициатив в рамках подготовки проекта «Идеальное депо». Его главная задача – максимально автоматизировать и полностью перестроить работу Сервисных локомотивных депо (СЛД), чтобы снизить количество внеплановых ремонтов, улучшить качество обслуживания и степень надежности локомотивного парка. Тем самым ГК «ЛокоТех» намерена достичь главной цели, поставленной основным заказчиком, – повысить коэффициент готовности локомотивов к эксплуатации. К 2022 году он должен достичь показателя 0,95 против сегодняшнего 0,87.

К внедрению проекта подтолкнул анализ технологических и производственных процессов, убедивший в наличие большого потенциала для повышения эффективности работы. Проблемные места были выявлены на каждом из этапов проведе-

Предикативная аналитика помогает экономить на ремонте

ния ремонта. Для их устранения специалисты предложили комплексные решения, затрагивающие пять основных направлений работы: анализ состояния локомотива, планирование, эффективность труда, использование товарно-материальных ценностей и эксплуатация оборудования. В основе инициатив лежат элементы Индустрии 4.0.

В основу уникального проекта была положена инициатива сбора данных со всего обслуживаемого в депо парка локомотивов, когда за счет специально установленных датчиков тяговая машина получает возможность регистрировать и анализировать параметры работы своих ключевых устройств. Проект «Умный локомотив», в депо Волхов пока реализовывается лишь на одной из обслуживаемых серий машин – 2(3)ЭС4К «Дончак», но инициатива уже себя зарекомендовала.

«Каждое оборудование локомотива работает по своему алгоритму, и в случае отклонения от заданных показателей микропроцессорные системы фиксируют соответствующие сигналы, – рассказывает и.о. заместителя директора по развитию филиала «Северо-Западный» Вячеслав Роор. – Эта информация поступает к нам, и мы начинаем ее анализировать: на каком участке, по какой причине этот алгоритм был нарушен».

По каждому отклонению в работе локомотива микропроцессорные устройства накапливают статистику, анализируют ее и в онлайн-режиме передают в специализированную программу – систему планирования «Цифрового депо». На основании этих данных специалисты компании могут прогнозировать остаточный ресурс узлов машины и получать информацию о необходимом объеме ее ремонта. Таким образом, «Цифровое депо» позволит формировать полный перечень работ по каждой секции локомотива еще до его захода на обслуживание. Здесь же сосредоточатся все функции по планированию производственных мощностей, оборудования, запчастей и персонала. Вплоть до назначения работ непосредственно исполнителю и подготовки необходимого объема материальных ресурсов.

«Заблаговременное наличие полной информации о состоянии локомотива позволит нам планировать работы в оптимальной последовательности и тем самым сократить простои», – делится подробностями Вячеслав Роор.

По замыслу проекта, информация о каждой новой задаче будет поступать работнику в онлайн-режиме через специальные наручные часы. Они позволят отследить статус выполнения заданий, местоположение персонала и в конечном итоге избежать излишнего простоя локомотивов в ремонте.

Первые образцы таких устройств тестировались в депо Волхов с августа прошлого года. В эксперименте принимали участие две бригады СЛД, около 25 человек. «Умные часы» существенно ускорили процесс выдачи заданий слесарям и мастерам, – делится впечатлениями непосредственный участник эксперимента, мастер участка производства СЛД Волхов Алексей Шутов. – Задания рассылал начальник производственно-диспетчерского отдела. При этом была налажена и обратная связь: непосредственно на часах сотрудники производили отметки о том, что работа выполнена. Это позволяло повышать оперативность ремонта и вести учет работы по

каждому локомотиву онлайн».

Каждое такое устройство было оснащено фотовидеокамерой, чтобы в случае обнаружения на локомотиве какой-либо неисправности слесарь мог сфотографировать ее и отправить мастеру, которому, в свою очередь, предстоит принять решение о назначении дополнительных работ. А за счет установленной на часах системы GPS руководство депо получило возможность контролировать перемещения работника.

«Эта функция помогла нам существенно повысить трудовую дисциплину, – дополняет первый заместитель начальника СЛД Волхов Евгений Тимошенко. – С другой стороны, мы могли анализировать, сколько раз за смену работник сходил на склад за запасными частями, как часто подходил к своему инструментальному ящику и для чего спускался с локомотива. На основании полученных данных мы могли вносить в наш технологический процесс определенные коррективы».

## Умный склад

Оперативному проведению работ в «Цифровом депо» поспособствует и работа «Умного склада». Уровень материалов и линейного оборудования будет фиксироваться автоматически, а данные передаваться все в ту же систему планирования для прогнозирования потребностей и заблаговременного заказа необходимых комплектующих. Это также исключит временные потери при обслуживании локомотивов и обеспечит выполнение технологии ремонта.

Также появится возможность контролировать имеющийся объем каждой позиции товарно-материальных ценностей и оборудования, а при достижении ими установленного количественного минимума автоматически формировать заказ поставщику. Однако пока продавцов, готовых работать с депо по такой технологии, не нашлось.

Вместе с тем проект «Умный склад» предполагает полную интеграцию в «Цифровое депо» и призван существенно упростить и ускорить работу самих специалистов предприятий.

«В перспективе эта система будет получать сформированную ПДО программу ремонта, – рассказывает Вячеслав Роор. – На основании этой программы система самостоятельно определит перечень необходимых для ремонта материалов и запасных частей и даже посредством лазерной указки подскажет кладовщику, где находятся те или иные комплектующие».

Отдельное внимание в проекте «Цифровое депо» будет уделено работе производственного оборудования. Современные технологии позволят руководству предприятий получать полную информацию о техническом состоянии и особенностях эксплуатации станков и агрегатов в режиме онлайн. По этому направлению в депо Волхов был поставлен эксперимент с работой станков по обточке колесных пар. Для этого на оборудование были установлены датчики, определявшие работоспособность двигателей по уровню тока. «Если ток рос, а я видел это на компьютере, не выходя из своего кабинета, – делится опытом Евгений Тимошенко. – Если было очевидно, что станок начинает барахлить, и мы сразу принимали меры для ликвидации неполадок. Вторая задача у этого проекта – контроль эксплуатации станков персоналом. Эти датчики позволяли фиксировать время, когда станок включался и выключался».

В том же депо был реализован и другой, по-настоящему прорывной в производстве проект. Именно в Волхове была опробована технология печати запчастей на 3D-принтере. IT-специалисты оцифровали ряд мелких деталей, чаще всего используемых в производстве, и завели в установленное в цехе печатное устройство.

«У нас получилось свое минипроизводство, освоили выпуск порядка 10 единиц продукции! – не скрывает восторга Евгений Тимошенко. – Благодаря 3D-печати удавалось избежать перепростоев в ремонте локомотивов. Не нужно было длительное время ожидать поставки запасных частей».

## Эффекты экономические и производственные

Сегодня итоги реализованных в Волхове пилотных инициатив глобального проекта «Цифровое депо» анализируются на уровне руководства компании. Коллектив предприятия свою оценку новым технологиям уже поставил и с нетерпением ждет их внедрения в постоянную эксплуатацию.

«Главный результат, который мы увидели, – это возможность приведения локомотивов в соответствие с заданными показателями надежности», – резюмирует Вячеслав Роор.

Средний объем инвестиций на реализацию проекта «Цифровое депо» по каждому СЛД оценивается в 250 млн руб. Однако предполагается, что уже через 2,5 года проект окупит себя полностью.

*Материал подготовлен на основании данных: 1) «В цифру с головой», Корпоративный журнал ГК «Локотех», ноябрь 2018; 2) «ЛокоТех» внедрит интеллектуальную систему управления ремонтами, Пресс-служба ООО «ЛокоТех», сентябрь 2018; 3) Индустрия 4.0 на службе сервиса и ремонта: Проект «Идеальное депо», «Умные часы» и 3D-печать запчастей, «ЛокоТех», август 2018; 4) Александра Можаровская, «Ремонт под наблюдением», ИА «РЖД Партнер», май 2018.*

# Цифровой ТОиР: почему переход на ремонт по фактическому состоянию сложен, но неизбежен

**Как цифровые преобразования меняют ремонтную деятельность, а в чем Атомэнергоремонт останется верен себе, почему переход на ремонт по фактическому состоянию сложен, но неизбежен, рассказывает первый заместитель генерального директора – исполнительный директор АО «Атомэнергоремонт» Дмитрий Перемыслый.**

Дмитрий Перемыслый, первый заместитель генерального директора – исполнительный директор АО «Атомэнергоремонт»

**– Дмитрий Геннадьевич, признано, что одна из ключевых тенденций сегодняшнего дня – это цифровизация управленческого учета и анализа. Каковы результаты цифровизации управленческой и учетной деятельности в Атомэнергоремонте, в чем уже можно зафиксировать результаты, а что развивать?**

–Мы полагаем, что реализованный в Атомэнергоремонте проект по развертыванию ERP – один из самых сложных реализованных в отрасли релизов: системой охвачены все девять филиалов, фактически являющихся отдельными компаниями. Теперь их информация интегрирована в единую систему; реализован управленческий модуль, разработана задача контроля затрат и доходов с учетом специфики наших работ. Это сложное, масштабное, но уже показавшее себя эффективным решение, поэтому у совместной команды Гринатома и Атомэнергоремонта есть основания считать это успехом. В дивизионе используются два ERP-системы, но решения не противоречат друг другу и политике отрасли. Они взаимно интегрированы и обеспечивают поддержку задач управленческого контура, формирование бюджетов, контроль затрат и т. д.

Что касается дальнейшего развития, основным вызовом сегодня видится кардинальное изменение подхода к оценке и управлению эффективностью предприятия. Модное сейчас слово «цифровизация» – это в нашем случае прикладная задача по повышению качества управления, планирования и анализа. Там, где в силу масштабности задач присутствуют большая численность персонала и ресурсоемкость, повышение эффективности инструментов управления и учета, несомненно, даст существенный рост в дополнение к тем программам повышения эффективности, которые реализуются на предприятии и в Концерне.

Задачи, которые должна решить цифровизация, сформулированы в стратегической цели Росатома «Сокращение сроков протекания процессов, снижение себестоимости». В нашем случае необходимо сокращение неэффективных процессов, ручной работы, исключение ненужных процедур. Для этого сегодня есть понятные инструменты и про-

граммы, которые должны быть внедрены в практику работы. Все они объединяются в общее понятие – цифровое предприятие, когда бумажный документооборот уходит, рутинные операции выполняются автоматизированно. Основная задача – повысить эффективность управления всеми видами ресурсов. В случае Атомэнергоремонта это управление перекомандированием персонала, правильное планирование производственных процессов, грамотная постановка производственных и технологических задач. Концерн от наших локальных изменений также выигрывает, поскольку с точки зрения технической поддержки эксплуатации АЭС необходимо повышать надежность работы оборудования, сокращать сроки проведения ремонтов. В Концерне растет количество блоков, работающих по договорам поставки мощности, расчет цены электроэнергии зависит от готовности оборудования к несению нагрузки, поэтому стабильность их работы, минимальный выход на периоды ремонта – один из ключевых параметров будущих доходов Концерна.

**– Можно ли оценить в миллионах, килотоннах или, например, человеко-веках ее эффект?**

– Построенная ERP-система – это в первую очередь стержень, на который в будущем должны быть нанизаны все другие эффекты. ERP позволяет делать следующие шаги, добавляя новый контур и новое направление. Она помогает экономить, можно оценить эффект, например, в том, сколько людей от рутинных задач перешли к более полезной деятельности.

Можно посчитать, сколько мы экономим при управлении в электронном режиме финансовыми вопросами, платежами. Даже подсчитать объем сэкономленной бумаги. Но все это не тот уровень эффектов, о которых важно говорить. Следующие, большие эффекты – в вопросах, связанных с автоматизацией производственных процессов, процессов управления эффективностью, без ERP-системы это невозможно. Именно такая осевая система у нас выстроена. Поскольку предстоит выход на следующий уровень создания «цифрового предприятия», для нас дальнейшей задачей будет интеграция с уже реализуемым в Концерне . На сегодняшний день интеграции нашей ERP с этим решением пока нет, и это одна из задач, которые предстоит решить. Насколько нам известно, есть проект приказа о внедрении российского решения по управлению техническим обслуживанием и ремонтом, и в том числе должны быть решены вопросы интеграции ERP. Эта система позволит управлять как ресурсными характеристиками всех планов и видов ремонта, так и обеспечивать передачу данных между ERP и другими системными решениями.

**НЕОБХОДИМО СОКРАЩЕНИЕ НЕЭФФЕКТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ, РУЧНОЙ РАБОТЫ, ИСКЛЮЧЕНИЕ НЕНУЖНЫХ ПРОЦЕДУР. ДЛЯ ЭТОГО СЕГОДНЯ ЕСТЬ ПОНЯТНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ И ПРОГРАММЫ, КОТОРЫЕ ДОЛЖНЫ БЫТЬ ВНЕДРЕНЫ В ПРАКТИКУ РАБОТЫ. ВСЕ ОНИ ОБЪЕДИНЯЮТСЯ В ОБЩЕЕ ПОНЯТИЕ – ЦИФРОВОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ.**

Для Атомэнергоремонта это важно, поскольку на сегодняшний день мы должны обеспечить интеграцию не только с системами автоматизации Концерна, но и с системами заказчиков, которые у нас уже есть или появятся, такими как Атомфлот и другие, которые могут также потребовать интеграции с их системами электронного документооборотаи всех необходимых операций.

**– Каким образом видится изменение стратегии ремонтов – переход от планово-предупредительных ремонтов к ремонтам по техническому состоянию?**

– Что такое ремонт по техническому состоянию и почему переход на него важен и нужен, в том числе Концерну.

Система планово-предупредительного ремонта – это самая надежная система обеспечения работоспособности оборудования, но при этом и самая дорогая. Другой тип ремонта – по отказу; он для нас неприемлем, поскольку речь идет о безопасности АЭС, и мало применим для сложных инженерных объектов. В настоящий момент наиболее эффективной признана система организации технического обслуживания и ремонта «Ремонт по техническому состоянию», при котором контроль технического состояния выполняется с периодичностью и в объеме, установленном в нормативно-технической документации, а объем и момент начала ремонта определяются текущим техническим состоянием, сведения о котором получены по результатам проведения диагностического контроля или данным о надежности изделия или его составных частей. Ремонт по техническому состоянию – наиболее сбалансированная по надежности и стоимости система организации технического обслуживания и ремонта.

На сегодняшний день реальный объем необходимых ремонтных операций оценивается непосредственно в момент проведения ремонта, когда на вскрытом оборудовании выявляется, что нам надо ремонтировать, что подлежит замене, регулировке. При этом ремонт может превратиться из текущего в

капитальный. Переход к модели, которая позволит достоверно определять объем заранее, на этапе эксплуатации, выявлять диагностические признаки, определять тип дефекта, оценивать возможности и планы по ремонтам, уже в этом будет огромное преимущество.

По тем данным, что опубликованы на открытых ресурсах, количество предприятий, которые уже реализуют техническую политику «Ремонт по состоянию», в России пока чуть больше двух процентов, но большинство крупных компаний уже находятся на этапе перехода к такой системе работы. Это Роснефть, «Сибур холдинг», Еврохим, наши коллеги из «Интер РАО». Ремонт по техническому состоянию – это и наш следующий шаг.

**– Следует ли понимать, что при политике «Ремонт по техническому состоянию» вам потребуется развитие компетенций и подразделений, которые смогут оценить оборудование, опутать его системой датчиков для диагностики, и, применяя аналитический инструментарий, сигнализировать: вот, техническое состояние изменилось, пора ремонтировать… Возможна ли в принципе такая «надстройка» систем, способных оценить и энергоблок, и любой другой ресурс близкой сложности?**

– Такая услуга существует и называется «Технический аудит», и сама по себе может стать отдельным направлением, которое очень востребовано рынком. За рубежом существуют компании с многолетним опытом такой работы, они оценивают оборудование, выставляют приоритетность оборудования в зависимости от рисков его поломки, и выстроенная иерархия позволяет использовать его более эффективно, с меньшими рисками. Это один из подходов к управлению ремонтом по техническому состоянию. Для такого вида ремонта предшествующей, важнейшей частью работы является диагностирование оборудования. Анализ собранных в ходе диагностики данных – это оценка вероятности отказов и принятие решения о неизбежности ремонта либо возможности его отложить. При этом ничего «опутывать» не нужно, датчики, конечно, потребуется установить, но средства передачи данных позволяют технологично решить задачу передачи информации в режиме онлайн, без опутывания. В целом технических специалистов для такой работы в дивизионе достаточно. Но необходимо будет изменить «стандарты поведения», давно сложившиеся традиции планирования ремонтов.

По моему мнению, для успешной реализации перехода к ремонту по техническому состоянию в дивизионе нужно создать отдельное подразделение, которое будет формировать компетенции по удаленному мониторингу оборудования. Но сделать это именно дивизиону, а не Атомэнергоремонту. Поскольку информация в первую очередь должна анализироваться в компетентных эксплуатационных подразделениях –дирекции по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту, на самой АЭС. Уже затем, когда эксплуатационные структуры начнут ставить задачи в соответствии с новой техниче-

«Волгодонскатомэнергоремонт» капитально отремонтировал энергоблок №2 Ростовской АЭС. Фото: «Атомэнергоремонт»

«Смоленскатомэнергоремонт» в турбинном цехе САЭС выполняет капитальный ремонт турбогенераторов. Фото: «Атомэнергоремонт»

ской политикой, потребуется и трансформация Атомэнергоремонта. В любом случае действовать в логике «мы так умеем, потому что привыкли» и отказываться от новых возможностей будет неправильно. Меняться будет трудно, но придется.

**– Технологическая составляющая (система датчиков для мониторинга на ответственных узлах), учитывающая всю сложность блока, уже создается? Может ли участвовать в ее создании Атомэнергоремонт?**

– Эксплуатация сегодня отслеживает и фиксирует состояние оборудования в основном в рамках АСУ ТП, задача которой – регистрировать состояние объекта для недопущения критических состояний. Но при этом не диагностируется появление и динамика изменений дефектов, которые начинают проявляться. То есть надо снять параметр, выделить из него дефектный признак, проанализировать и затем передать для последующей оценки в интеллектуальную систему предиктивной аналитики.

В этом смысле дополнение действующей АСУ ТП элементами, позволяющими диагностировать такие признаки, действительно интересно и важно, но это не задача Атомэнергоремонта, мы приходим в конечной стадии, когда надо осуществить ремонтную операцию. То есть завершаем цикл «эксплуатация – диагностика – ремонт». Снижение стоимости владения оборудованием – это интерес заказчика.

Атомэнергоремонт может капитализировать накопленные знания в дивизионе по переходу на ремонт по состоянию на внешних рынках, предлагая законченный комплекс: «Разработка технической политики перехода на ремонт по состоянию – развертывание системы мониторинга и прогнозирования отказов – выполнение ремонтных операций».

**– Итак, каковы, с вашей точки зрения, актуальные для Атомэнергоремонта направления инвестиций в развитие?**

– Есть три понятных направления. Первое – это технологии. Необходимо внедрять, находить и адаптировать все новые технологические направления, которые возникают на рынке. Сам инструмент не столь интересен, поскольку не меняет технологию, а только средства труда. А для прорыва в эффективности нужно изменить технологию – сами процессы, принципы. Второе направление – это программно-аппаратная реализация предиктивных систем мониторинга состояния, о которой мы говорили. Она позволит перейти к иным формациям в управлении эксплуатацией объекта. И третье – это с чего мы начали: инструменты управления ресурсами предприятия. Все эти три направления, как мне кажется, могут быстро дать кардинальный рост эффективности и производительности труда.

*Благодарим редакцию корпоративного журнала «Росэнергоатом» за предоставление данного материала.*

# ЦИФРОВАЯ ЛОГИСТИКА: ВНЕШНЯЯ И ВНУТРЕННЯЯ

Достижения четвертой промышленной революции оказывают свое влияние не только на производственные процессы. Учитывая достаточно сложную цепочку создания ценности, которой отличаются современные производства, цифровые технологии имеют огромный потенциал в области управления логистическими процессами, упрощая их и повышая качество решений как внутри, так и за пределами предприятия.

Так, «Газпром нефть» подключает к решению логистических задач со многими переменными искусственный интеллект и использует цифровые платформы для регулирования поставок. А Новочеркасский электровозостроительный завод в рамках создания цифрового макета предприятия опирается на RFID-технологии для мониторинга перемещений товарно-материальных ценностей.

# Цифровые технологии в логистике: опыт «Газпром нефти»

**Представьте себе завод, работающий без участия человека, искусственный интеллект, разрабатывающий новые продукты, транспортную систему, самостоятельно руководящую отгрузками. Это вовсе не прогнозы из области фантастики. В будущем подобную картину можно будет наблюдать на всех площадках «Газпром нефти» – компания отрабатывает все больше элементов цифровой трансформации. На очереди логистические процессы – направленные как на доставку продукции клиенту, так и на обеспечение необходимыми материалами месторождений компании. О том, что такое мультиагентные технологии, как «Газпром нефть» подключает искусственный интеллект к решению логистических задач и что вкладывают в понятие «уберизация» бизнеса, читайте в следующей статье.**

Фото: **Дмитрий Вороширин**

## Умная логистика для месторождений

Логистика – нервная работа. На бумаге или экране компьютера все может работать отлично. Но реальность иногда оказывается непредсказуемой. Стоит только каким-то обстоятельствам измениться, и весь стройный план разваливается. Когда же в период навигации не успевают доставить на стройку необходимое оборудование и в результате сдача объекта сдвигается на несколько месяцев, это может означать потери, исчисляемые миллиардами рублей – такова цена ошибок при реализации крупных нефтяных проектов.

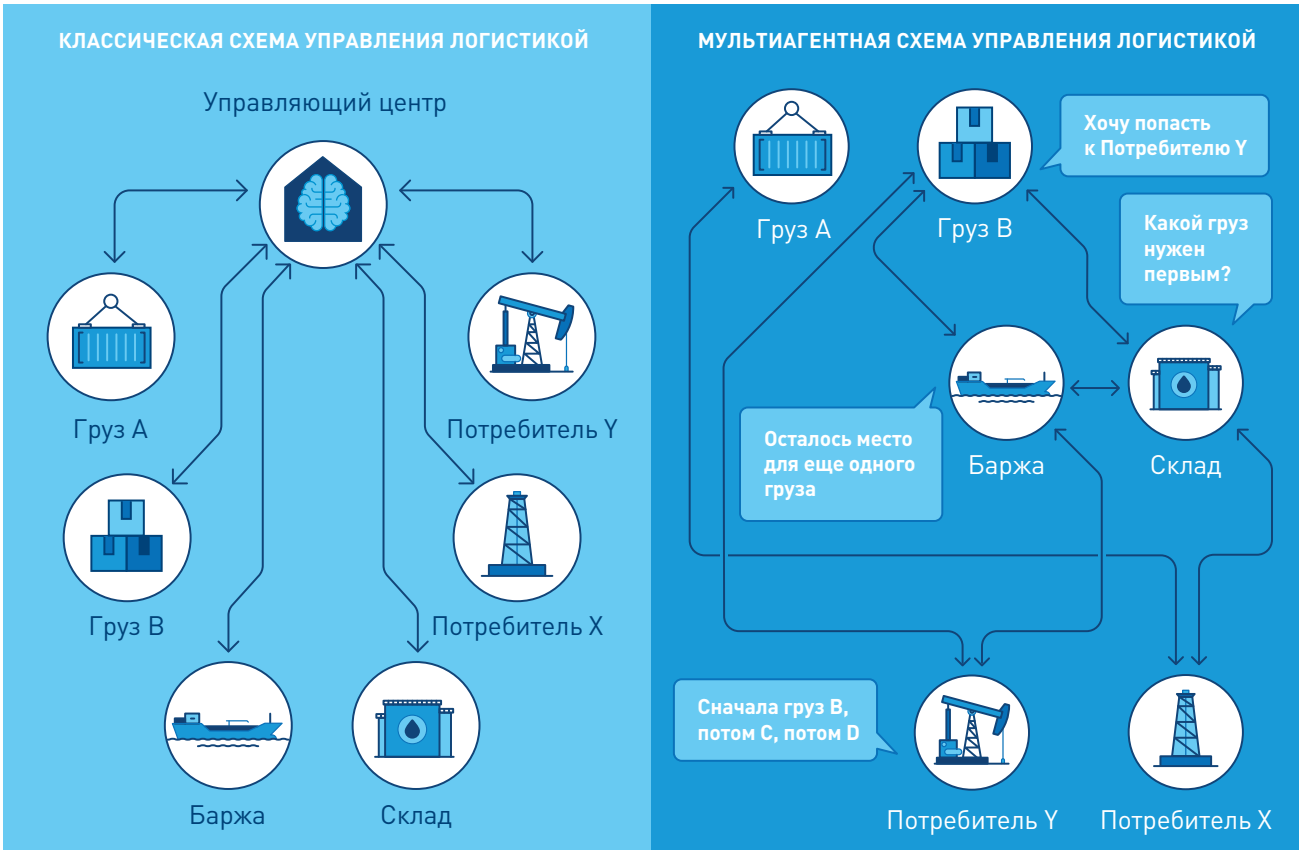
Доставка грузов для обустройства труднодоступных месторождений за полярным кругом – особенно сложная и дорогостоящая задача. Транспорт в Заполярье работает по сезонному графику. Основные пути транспортировки материально-технических ресурсов (МТР) – временные зимние автодороги, проложенные по тундре (зимники), и летняя навигация водного транспорта. Между сезонными «окнами» доставка возможна только на вертолете. Впрочем, и эти имеющиеся пути работают не регулярно: капризная погода вносит свои коррективы. Так, например, в 2017 году летняя навигация для нужд проектов «Мессояха» и «Новый Порт» из-за неблагоприятных погодных условий началась лишь 1 июля.

## Нервосберегающие технологии

Для решения таких и подобных им задач в последние годы пробуют применять такое направление информационных технологий, как мультиагентные технологии – применение искусственного интеллекта для организации работы сложных систем в постоянно меняющихся условиях. Они особенно востребованы там, где высок уровень неопределенности, где большую роль играет постоянное взаимодействие большого количества участников, между которыми время от времени могут возникать конфликты, когда часто происходят события, способные существенным образом изменить ситуацию, а каждое новое решение может значительно повлиять на приятые ранее.

Надо признать, в наше время такие условия характерны практически для любого направления бизнеса. Однако в логистике они проявляются, пожалуй, наиболее выпукло. Тем не менее, современные логистические системы, как правило, жестко централизованы. Они хорошо приспособлены к работе в стабильной, устойчивой к изменениям и переменам среде, а любой пересмотр планов поставок представляет для них серьезный вызов.

Эффективность использования имеющихся в логистической системе возможностей зависит от того, как часто участники процесса будут запрашивать их актуальный статус, обновлять договоренности о тех или иных поставках и графики своей работы. Физические и психические возможности людей с этой точки зрения ограничены: каждый запрос и тем более достижение любой договоренности о пере-




Инфографика: Татьяна Удалова

возке требуют времени, а постоянное внесение корректив может быть очень утомительным. Не говоря уже о том, что люди в такой ситуации подвержены стрессу и могут вступать в совершенно непродуктивные конфликты.

В мультиагентной системе каждому участнику логистической цепи, среди которых поставщики, склады, транспорт, технологическое оборудование, заказы, потребители и т.д., ставится в соответствие программный агент – цифровой двойник, наделенный определенной логикой действий. Логику можно менять и дорабатывать в процессе работы. Наконец агенты, обладающие инструментами машинного обучения, способны совершенствоваться и со временем повышать свою эффективность самостоятельно.

Обычно агенты делятся на два больших класса – «заказы» и «ресурсы». Они находятся в поиске друг друга, так чтобы удовлетворить свои потребности наилучшим образом (за это и отвечает прописанная в программном коде агента логика). На начальном этапе все агенты свободны, заказы легко распределяются по ресурсам, которые лучше всего им подходят.

По мере того, как все ресурсы оказываются заняты, оставшиеся заказы начинают конфликтовать. Для разрешения конфликтной ситуации и нахождения компромисса агенты вступают в переговоры, которые продолжаются, пока не будет улажен конфликт и найдено оптимальное для всех решение.

Например, есть два заказа, которые хотят попасть на один транспорт, но место только одно. В этом случае заказ, у которого в запасе больше времени до срока исполнения, уступит место заказу, работающему на грани срыва.

Особенность агентов в том, что ими не нужно управлять. Они сами ищут и находят то, что им нужно: других агентов, способных удовлетворить их потребности. В отличие от людей они способны совершенно невозмутимо отправлять все новые и новые запросы, бесконечно вести переговоры, устанавливать и обновлять договоренности. Психологический фактор не оказывает на них абсолютно никакого влияния. Они не устают и не отвлекаются. Все их действия обусловлены лишь четко прописанным набором задач и ограничений. А система в целом построена так, чтобы найти сбалансированный вариант решения, не ущемляющий ни одну из сторон.

При этом сами решения, которые формируются в процессе взаимодействия агентов в киберфизическом мире, не окончательны. Они носят рекомендательный характер, люди вольны с ними согласиться или продолжить поиск другого варианта.

Внедрением мультиагентных технологий сегодня занимаются крупнейшие мировые компании, вынужденные решать сложные логистические задачи. Так, например, проект, реализованный компанией Coca Cola, охватил 8 заводов и более 300 центров дистрибуции. Внедрение системы позволило мировому гиганту повысить выполняемость заказов на 7% и получить экономию на транспортные расходы до 20%.

## Курс на Новый Порт

Пилотным проектом, который позволил оценить возможности мультиагентных технологий в логистике, стала организация снабжения Новопортовского месторождения (разрабатывается «Газпромнефть – Ямалом») во время летней навигации 2017 года.

Проект «Новый порт» активно развивается: идет бурение, строятся объекты инфраструктуры. Неудивительно, что потребности в материально-технических ресурсах постоянно растут: плановые объемы доставки увеличились в этом году на 40%.

Во время летней навигации оборудование и материалы на Новопортовское месторождение поставляются через базу в городе Лабытнанги. Там их грузят на баржи и везут по Оби и далее по Обской губе до баз Заполярная (п. Новый порт) и Нурма (п. Мыс Каменный), откуда автомобильным транспортом доставляют на стройплощадки. Новая система должна была более оперативно реагировать на меняющиеся потребности, уменьшить затраты, связанные с неполной загрузкой барж, сократить риски штрафов из-за их вынужденного простоя.

Для того чтобы реализовать мультиагентную схему, было сформировано несколько агентов со своими потребностями и ограничениями. Это агенты потребностей в материально-технических ресурсах (то есть конечных получателей груза, которые конкурируют за него и за время разгрузки с другими потребителями), агенты грузов, агенты ресурсов разгрузки – причалов при базах хранения, агенты самих перевалочных складов, агенты барж и, наконец, агент навигации, обеспечивающий равномерность перевозок, обозначающий сроки навигации и стремящийся сократить ее общую стоимость.

Работает система следующим образом: агенты-потребители запрашивают необходимые грузы. Агенты грузов стремятся ответить на возникающие потребности, конкурируя при этом с другими грузами за место на складе. Агенты барж не желают двигаться недозагруженными и поэтому активно ищут новые грузы на свободные места, чтобы максимально эффективно использовать свои палубы, хотя срочная потребность в том или ином грузе может их подгонять. Агенты ресурсов разгрузки стараются, чтобы причальные стенки не простаивали без дела, а были загружены на свою номинальную мощность. Она же, в свою очередь, является тем

Фото: Дмитрий Вороширин

ограничением, которое они вносят в выстраиваемую логистическую цепочку: в одно и то же время на разгрузке может стоять ограниченное количество барж. Склады также имеют определенную вместимость, при этом, в отличие от барж и причальных стенок, их задача – не заполниться под завязку, а наоборот по возможности освободить площади, сокращая объемы и сроки хранения МТР.

Пилот подтвердил эффективность технологии. Потери от недогруза барж удалось снизить. Риски штрафов за простой барж также уменьшились. Все участники процесса получили опыт применения нового инструмента на практике. Следующим этапом станет его распространение на весь процесс материально-технического обеспечения «Газпромнефть – Ямала» в рамках проекта «Смарт МТО».

«Проект призван сократить длительность реакции системы на изменения, сократить динамику роста запасов, повысить скорость и качество планирования, обеспечить контроль за поставками МТР подрядчиков и производством оборудования, сократить трудозатраты сотрудников, а также обеспечить большую прозрачность всего процесса», – рассказывает руководитель проекта «Цифровое месторождение» в «Газпромнефть-Ямале» Алексей Горбунов. Проект «Смарт МТО» стартовал в этом году и по плану должен быть реализован до конца 2019 года.

**ПИЛОТ ПОДТВЕРДИЛ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕХНОЛОГИИ. ПОТЕРИ ОТ НЕДОГРУЗА БАРЖ УДАЛОСЬ СНИЗИТЬ. РИСКИ ШТРАФОВ ЗА ПРОСТОЙ БАРЖ ТАКЖЕ УМЕНЬШИЛИСЬ. ВСЕ УЧАСТНИКИ ПРОЦЕССА ПОЛУЧИЛИ ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ НОВОГО ИНСТРУМЕНТА НА ПРАКТИКЕ.**

Период окупаемости составит около 4 лет.

Полученный опыт предполагается распространять и на логистическую систему Мессояхи. Среди планов также внедрение мультиагентных технологий при организации бурения. «Бурение – также сложный процесс с большим количеством участников, сбои в планировании которого приводят к серьезным потерям. В рамках проекта «Цифровое бурение» предполагается опробовать внедрение мультиагентных технологий, чтобы в реальном времени адаптировать план бурения исходя из меняющихся условий», – отметил Алексей Горбунов.

## Умная логистика для клиента

Понять, как выглядит будущее практически любого

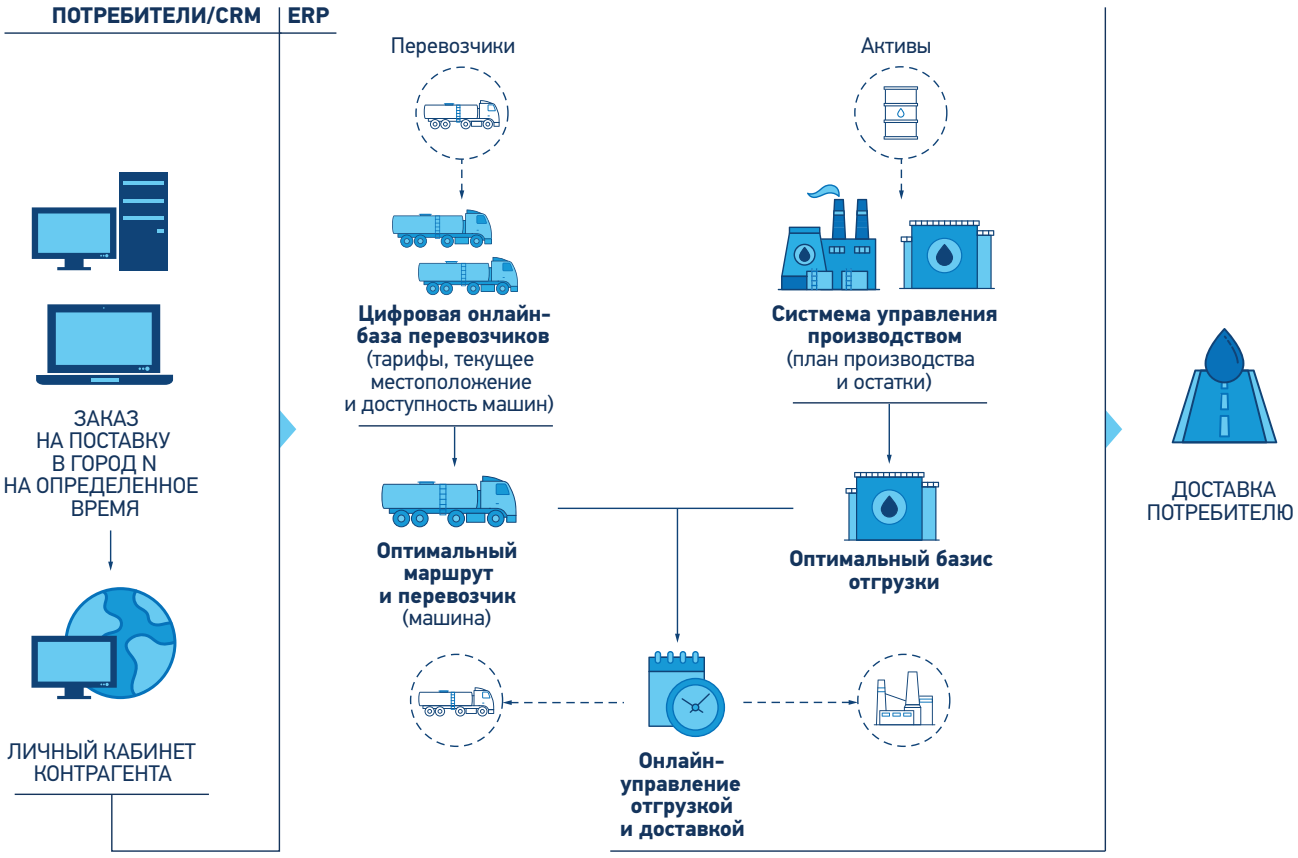
клиентского сервиса, очень просто на примере ставшего уже нарицательным Uber и его последователей. Цифровая платформа вместо громоздких диспетчерских центров, водители-частники вместо армии наемных таксистов – сокращение затрат оказалось настолько радикальным, что противостоять онлайн-такси сегодня могут лишь компании, работающие в премиум-классе.

Уберизация – яркий пример того, как цифровые технологии меняют нашу жизнь, делая ее дешевле и удобнее. Пара манипуляций в смартфоне, и мы получаем машину в течение нескольких минут, причем заранее знаем, на каком автомобиле поедем, когда он приедет, сколько будет стоить поездка. В свою очередь, водителю не надо держать в голове расположение всех улиц и переулков, ведь есть навигаторы, прокладывающие оптимальные маршруты. А то, какую машину к какому клиенту направить, решает искусственный интеллект, исходя из того, что услугу необходимо оказать максимально оперативно – и при этом получить для компании наибольшую прибыль. Идеальная модель бизнеса: минимум издержек при высокой эффективности. Неудивительно, что уберизация сегодня захватывает самые разные сферы бизнеса. По этому же принципу планируют строить свои взаимоотношения с клиентами и в компании «Газпромнефть – Битумные материалы» («Газпромнефть – БМ»). Хотя тут все гораздо сложнее, ведь в цифровую модель битумного бизнеса планируется включить этап не только транспортировки, но и производства.

Если смотреть со стороны клиента, принцип работы битумного «Убера» мало чем будет отличаться от «Убера» обычного. Удобный веб-интерфейс позволяет выбрать необходимый продукт и сделать заказ из любой точки мира, где есть доступ к интернету, указав, в какое время и в каком объеме нужен битум. При этом, разумеется, заказчику будет доступна информация, подтверждающая качество отгруженной продукции, он сможет в режиме реального времени отслеживать движение заказанной партии. В целом ничего сверхъестественного, ко всему этому мы давно привыкли. Более того, уже сегодня практически все это можно сделать в режиме онлайн в личном кабинете контрагента «Газпромнефть – БМ». В нем можно отправить заявку, посмотреть паспорт качества конкретной партии любого продукта, отследить и факт отгрузки, и про-

## Умная логистика

### Цифровая модель управления поставками битумных материалов в режиме реального времени с определением оптимальной точки отгрузки и транспорта



ведение финансовых расчетов. Клиентам стало удобнее, однако на эффективность самого битумного бизнеса такое частичное перемещение взаимоотношений с клиентами в цифровой режим практически не повлияло. Ведь заявки по-прежнему обрабатываются вручную, назначение перевозчиков и производственной площадки, с которой отгружается продукция, не всегда оптимально, так как процесс их выбора также не автоматизирован, не ограждены от влияния человеческого фактора отгрузка и доставка продукции потребителю. Нет, речь не идет о том, что битумный бизнес «Газпром нефти» неэффективен, однако потенциал для улучшений внушителен, а ключ к повышению эффективности – цифровые технологии.

«Наша цель – это сокращение издержек, повышение эффективности процессов, – подтвердил начальник управления информационных технологий «Газпромнефти – Битумных материалов» Вячеслав Сундуков. – Мы перестраиваем наш бизнес-процесс так, чтобы система обрабатывала информацию фактически на лету. Она сама будет рассчитывать, на каких активах какие есть объемы какого продукта, как оптимально распределить отгрузки, в какое время должна выехать машина, по какому маршруту и через какое время она приедет к потребителю, а также массу других параметров. То есть речь идет о создании экосреды взаимодействия с программной платформой в сердце – это инструментарий, который позволит всем партнерам выстроить коммуникации и процессы в новой, наиболее качественной модели. Клиент получит нужный продукт в точно заданное время, перевозчик минимизирует простои и повысит утилизацию автотранспорта, а для нас эта поставка будет эффективнее с точки зрения планирования и выгоднее с учетом развития долгосрочных отношений с партнерами».

Впрочем, ограничиться только разработкой программной части не удастся. Если в качестве примера взять один из самых, на первый взгляд, простых элементов логистической схемы – движение отдельно взятого битумовоза, – то и здесь задача гораздо сложнее, чем кажется. Чтобы построить оптимальный маршрут и точно соблюдать график движения, важно знать все до мельчайших подробностей: когда машина пришла на завод, через какой КПП прошла, как быстро проехала до стояка налива, какая загрузка в этот момент была на стояке налива, какой фактический объем был загружен в цистерну, когда машина выехала с КПП. А это лишь маленький отрезок пути всего одной машины. Современные средства позволяют не только отследить, но и рассчитать полный путь автотранспорта с момента назначения до разгрузки. Однако для этого необходимо использовать огромный набор электронных устройств, позволяющих в каждый момент времени оценивать состояние того или иного процесса. То есть речь идет о внедрении автоматизированных систем мониторинга на всех участках логистической схемы.

Дмитрий Орлов, генеральный директор компании «Газпромнефть – Битумные материалы»:

«Битумный бизнес «Газпром нефти» готов совершить технологическую революцию в достаточно консервативном секторе экономики. Базой для цифровой трансформации станут и уже реализованные проекты, такие как паспортизация, сервис «Личный кабинет», и абсолютно новые программы: «Цифровой завод», «Умная логистика», «Цифровой технолог». Результатом построения современной цифровой архитектуры станет сокращение издержек и повышение операционной эффективности. По сути, речь идет о создании единого информационного пространства, которое объединит все производственные активы и позволит предоставить нашим потребителям передовые инструменты и услуги».

Запуск «Умной логистики» положительно скажется на эффективности работы компании, но выйти на действительно качественно новый уровень позволит лишь создание единого цифрового комплекса, в котором в единое целое будут связаны все бизнес-процессы.

*Материал подготовлен на основании данных: 1) Сергей Орлов, «Цифровая перспектива: «Газпром нефть» оцифровывает битумный бизнес», журнал «Сибирская нефть» №153 (июль-август 2018); 2) Александр Алексеев, «Агентурная работа: «Газпром нефть» использует искусственный интеллект для решения логистических задач», журнал «Сибирская нефть» №147 (декабрь 2017).*

# RFID-технологии как ключевой компонент «умной логистики» НЭВЗа

**Последние несколько лет Новочеркасский электровозостроительный завод находится в процессе масштабной цифровой трансформации. «Цифровой завод НЭВЗ» позволит создать среду, в которой будет возможно качественно анализировать большие объемы информации, обнаруживать слабые места системы, быстро находить оптимальные решения. Предприятие нацелено на создание цифрового макета завода, в который будет заложена вся информация о процессах, технологиях, персонале, перемещениях товарно-материальных ценностей. О последнем направлении – контроле движения ТМЦ и технологиях, позволяющих НЭВЗу эффективно управлять этими процессами, – мы поговорим в следующей статье.**

Фото: **Ситуационный центр, НЭВЗ**

Успешное проведение на Новочеркасском электровозостроительном заводе сквозной цифровизации и построение единой киберфизической системы невозможно без надежной системы мониторинга производства, эффективности оборудования, производительности персонала и логистических процессов. Уже сегодня на предприятии установлены тысячи датчиков, обеспечивающих стабильный поток информации по ключевым процессам.

Система мониторинга перемещений товарно-материальных ценностей (ТМЦ) внедряется на предприятии в рамках пилотного проекта комплексной цифровизации «Цифровой завод НЭВЗ». Необходимость внедрения системы возникла уже давно: в настоящее время очень важно обеспечить ритмичность производства на всех основных этапах технологической цепочки.

Внедрение системы мониторинга позволит повысить эффективность системы планирования, автоматизировать учет ТМЦ, сократить непроизводительное время (простои в ожидании деталей или заготовок) в производственных процессах, увеличит эффективность внутренней и внешней логистики. Появится возможность видеть в режиме онлайн, где и сколько времени провела заготовка или деталь, причем не только на отдельном участке, но и на всем технологическом пути. На основе получаемой информации можно будет оперативно реагировать на проблемные моменты в производстве и принимать правильные управленческие решения. Рабочие на участках оценят это в полной мере, когда сократится время ожидания (простоя) дефицитных позиций.

Сегодня система внедряется в электромашинном и сборочном производствах. В данное время она позволяет отслеживать движение крупных деталей и узлов (остов тягового электродвигателя, рама тележки, кузов электровоза), которые напрямую влияют на ритмичность сборочных участков и формируемых эталонных линий. В проработке – идентификация тары для комплектной поставки.

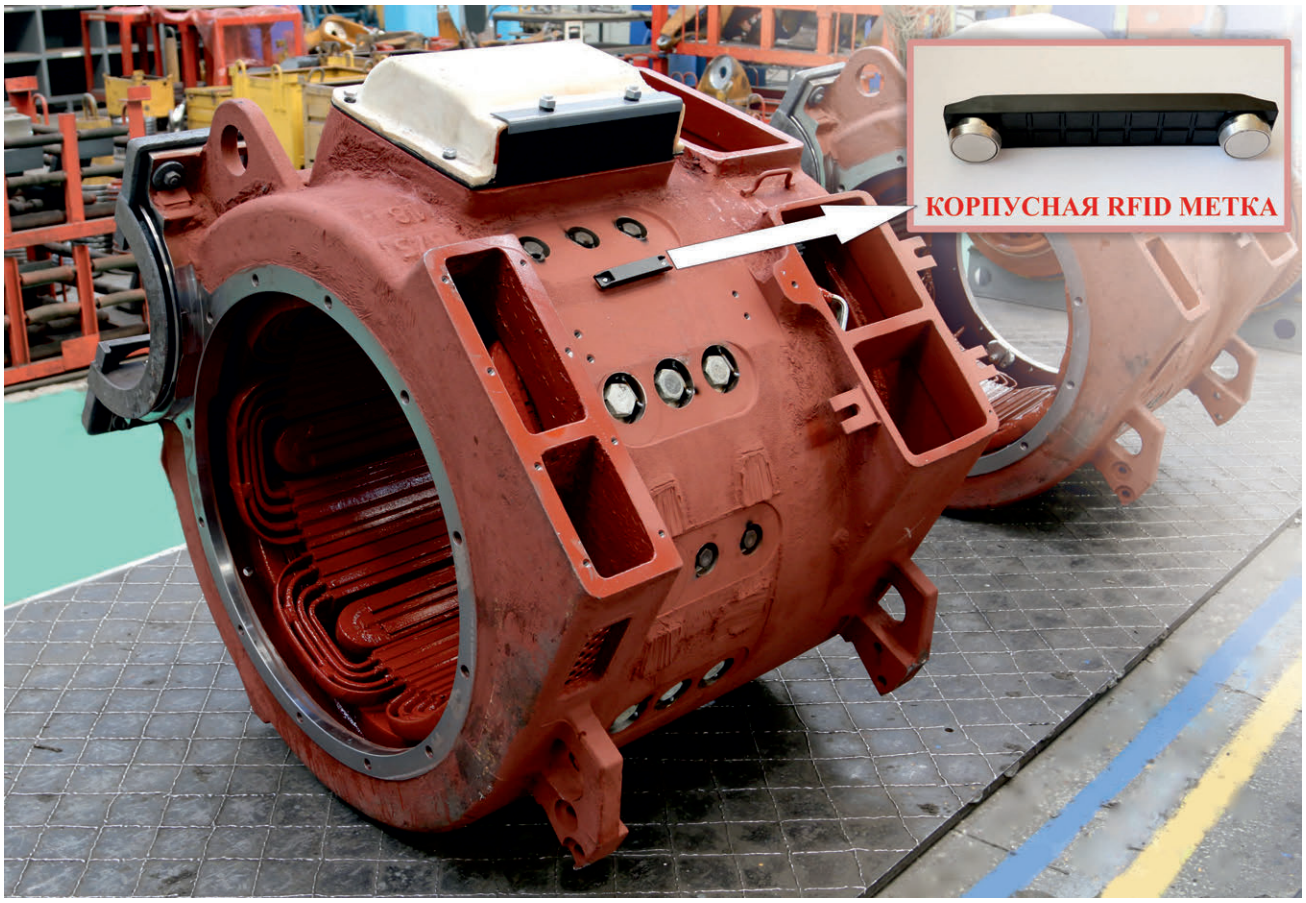
## RFID-технологии на производстве

Решение основано на использовании RFID-технологии (от английского Radio Frequency Identification, радио-частотная идентификация) – метода автоматической идентификации объектов, в котором посредством радиосигналов считываются и/или записываются данные, хранящиеся в так называемых RFID-метках.

Любая RFID-система состоит из считывающего устройства (считыватель) и RFID-метки. RFID-метка представляет собой интегральную схему для хранения и обработки информации, модулирования и демодулирования радиочастотного сигнала, снабженную антенной для приема и передачи сигнала. Именно антенна определяет размеры метки и расстояние, с которого ридеры (считывающие устройства) способны считать сигнал.

### Преимущества RFID-технологии:

- Возможность перезаписи. Хранящиеся в RFID-чипах данные могут многократно перезаписываться и дополняться, тем самым сохраняя свою актуальность, в то время как данные на штрихкоде не могут быть изменены – они записываются сразу при печати.
- Большой объем хранимых данных. RFID-метка может хранить во много раз больше информации, чем штрихкод.
- Нет нужды в прямой видимости. В отличие от штрихкода взаимная ориентация метки и считывателя не играет роли – метке достаточно ненадолго попасть в зону регистрации, перемещаясь, в том числе, и на довольно большой скорости. Метки могут считываться сквозь упаковку, с защищенного места установки, что делает возможным их скрытое размещение.
- Большое расстояние чтения. RFID-метка может считываться на значительно большем расстоянии, чем штрих-код. В зависимости от модели метки и считывателя, радиус считывания может составлять до нескольких сотен метров.
- Поддержка чтения нескольких меток. Промышленные считывающие устройства могут одновременно считывать множество (более тысячи) RFID-меток в секунду.
- Устойчивость к воздействию внешних факторов. Специальные RFID-метки обладают значительной прочностью и сопротивляемостью жестким условиям рабочей среды. В тех сферах применения, где один и тот же объект может использоваться множество раз (например, при идентификации тары, контейнеров), радиочастотная метка оказывается самым выгодным с экономической точки зрения средством идентификации. А пассивные RFID-метки и вовсе имеют практически неограниченный срок эксплуатации.
- RFID-метка может не только переносить данные, но и выполнять другие задачи. Данные на метке могут шифроваться. Радиочастотная метка может закрывать паролем операции записи и считывания данных, а также зашифровывать их передачу. В одной метке можно одновременно хранить открытые и закрытые данные.




RFID-метка

## Почему не штрихкодирование?

Система штрихкодирования, которая до сих пор широко применяется во всем мире, проявляет себя очень неплохо. Но для быстрой обработки значительного количества объектов, для учета и контроля перемещений деталей в неблагоприятных средах (в условиях загрязненности, повышенной влажности, в труднодоступных местах), для множественной идентификации единиц хранения штрихкоды уже не так хороши.

Бесконтактные радиометки, с одной стороны, обходятся дороже, чем стикеры со штрихкодом, да и оборудование для их считывания стоит дороже, но достоинства этой технологии часто перевешивают все эти моменты. Специально предусмотренный стандартами RFID-алгоритм позволяет уверенно считывать многие десятки меток разом. Время считывания метки составляет десятки миллисекунд, а сами они практически вечны, поскольку не требуют автономного питания (работают пассивно, генерируя электромагнитный отклик в ответ на излучение считывателя) и не содержат движущихся частей. RFID-метки практически невозможно подделать (по крайней мере, это потребует куда более значительных затрат, чем воспроизведение штрихкода).

Применение технологий радиочастотной идентификации дает производителю возможность сократить затраты на ввод данных и исключить связанные с этим ошибки, обеспечить высокую оперативность получения и передачи информации и высокую степень автоматизации управления производством, складами, транспортом, доступом людей в помещения. Кроме того, повышается контроль качества в производственных, складских и транспортных операциях, сокращаются объемы учетного документооборота и трудозатрат.

На основных въездах в цехах НЭВЗа уже размещены антенны считывателей, в Ситуационном центре установлено программное обеспечение, позволяющее анализировать данные с меток.

Система мониторинга перемещений ТМЦ – это еще один информационный поток и еще один инструмент в рамках реализации проекта «Цифровой завод НЭВЗ», который позволит более эффективно управлять производством. После полного развертывания системы, дальнейшими планами предусматривается интеграция системы в 1С.

*Материал подготовлен на основании данных: 1) RFID-технологии для мониторинга перемещений ТМЦ: «Цифровой завод НЭВЗ», «НЭВЗ-Вперед», 2018; 2) НЭВЗ: цифровизация продолжается, пресс-служба Новочеркасского электровозостроительного завода, сентябрь 2018.*

**«Цифровое производство: сегодня и завтра российской промышленности» Выпуск №3**

ООО «Портал «Управление Производством»
Юр. адрес: 105005, г. Москва, ул. Бауманская д. 7, стр. 1, ант. 2, п. I, к. 17, оф. 8
e-mail: info@up-pro.ru
Для писем: 117418, Москва, а/я 109.
Сайт: www.up-pro.ru

**Copyright © Портал «Управление производством».**

Выпуск был подготовлен Центром индустриальных исследований Делового портала «Управление производством».

Все мнения и оценки, содержащиеся в настоящем материале, отражают мнение авторов на день публикации и могут быть изменены без предупреждения.

Деловой портал «Управление производством» не несет ответственность за какие-либо убытки или ущерб, возникшие в результате использования любой третьей стороной информации, содержащейся в настоящем материале, включая опубликованные мнения или заключения, а также за последствия, вызванные неполнотой представленной информации. Информация, представленная в настоящем материале, получена из открытых источников либо предоставлена упомянутыми в отчете компаниями.

# Заключительное слово

Сергей Жишкевич, главный редактор Делового портала «Управление производством»

В 2017 году мы выпустили первый номер издания «Цифровое производство: сегодня и завтра российской промышленности». Мы рассказали о самом понятии цифровых технологий, сущности четвертой промышленной революции, рассмотрели ключевые инструменты и подходы Индустрии 4.0, представили первые шаги, которые были сделаны российскими производителями в этом направлении. Сегодня мы уже можем делать определенные выводы – говорить о сформировавшихся тенденциях, накопленном опыте, комплексе наработок, которые могут быть с успехом адаптированы на любом предприятии.

Четвертая промышленная революция на наших глазах перекраивает мировую экономику. «Цифра» проникла во все отрасли и сферы деятельности компании – вплоть до полной замены человека машиной на ряде операций. В цифровом пространстве выстраиваются двойники реальных производств, в цехах работают роботы, искусственный интеллект контролирует процессы и принимает решения на основе разработанных алгоритмов, а обучение персонала происходит в виртуальном пространстве. Изменению подвергаются все этапы производственного цикла – разработка продукта, его производство, мониторинг состояния процессов, автоматизированное управление логистическими процессами, беспилотная доставка и даже боты-консультанты, общающиеся с клиентами, партнерами и поставщиками. Меняются подходы к управлению процессами – от продуктовой направленности в сервисную, от «железа» к «софту».

Цифровая экономика, Индустрия 4.0, четвертая промышленная революция – безусловный тренд, новая реальность, которая никого не оставит в стороне – вопрос лишь в готовности к переменам, умении предвосхитить их и дать свой ответ. Впрочем, несмотря на новые вызовы, цифровизация – это, прежде всего, новые возможности – облегчить работу человека, добиться высочайшего качества продукции и нулевого уровня травматизма на производствах, создавать новые уникальные разработки, продукты и технологии. Выиграет тот, кто сумеет поймать эту волну, и мы желаем вам удачи!